# ผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

นายธวัชชัย พลอยแดง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# Effects of Nordic Walking in Water on Cerebrovascular Function and Cognitive Impairment in Elderly with type 2 diabetes

Mr. Tawatchai Ploydang

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Sports and Exercise Science
FACULTY OF SPORTS SCIENCE
Chulalongkorn University
Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | ผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 |
| โดย | นายธวัชชัย พลอยแดง |
| สาขาวิชา | วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม | ศาสตราจารย์ ดร.ฮิโรฟุมิ ทานากะ |
| | ศาสตราจารย์ ดร.วีรพันธุ์ โขวิฑูรกิจ |

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พ.ต.รุ่งชัย ชวนไชยะกูล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร.ฮิโรฟุมิ ทานากะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร.วีรพันธุ์ โขวิฑูรกิจ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา โค้งประเสริฐ)

..... กรรมการ
(ดร.คุณัญญา มาสดใส)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธวัชชัย พลอยแดง : ผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 . ( Effects of Nordic Walking in Water on Cerebrovascular Function and Cognitive Impairment in Elderly with type 2 diabetes) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.ดรุณวรรณ สุขสม, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ. ดร.ฮิโรฟุมิ ทานากะ,ศ. ดร.วีรพันธุ์ โชวิชูรกิจ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อายุระหว่าง 60 ถึง 74 ปี จำนวน 33 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการโปรแกรมการฝึก (CON) จำนวน 17 คน และ 2) กลุ่มฝึกด้วยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) จำนวน 16 คน กลุ่ม NWW ได้รับการฝึกแบบต่อเนื่องที่อุณหภูมิของน้ำระหว่าง 34 ถึง 36 องศาเซลเซียส ครั้งละ 40 นาทีที่ความหนัก 40-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 6 ทำการฝึกที่ความหนัก 40-50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง และสัปดาห์ที่ 7 ถึง 12 ทำการฝึกที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ส่วนกลุ่ม CON ให้ดำเนินกิจวัติประจำวันแบบปกติ ก่อนและหลัง 12 สัปดาห์ ทำการทดสอบตัวแปรด้านสรีรวิทยา หน้าที่การทำงานของหลอดเลือด หน้าที่การทำงานของหลอดเลือดสมอง สุขสมรรถนะ พุทธิปัญญา และสารชีวเคมีในเลือด ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ 2x2 (กลุ่มxเวลา) และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่โดยใช้วิธีการทดสอบของแอลเอสดี

ภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่ม NWW มีค่าน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตขณะพักลดลง (all $p<0.05$) และมีค่าการทดสอบนั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้า เอื้อมแตะหลัง ลุกนั่ง งอแขน การเดินและกลับตัว 3 เมตร เดิน 6 นาที และยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที พัฒนามากขึ้น (all $p<0.05$) ในขณะที่กลุ่ม CON ไม่พบการเปลี่ยนแปลง กลุ่ม NWW มีระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร น้ำตาลสะสมในเลือดและภาวะดื้อต่ออินซูลินลดลง (all $p<0.05$) กลุ่ม NWW มีคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้าลดลง แต่มีการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบลเคียลและความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือดเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม (all $p<0.05$) กลุ่ม NWW มีค่าดัชนีความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิลเซเรบรอลอาร์เทอร์รี่ ในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติลดลง และดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงเพิ่มขึ้น และมีคะแนนภาวะพุทธิปัญญาเพิ่มขึ้น (all $p<0.05$) ในขณะที่กลุ่ม CON ไม่มีพบการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังพบว่ามีค่าการเปลี่ยนแปลงของคะแนนการประเมินพุทธิปัญญามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเปลี่ยนแปลงของระดับบีดีเอ็นเอฟ ($r=0.424$, $P=0.014$)

สรุปได้ว่า การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพทางการพัฒนาการควบคุมน้ำตาล หน้าที่การทำงานของหลอดเลือด การตอบสนองของหลอดเลือดสมอง สุขสมรรถนะ และพุทธิปัญญาในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| | | |
|---|---|---|
| สาขาวิชา | วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย | ลายมือชื่อนิสิต ..... |
| ปีการศึกษา | 2565 | ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ..... |
| | | ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม ..... |
| | | ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม ..... |

# # 6271006739 : MAJOR SPORTS AND EXERCISE SCIENCE
KEYWORD: Glycemic control, Vascular function, Health-related physical fitness
Tawatchai Ploydang : Effects of Nordic Walking in Water on Cerebrovascular Function and Cognitive Impairment in Elderly with type 2 diabetes. Advisor: Prof. DAROONWAN SUKSOM, Ph.D. Co-advisor: Prof. Hirofumi Tanaka, Ph.D.,Prof. WEERAPAN KHOVIDHUNKIT, M.D.

The purpose of this study was to investigate the effects of Nordic walking in water on cerebrovascular function and cognitive impairment in elderly with type 2 diabetes.

Thirty-three elderly with type 2 diabetes (aged 60 to 74 years) were randomly assigned into two groups : 1) CON (non-exercising control; n=17) and 2) Nordic walking in water (NWW; n=16). The NWW was performed 3 times per week for 12 weeks and performed in a pool at a water temp of 34-36°C. Exercise bouts were 40-minute at 40-50% of heart rate reserve (HRR) for the first 6 weeks and 50-60% HRR for the last 6 weeks. Physiological data, vascular function, cerebrovascular function, physical fitness, cognitive function, and blood chemistry were measured. The 2x2 (Group x times) ANOVA with repeated measures followed by Fisher's Least Significant Difference multiple comparisons were used to determine the significant difference in all variables before and after training and among groups.

After 12 weeks, weight, body mass index, fat mass, %body fat, resting heart rate, and blood pressure decreased only in NWW (all $p<0.05$). Physical fitness including sit and reach, reach and back scratch, chair stand, arm curl, time up and go, 6 minutes-walk test, and 2-minutes stepsin NWW group improved significantly (all $p<0.05$). Fasting plasma glucose, glycosylated hemoglobin (HbA1c), and homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR) in NWW decreased significantly (all $p<0.05$). Brachial-ankle pulse wave velocity decreased but brachial flow-mediated dilatation (FMD) and arterial compliance increased in NWW higher than CON (all $p<0.05$). Middle cerebral artery pulsatility index under normocapnia condition in NWW decreased, and cerebrovascular conductance under hypercapnia condition increased in NWW (all $p<0.05$). Montreal Cognitive Assessment (MoCA) score in NWW increased significantly ($p<0.05$). There were no significant changes in CON group. Moreover, changes in MoCA scores were positively associated with level of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) ($r=0.424$, $P=0.014$).

In conclusion, NWW is a safe and effective in improving glycemic control, vascular function, cerebrovascular reactivity, physical fitness, and cognitive function in the elderly with type 2 diabetes.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| | | |
|---|---|---|
| Field of Study: | Sports and Exercise Science | Student's Signature ..... |
| Academic Year: | 2022 | Advisor's Signature ..... |
| | | Co-advisor's Signature ..... |
| | | Co-advisor's Signature ..... |

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สาเร็จลุล่วงด้วยดี จากความเอาใจใส่และการช่วยเหลือมาเป็นอย่างดีจาก ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้มีอุดมการณ์แห่งความเป็นครู ท่านได้กรุณาเสียสละเวลาสำหรับการให้คำแนะนำที่ดี การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ท่านคอยให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันให้ชีวิตระหว่างการศึกษาและการวิจัยของผู้วิจัยดำเนินไปอย่างราบรื่น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมทั้ง 2 ท่าน คือ Prof. Dr. Hirofumi Tanaka และศาสตราจารย์ ดร. นพ. วีรพันธุ์ โชวิฑูรกิจ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ รองศาสตราจารย์ ดร.พ.ต.รุ่งชัย ชวนไชยกูล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา โค้งประเสริฐ อาจารย์ ดร.คุณัญญา มาสดใส และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้ข้อเสนอแนะและให้ความรู้เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่เสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือและให้ข้อเสนอแนะอย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อบรม ชี้แนะ ให้ผู้วิจัยเกิดแนวคิดและสามารถนำไปพัฒนางานวิจัย ขอกราบขอบพระคุณบุคลากรทางการแพทย์ ของคลินิกผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ฯ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ของสระว่ายน้ำ Aqua Rich Thailand ที่ได้ให้การช่วยเหลือ ดูแล อาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการวิจัยของข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณอาสาสมัครทุกท่านที่เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ ที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าและให้ความร่วมมือในการทดสอบและฝึกฝนซึ่งใช้ระยะเวลาที่ยาวนานและใช้แรงกายอย่างเหน็ดเหนื่อย แต่ทุกท่านก็ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี จนการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณกัลยาณมิตรทุกคนและเพื่อนคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ร่วมทุกข์ร่วมสุข คอยช่วยเหลือ และให้กำลังใจกันมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ปราณี พลอยแดง นายกมล พลอยแดง และญาติพี่น้องทุกคน สำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือที่มีให้มาโดยตลอด คุณความดีของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ขออุทิศแด่คุณพ่อสมนึก พลอยแดง ผู้ล่วงลับในระหว่างผู้วิจัยกำลังทำการศึกษาวิจัยนี้ ที่เป็นแรงบันดาลใจ และสนับสนุนทุกอย่างจนการศึกษาวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

การศึกษาวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” และทุนสนับสนุนโครงการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ธวัชชัย พลอยแดง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# สารบัญ

**หน้า**


..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 6

คำถามของการวิจัย ..... 6

สมมติฐานงานวิจัย ..... 6

ขอบเขตของการวิจัย ..... 6

คำจำกัดความการวิจัย ..... 9

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ..... 12

บทที่ 3 ..... 64

วิธีการดำเนินงานวิจัย ..... 64

ประชากร (Population) ..... 64

การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ..... 66

เครื่องมือที่ใช้วัดในการวิจัย ..... 67



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล ..... 70
การวิเคราะห์ข้อมูล ..... 93
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 95
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ..... 189
สรุปผลการวิจัย ..... 190
อภิปรายผลการวิจัย ..... 195
ข้อจำกัดการดำเนินการวิจัย ..... 212
บรรณานุกรม ..... 214
ภาคผนวก ..... 238
ภาคผนวก ก เอกสารพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน ..... 239
ภาคผนวก ข การคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G Power ..... 287
ภาคผนวก ค การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ..... 288
ภาคผนวก ง แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย ..... 294
ภาคผนวก จ แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย ..... 298
ภาคผนวก ฉ แบบประเมินพุทธิปัญญา Montreal Cognitive Assessment (MoCA-T) ..... 300
ภาคผนวก ช Thiobarbituric acid reactive substance (TBAR) ..... 305
ภาคผนวก ซ การทดสอบการตอบสนองของหลอดเลือด (Cerebrovascular reactivity) ..... 307
ภาคผนวก ฌ การขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียน Flow-mediated dilation (FMD) ..... 310
ภาคผนวก ญ แบบทดสอบสมรรถภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (Mini-Mental State Examination Thai version; MMSE-T) ..... 312
ภาคผนวก ฎ แบบทดสอบสมาธิภาษาไทย (Trail Making Test B Thai) ..... 317
ภาคผนวก ฏ การทดสอบความอ่อนตัวของร่างกาย (Flexibility Testing) ..... 318
ภาคผนวก ฐ การทดสอบเอื้อมแตะหลัง (Flexibility Testing) ..... 319

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฆ การทดสอบความสมดุลของร่างกาย (Balance Testing).....320
ภาคผนวก ฒ การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strength Testing).....321
ภาคผนวก ณ การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strength Testing).....322
ประวัติผู้เขียน.....323



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**สารบัญตาราง**

**หน้า**


ตารางที่ 1 ขนาดและแนวโน้มของประชากรผู้สูงอายุ พ.ศ. 2503 – 2573 14

ตารางที่ 2 จำนวนประชากรตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ปี พ.ศ. 2543 – 2573 15

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของไม้เท้านอร์ดิกแต่ละชนิด 49

ตารางที่ 4 แสดงความยาวของไม้เท้าตามช่วงความสูงของแต่ละบุคคล 50

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านสรีรวิทยาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 97

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านการทำงานของหลอดเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 105

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้าน ความดันในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 110

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในสมองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 115

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้าน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 118


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาร์เทอร์รี่ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 123

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุ ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 128

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; ΔCBFV/ΔEtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic - Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 133

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; ΔCBFV/ΔEtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับปกติ (Hypercapnic - Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 136

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; ΔCBFV/ΔEtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic-Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็น 139

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; ΔCVCi/ΔEtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic – Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 142

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; ΔCVCi/ΔEtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับปกติ (Hypercapnic-Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 145

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; ΔCVCi/ΔEtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic-Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 148

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านพุทธิปัญญาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 151

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านสุขสมรรถนะทางกายระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ใน 161

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และ กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร ด้านสารชีวเคมีในเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 170



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

# สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างบีดีเอ็นเอฟกับอายุ 19

รูปที่ 2 แสดงการทำงานของ AGE-RAGE ในโรคเบาหวานที่ทำให้เกิดภาวะสมองเสื่อม นำไปสู่การลดลงของ BDNF ในสมอง 32

รูปที่ 3 แสดงถึงขบวนการสังเคราะห์ไนตริกออกไซด์ 38

รูปที่ 4 เซอเคิล ออฟ วิลลิส (Circle of Willis) 43

รูปที่ 5 ชนิดไม้เท้าสำหรับเดินแบบนอร์ดิกที่ไม่มีสายหลังและมี Asphalt paw 48

รูปที่ 6 แสดงหัวไม้สำหรับจับแต่ละชนิดที่มา 48

รูปที่ 7 วิธีการเดินแบบนอร์ดิกร่วมกับการใช้ไม้ ในขณะที่แกว่งแขนไปด้านหน้า 53

รูปที่ 8 กรอบแนวคิดงานวิจัย 62

รูปที่ 9 การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) 67

รูปที่ 10 การทดสอบความแข็งของหลอดเลือดแดง 77

รูปที่ 11 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 82

รูปที่ 12 แสดงสระธาราบำบัดของ Aqua Rich Thailand 84

รูปที่ 13 รูปแบบการเดิน 84

รูปที่ 14 แสดงท่าบริหารกล้ามเนื้อแขน หัวไหล่ และต้นขา 86

รูปที่ 15 แสดงท่าบริหารกล้ามเนื้อน่องและฝ่าเท้า 86

รูปที่ 16 แสดงท่าบริหารกล้ามเนื้อหน้าอก 87

รูปที่ 17 แสดงท่าบริหารกล้ามเนื้อสะโพกและต้นขา 87

รูปที่ 18 การเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ 88

รูปที่ 19 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา (Quadriceps muscles) 89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 20 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังขาและน่อง (Hamstring muscles) 90

รูปที่ 21 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อก้น (Gluteus muscles) 90

รูปที่ 22 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อหลัง (Back muscles) 90

รูปที่ 23 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้ออก (Chest muscles) 91

รูปที่ 24 ท่ายืดกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Shoulder muscles) 91

รูปที่ 25 แบบประเมินระดับความเหนื่อย (Rate of Perceived Exertion ; RPE) 92

รูปที่ 26 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวระหว่างก่อนและหลังฝึก 12 สัปดาห์ ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 99

รูปที่ 27 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกายระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 99

รูปที่ 28 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมวลไขมันระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 100

รูปที่ 29 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกด้วยการเดินแบบนอร์ดิก ในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 100

รูปที่ 30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลร่างกายปราศจากไขมันระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 101

รูปที่ 31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลกระดูกระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 101

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นรอบเอวระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ใน ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 102

รูปที่ 33 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักระหว่างก่อนและหลังฝึก 12 สัปดาห์ ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกด้วยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 102

รูปที่ 34 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกด้วยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 103

รูปที่ 35 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกด้วยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 103

รูปที่ 36 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตเฉลี่ยของระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกด้วยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 104

รูปที่ 37 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความหนาของผนังหลอดเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 107

รูปที่ 38 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคลื่นความดันของชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้าระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 107

รูปที่ 39 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียลระหว่างก่อน 108

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 40 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูง อายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 109

รูปที่ 41 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความดันในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 112

รูปที่ 42 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความดันในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกด้วยเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 112

รูปที่ 43 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความดันในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกด้วยเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 113

รูปที่ 44 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 116

รูปที่ 45 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน 116

ชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 46 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Hypercapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 117

รูปที่ 47 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกภายใต้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 120

รูปที่ 48 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกภายใต้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 121

รูปที่ 49 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกภายใต้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Hypercapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 122

รูปที่ 50 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความต้านทานการไหลเวียนเลือดภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 125

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 51 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความต้านทานการไหลเวียนเลือดภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็น. โรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 126

รูปที่ 52 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความต้านทานการไหลเวียนเลือดภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Hypercapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 127

รูปที่ 53 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ภายใต้คาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 130

รูปที่ 54 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ภายใต้คาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 131

รูปที่ 55 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ภายใต้คาร์บอนไดออกไซด์สูง (Hypercapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 132

รูปที่ 56 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; 135

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ΔCBFV/ΔEtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic - Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 57 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; ΔCBFV/ΔEtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับปกติ (Hypercapnic-Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 138

รูปที่ 58 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; ΔCBFV/ΔEtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic-Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 141

รูปที่ 59 การเปรียบเทียบค่าดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิลซีรีบรอล อาเทอร์รี่ (ΔCVCi/ΔEtCO2) ระหว่างสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic – Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังฝึก 12 สัปดาห์ ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 144

รูปที่ 60 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; ΔCVCi/ΔEtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับปกติ (Hypercapnic-Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 147

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 61 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้าน ดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; ΔCVCi/ΔEtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic-Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 150

รูปที่ 62 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของภาวะพุทธิปัญญาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 153

รูปที่ 63 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของมิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 154

รูปที่ 64 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของการเรียกชื่อระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 155

รูปที่ 65 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของด้านสมาธิระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 155

รูปที่ 66 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของด้านการใช้ภาษาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 156

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 67 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของความคิดเชิงนามธรรมระหว่างก่อนและหลังการ ทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 156

รูปที่ 68 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของด้านการทวนซ้ำระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 157

รูปที่ 69 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของด้านการรับรู้สภาวะรอบตัวระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 157

รูปที่ 70 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของสภาพสมองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 158

รูปที่ 71 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาในการทำการทดสอบสทรูปทั้งหมดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 158

รูปที่ 72 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาในการทำการทดสอบสมาธิ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 159

รูปที่ 73 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของระยะที่ทำได้ในการนั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้าระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ใน 163

ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 74 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของระยะที่ทำ 163
ได้ในการเอื้อมแตะหลังระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 75 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของจำนวนการ 164
ลุกนั่งใน 30 วินาที ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 76 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของจำนวน 165
การงอแขนใน 30 วินาที ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 77 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลา 166
ในการเดินกลับตัว 3 เมตร ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 78 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของจำนวนครั้ง 167
ในการยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 79 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของระยะทาง 168
ในการเดิน 6 นาที ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 80 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ปริมาณเม็ดเลือดขาวระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 172

รูปที่ 81 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ปริมาณเม็ดเลือดแดงระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 172

รูปที่ 82 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ฮีโมโกลบินระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 173

รูปที่ 83 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ฮีมาโตคริตระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 173

รูปที่ 84 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) น้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 174

รูปที่ 85 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) น้ำตาลสะสมระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 175

รูปที่ 86 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อินซูลินระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 176

Chulalongkorn University

รูปที่ 87 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ภาวะดื้อต่อ 176
อินซูลินระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 88 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โคเลสเตอรอล 177
ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 89 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไตรกลีเซอไรด์ 177
ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 90 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไฮเดนซิตี้ไลโป 178
โปรตีนระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 91 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โลเดนซิตี้ไลโป 178
โปรตีนระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 92 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ซีรีเอคทีฟ 179
โปรตีน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 93 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อินเตอร์ลิวคิน 179
วันระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

รูปที่ 94 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อินเตอร์ลิวคิน 180
ซิกระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ชนิดที่ 2
กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 95 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อดิโพเนคติน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 180

รูปที่ 96 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไนตริกออกไซด์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 181

รูปที่ 97 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) มาลอนไดอัลดีไฮด์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่ม ควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 182

รูปที่ 98 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ทูเมอร์ เนโครซิสแฟกเตอร์ แอลฟา (TNF-$\alpha$) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 182

รูปที่ 99 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) บีดีเอ็นเอฟ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) 183

รูปที่ 100 การทดสอบความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างแบบประเมินพุทธิปัญญา ($\Delta$ MoCA-T) และบีดีเอ็นเอฟ ($\Delta$ BDNF) ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 184

รูปที่ 101 การทดสอบความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างแบบประเมินพุทธิปัญญา ($\Delta$ MoCA-T) และดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ ($\Delta$ CVRi normocapnia - hypocapnia) ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 185

รูปที่ 102 การทดสอบความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างแบบประเมินพุทธิปัญญา ($\Delta$ MoCA-T) และดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนได 186

Chulalongkorn University

ออกไซด์สูงกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Δ CVRi hypercapnia-hypocapnia) ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

รูปที่ 103 การทดสอบความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างแบบประเมินพุทธิปัญญา (Δ MoCA-T) และดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Δ CVCi hypercapnia) ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 187

รูปที่ 104 การทดสอบความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างบีดีเอ็นเอฟ ( Δ BDNF) และดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Δ CVCi hypercapnia) ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 188

รูปที่ 105 สรุปผลการวิจัยในภาพรวม 211

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

# บทที่ 1
# บทนำ

**ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

ผู้สูงอายุ หมายถึง บุคคลที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอายุที่มากขึ้น โดยกำหนดอายุ 60 ปีขึ้นไป ทั้งเพศหญิงและชาย (Barikdar et al., 2016) เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายและระบบอวัยวะภายในอย่างเห็นได้ชัด ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางด้านกล้ามเนื้อ กระดูกและข้อ การเปลี่ยนแปลงทางด้านผิวหนัง การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการมองเห็น การเปลี่ยนแปลงทางการได้ยิน รวมไปถึงความเสื่อมของระบบการทำงานของอวัยวะภายในต่างๆ อีกด้วย ทำให้เพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคเรื้อรัง ได้แก่ โรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคหัวใจ และโรคหลอดเลือดสมอง เป็นต้น โรคเบาหวานชนิดที่ 2 เกิดจากตับอ่อนทำงานผิดปกติ ไม่สามารถหลั่งอินซูลินเพื่อลดน้ำตาลในเลือดได้ ทำให้ภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) เกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในที่สุด (Willett et al., 2002) นอกจากนี้ภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นในผู้สูงอายุ พบว่า สมองเสื่อมเป็นภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญในผู้สูงอายุ โดยระดับภาวะสมองเสื่อมจะเริ่มตั้งแต่ภาวการณ์รู้คิดบกพร่องเล็กน้อยจนถึงภาวะสมองเสื่อม (Dichgans & Leys, 2017) ภาวะสมองเสื่อมหมายถึงการสูญเสียความสามารถทางด้านพุทธิปัญญาและอารมณ์อย่างมาก จนส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวัน (Geldmacher & Whitehouse, 2005) สาเหตุทั่วไปที่ส่งผลต่อภาวะสมองเสื่อม ได้แก่ อายุ เพศ (เพศหญิงมีภาวะสมองเสื่อมมากกว่าเพศชาย) การศึกษา โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคอ้วน เป็นต้น (Dichgans & Leys, 2017) ซึ่งปัจจัยทางด้านอายุและโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นสาเหตุที่สำคัญต่อการพัฒนาภาวะสมองเสื่อม (Yang et al., 2015)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรคเบาหวาน (Diabetes Miletus) เป็นโรคที่มีความผิดปกติของเมตาบอลิซึม ซึ่งเป็นผลมาจากความบกพร่องของการหลั่งของอินซูลินหรือไม่สามารถใช้อินซูลินได้ ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง (Vanessa Fiorentino et al., 2013) จากสถิติจำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวาน พบว่า ในปี ค.ศ. 2019 มีผู้ป่วยเบาหวานทั้งชนิดที่ 1 และเบาหวานชนิดที่ 2 ทั่วโลกจำนวน 463 ล้านคน (ช่วงอายุ 20 – 79 ปี) (Saeedi et al., 2019) โดยพบโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มากสุดถึงร้อยละ 90 นอกจากนี้อัตราการเสียชีวิตของโรคเบาหวานเป็นอันดับ 8 ของโลก (Tao et al., 2015) สำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2561 โรคเบาหวานพบมากเป็นอันดับ 2 รองมาจากโรคความดันโลหิตสูง (สำนักโรคไม่ติดต่อ, 2562) อีกทั้งโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นปัจจัยเสี่ยงของการเพิ่มโอกาสเกิดโรคสมองเสื่อมถึงร้อยละ 60 (Gudala et al., 2013) การมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นระเวลายาวนานและไม่สามารถควบคุมได้

อาจทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนตามมา ได้แก่ โรคจอประสาทตา (Diabetic retinopathy) ซึ่งเป็น 1 ในโรคที่ส่งผลทำให้ผู้ป่วยเกิดการสูญเสียการมองเห็น โรคไต (Diabetic nephropathy) เป็นสาเหตุนำไปสู่การเกิดโรคไตวาย การเสียชีวิตที่เกี่ยวกับโรคหัวใจ (Cardiovascular mortality) (Valmadrid et al., 2000) โรคปลายประสาทอักเสบ (Diabetic neuropathy) ซึ่งเป็นโรคที่ส่งผลกระทบต่อประสาทส่วนปลายของรยางค์ โดยเฉพาะที่ปลายประสาทที่เท้า โดยผู้ป่วยจะมีอาการชา (Numbness) บริเวณขา มักจะเกิดแผลที่เท้าได้ง่าย (Foot ulcers) จนทำให้ถูกตัดขา (Amputation) อีกทั้งมีการสูญเสียความรู้สึกและระบบประสาทอัตโนมัติ โรคทางเดินอาหาร (Gastrointestinal) และโรคระบบสืบพันธ์ (Genitourinary) เป็นต้น (Shahbazian et al., 2013)

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 คือ การบกพร่องของการหลั่งอินซูลินที่เป็นผลมาจากภาวะความต้านทานต่ออินซูลิน จนทำให้เกิดการอักเสบของหลอดเลือดที่เป็นผลมาจากระดับน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) เป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้เกิดภาวะความต้านทานต่ออินซูลิน (Insulin resistance) นอกจากนี้ยังเกิดจากการที่เบต้าเซลล์ไม่สามารถผลิตอินซูลินได้เพียงพอ เกิดการกระตุ้นการหลั่งโปรตีนชนิดซีรีเอคทีฟโปรตีน (C-reactive protein) เพิ่มขึ้น โดยซีรีเอคทีฟโปรตีนมีผลต่อการกระตุ้นการหลั่งทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (tumor necrosis factor-$\alpha$; TNF-$\alpha$) ที่ถูกผลิตโดยเซลล์ไขมัน (Adipocyte) (Kanmani et al., 2019) และยับยั้งการหลั่งไนตริกออกไซด์ ซินเทส (Nitric oxide synthase; eNoS) (Fichtlscherer et al., 2004) และอินเตอลิวคินซิก (Interleukin 6; IL-6) ทำให้เกิดภาวะความเครียดของออกซิเจน (Oxidative stress) เกิดการหลั่งสารรีเอกทีฟออกซิเจนสปีชี่ (Reactive oxygen species; ROS) ที่มีหน้าที่ทำให้เยื่อบุผนังหลอดเลือดเกิดการสูญเสียการทำงาน ลดการหลั่งไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide) ที่มีคุณสมบัติกระตุ้นการขยายตัวของหลอด ทำให้หลอดเลือดสูญเสียประสิทธิภาพการหดตัวส่งผลให้มีการสะสมคราบไขมัน (Atherosclerosis plaques) ตามผนังหลอดเลือดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัว (Arterial stiffness) (Nakamura & Muraoka, 2018) เป็นเหตุทำให้เกิดการไหลเวียนเลือดในสมองลดลง (Cerebral blood flow) (Jefferson et al., 2018)

การเกิดโรคเบาหวานพบว่ายังมีความเกี่ยวข้องกับการเกิดแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง (Cognitive impairment) ที่ซึ่งแตกต่างจากภาวะสมองเสื่อม คือ แบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องสามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้เป็นปกติแต่อาจจะมีประสิทธิภาพในการทำงานและการเข้าสังคมลดลงไปบ้าง โดยพบมากในผู้สูงอายุ ซึ่งมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องที่เป็นผลมาจากหลอดเลือด พบว่า เกิดการเพิ่มภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเป็นระยะเวลานานที่เป็นผลทำให้เกิดการอักเสบของหลอดเลือด การที่เยื่อบุผนังหลอดเลือดเกิดการสูญเสียการทำงาน การเกิดขึ้นที่หลอดเลือดสมอง จะส่งผลให้เซลล์ประสาทถูกทำลายเพราะว่าการไหลเวียนของเลือดลดลง เนื่องจาก

หลอดเลือดเกิดการตีบแคบ ทำให้สมองส่วนฮิปโปแคมปัสเกิดการขาดเลือด (Ischemia) ลดการหลั่งบีดีเอ็นเอฟ (Brain-derived neurotrophic factor; BDNF) ซึ่งเป็นสารบ่งชี้การทำงานของเซลล์ประสาท (Banoujaafar et al., 2016; Umegaki, 2014) เกิดภาวะสมองเสื่อมเพิ่มขึ้น อีกทั้งการที่เยื่อบุผนังหลอดเลือดที่ทำหน้าที่เป็นตัวกรองกั้นระหว่างเลือดและสมองมีประสิทธิภาพลดลง ทำให้สารก่อการอักเสบสามารถเข้าสู่ยังสมองได้ มีการสะสมของเบต้า อไมค์ลอย (β-amyloid) ในสมอง ซึ่งสามารถนำไปสู่การเกิดโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) ได้ในที่สุด (Borror, 2017; Hamley, 2012; Leeuwis et al., 2018; Shimada et al., 2014)

การบำบัดรักษาโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีหลายวิธี ได้แก่ การให้ความรู้ โภชนบำบัด การรักษาด้วยการทานยา การรักษาด้วยการใช้ยาฉีดอินซูลิน และการออกกำลังกาย โดยการออกกำลังกายช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด (Blood glucose) และช่วยยับยั้งการพัฒนาของภาวะสมองเสื่อมไม่ให้แย่ลง (Association, 2002; Kirk-Sanchez & McGough, 2014) จากงานวิจัยของ Mirza และคณะในปี ค.ศ. 2018 ได้ทำการศึกษาถึงผลของการปั่นจักรยานควบคู่กับการฝึกสมองต่อพุทธิปัญญาโดยใช้แบบประเมินพุทธิปัญญา (MoCA) แบบทดสอบสมรรถภาพทางสมองเบื้องต้น (MMSE) ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานและมีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย พบว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิคช่วยพัฒนาพุทธิปัญญา (Cognitive function) และช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Mirza & Yaqoob, 2018; Silveira-Rodrigues et al., 2021; Zhao & Townsend, 2009) นอกจากนี้ Callisaya และ Nosaka (2017) ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เกี่ยวข้องกับแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง (Cognitive impairment) พบว่า มีการลดลงของระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1C) ไขมันในเลือด (lipid profile) ทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF-a) และพัฒนาทางด้านพุทธิปัญญา (Callisaya & Nosaka, 2017) นอกจากนี้ Kang และคณะ (2020) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแอโรบิกในน้ำ (Aquatic exercise) ความหนักระดับปานกลาง ระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกในน้ำช่วยเพิ่ม BDNF และพุทธิปัญญา โดยใช้แบบประเมินสมองเบื้องต้น (MMSE) (Kang et al., 2020)

การเดินแบบนอร์ดิก (Nordic walking) เป็นการออกกำลังกายด้วยการเดินที่มีการใช้ไม้ช่วยเดิน ถูกนำมาใช้ครั้งแรกที่ประเทศฟินแลนด์ โดยประยุกต์มาจากกีฬาสกีทุ่งหรือสกีพื้นราบ (Cross country skier) ประโยชน์ของการเดินแบบนอร์ดิกช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อลายเกือบร้อยละ 90 ของกล้ามเนื้อลายทั้งหมดของร่างกาย ในขณะที่การเดินปกติ มีการใช้กล้ามเนื้อลายเพียงแค่ร้อยละ 40 ของกล้ามเนื้อลายทั้งหมดของร่างกาย (American Nordic Walking Asoociation, 2017) เป็นการเพิ่มอัตราการเผาผลาญของร่างกายถึงร้อยละ 46 มากกว่าการเดินปกติหรือการวิ่งแบบเบา (Jogging) (Church et al., 2002) จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ผลของการเดินแบบนอร์

ดิกมีผลดีต่อผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โดยช่วยลดการสะสมของระดับน้ำตาลในเลือด (HbA1c) มวลไขมัน (Fat mass) ความต้านทานต่ออินซูลิน (HOMA-IR) ดัชนีมวลกายและเพิ่มแอชดีเอล (HDL) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Fritz et al., 2013; Gram et al., 2010; Sentinelli et al., 2015) นอกจากนี้ยังพบว่ามีผลในการเพิ่ม BDNF (Gmiat et al., 2018) และลดการสะสมธาตุเหล็กในเลือดที่เป็นตัวบ่งชี้การเกิดภาวะเครียดจากออกซิเจน (Oxidative stress) (Kortas et al., 2017) จากการศึกษาของ Passos-Monteiro และคณะ (2020) ได้ทำการเปรียบเทียบการเดินแบบนอร์ดิกที่ความหนักระดับปานกลาง ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ต่อการพัฒนาพุทธิปัญญา ในผู้ป่วยพากินสัน พบว่า การเดินแบบนอร์ดิกส่งผลต่อการพัฒนาพุทธิปัญญาโดยประเมินจากแบบประเมินทางพุทธิปัญญา (MoCA) ทั้งนี้การเดินแบบนอร์ดิกเป็นวิธีการช่วยกระตุ้นประสาทสัมผัสทั้ง 5 (Multisensory stimulation) ได้แก่ การมองเห็น การได้ยิน การสัมผัส การได้กลิ่น และการเคลื่อนไหว ซึ่งผลของการฝึกกระตุ้นประสาททั้ง 5 จะช่วยพัฒนาด้านพุทธิปัญญา อีกทั้งมีการพัฒนาความสัมพันธ์ของร่างกาย (Coordination) ส่งผลให้ความเร็วของการเดินเพิ่มขึ้น (Gomeñuka et al., 2019)

การออกกำลังกายในน้ำเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในผู้สูงอายุ หรือผู้ป่วย เช่น โรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคอ้วน โรคหัวใจ เป็นต้น เนื่องจากเป็นการออกกำลังกายที่มีแรงกระแทกต่ำ ช่วยลดการบาดเจ็บจากแรงกระแทกขณะออกกำลังกายและแรงต้านทานของน้ำสร้างความแข็งแรงร่างกาย และช่วยพัฒนาเรื่องสมรรถภาพของหัวใจและปอด (Cardiopulmonary fitness) ((Nuttamonwarakul et al., 2014; Pereira Neiva et al., 2018) Nuttamonwarakul และคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกในน้ำและเต้นแอโรบิกบนบก ที่ความหนัก 70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ 50 นาทีต่อครั้ง ระยะเวลา 12 สัปดาห์ สำหรับกลุ่มเต้นแอโรคบิกในน้ำ กำหนดระดับอุณหภูมิของน้ำที่ 34-36 องศาเซลเซียส ผลพบว่า การเต้นแอโรบิกในน้ำช่วยลดภาวะดื้อต่ออินซูลิน (HOMA-IR) ระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1c) ที่เป็นผลมาจากซีรีเอคทีฟ โปรตีน (C-reactive protein; CRP) ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ส่งผลให้มีการหลั่งไนตริกออกไซด์เพิ่มขึ้น ที่มีผลช่วยให้หลอดเลือดขยายตัวได้ดีขึ้น (Nuttamonwarakul et al., 2014) อีกทั้งการออกกำลังกายในน้ำยังทำให้เพิ่มการไหลเวียนเลือดในสมอง (Pugh et al., 2015) เกิดการพัฒนาพุทธิปัญญาโดยการเพิ่มบีดีเอ็นเอฟ (Bansi et al., 2013) และการแช่น้ำระดับหน้าอกส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของการไหลเวียนเลือดมิดเดิล ซีรีบรอล อาเทอร์รี่ (Carter et al., 2014) นอกจากนี้ Suntraluck และคณะ (2017) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการปั่นจักรยานแบบแอโรบิคในน้ำอุ่น ที่ความหนักระดับ 60-75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 30 นาที ระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า การปั่นจักรยานในน้ำอุ่นช่วยลดการแข็งตัวของผนังหลอดเลือดที่เป็นผลมาจากการเพิ่มการหลั่งไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO) (Suntraluck et al., 2017)

จากที่กล่าวมาทั้งหมด สรุปได้ว่าเดินแบบนอร์ดิกบนบกจะมีการทำงานของกล้ามเนื้อมากกว่าการเดินแบบปกติ โดยมีการใช้กล้ามเนื้อทั้งแขน ลำตัว และขา (Sharma et al., 2017) อีกทั้งการเดินแบบนอร์ดิกยังมีการใช้พลังงานมากกว่าการเดินแบบปกติ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการลดน้ำหนักของร่างกายได้ดีกว่าการเดินแบบปกติ เพิ่มประสิทธิภาพความอดทนของระบบหัวใจและปอด สามารถพัฒนาพุทธิปัญญาในผู้สูงอายุ และยังป้องกันการล้มในผู้สูงอายุ (Gmiat et al., 2018; Takeshima et al., 2013) สำหรับการศึกษาในโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า การเดินแบบนอร์ดิกช่วยลดปริมาณน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1C) ลดความดื้อต่ออินซูลิน (Insulin resistance) (Fritz et al., 2013) ช่วยพัฒนากล้ามเนื้อให้มีความแข็งแรงมากขึ้น เช่น กล้ามเนื้อแขน (Sentinelli et al., 2015) เพิ่มการใช้พลังงาน (Energy expenditure) ได้เทียบเท่ากับการออกกำลังกายที่ใช้ความหนักมาก (Hansen & Smith, 2009) และการเดินแบบนอร์ดิกเป็นวิธีการช่วยกระตุ้นประสาทสัมผัส ส่งผลให้มีการพัฒนาทางด้านพุทธิปัญญา (Gmiat et al., 2018) สำหรับการศึกษาการออกกำลังกายในน้ำในโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting blood glucose) ลดระดับน้ำตาลสะสมเฉลี่ย (HbA1c) ลดภาวะดื้ออินซูลิน (Insulin resistance) และพัฒนาหน้าที่การทำงานของหลอดเลือด (Vascular function) ได้ (Nuttamonwarakul et al., 2014; Suntraluck et al., 2017) ซึ่งที่ผ่านมาการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายในน้ำส่วนใหญ่จะแนะนำผู้ป่วยโรคอ้วน โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และผู้สูงอายุ (Medicine, 2013) อย่างไรก็ตามสำหรับในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ยังมีการศึกษาการออกกำลังกายในน้ำน้อย ซึ่งผู้ป่วยกลุ่มนี้มีความเสี่ยงต่อการพัฒนาการของโรคอัลไซเมอร์เพิ่มขึ้น และการเดินแบบนอร์ดิกที่มีการใช้งานของแขนและขาร่วมกันจะมีการกระตุ้นสมองส่วนหน้า (Prefrontal cortex) น่าจะส่งผลในการพัฒนาพุทธิปัญญาได้ และการออกกำลังกายในน้ำก็มีประโยชน์ในการควบคุมระดับน้ำตาลและสร้างเสริมสมรรถภาพทางกายในผู้ป่วยเบาหวานโดยไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บได้ เป็นสิ่งที่สนใจที่จะนำการเดินแบบนอร์ดิกมาประยุกต์ใช้ในน้ำ การนำการเดินนอร์ดิกมาประยุกต์ใช้ในน้ำที่เป็นรูปแบบโปรแกรมการออกกำลังกายที่ใหม่ ซึ่งผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าจากผลของการเดินนอร์ดิกและผลของน้ำ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จะส่งผลดีต่อการควบคุมระดับน้ำตาล การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย การทำงานของหลอดเลือดทั้งร่างกายและบริเวณสมอง รวมถึงช่วยพัฒนาพุทธิปัญญาได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำศึกษาผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำว่าส่งผลต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองมิดเดิล ซีรีบรอล อาเทอร์รี่ หลอดเลือดต้นแขนเบรเคียล อาเทอร์รี่ การแข็งตัวของหลอดเลือด สุขสมรรถนะ สารชีวเคมีในเลือด พุทธิปัญญาและคุณภาพชีวิตในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 หรือไม่อย่างไร เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยเริ่มเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ และโรคเบาหวานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังส่งผลต่อแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องที่เป็นผลมาจากหลอดเลือดเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยคาดหวังว่าผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้

จะเป็นประโยชน์ในการสร้างเสริมสุขภาพและลดการเกิดภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยป้องกันการเกิดภาวะสมองเสื่อมรุนแรง เพื่อให้ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นได้ต่อไป

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

**วัตถุประสงค์หลัก**

เพื่อเปรียบเทียบผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแรกมการฝึกต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและพุทธิปัญญาในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

**วัตถุประสงค์รอง**

เพื่อเปรียบเทียบผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแรกมการฝึกต่อการทำงานของหลอดเลือด สุขสมรรถนะและสารชีวเคมีในเลือดในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

**คำถามของการวิจัย**

1) การเดินแบบนอร์ดิกในน้ำส่งผลต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและพุทธิปัญญาในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึกหรือไม่

2) การเดินแบบนอร์ดิกในน้ำส่งผลต่อการทำงานของหลอดเลือด สุขสมรรถนะ และสารชีวเคมีในเลือดในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึกหรือไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**สมมติฐานงานวิจัย**

1) การเดินแบบนอร์ดิกในน้ำส่งผลต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและพุทธิปัญญาในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก

2) การเดินแบบนอร์ดิกในน้ำส่งผลต่อการทำงานของหลอดเลือด สุขสมรรถนะ และสารชีวเคมีในเลือดในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก

**ขอบเขตของการวิจัย**

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1) ประชากร (Target Population) คือ ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อายุ 60 ถึง 74 ปี

2) กลุ่มตัวอย่าง (Sample) คือ ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อายุ 60 – 74 ปี ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัยและลงนามยินยอมเข้าร่วมวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ศึกษา

1) ตัวแปรอิสระ (Independent variables) คือ การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำและการใช้ชีวิตตามปกติโดยไม่ได้รับโปรแกรมการฝึกออกกำลังกาย

2) ตัวแปรตาม (Dependent variables) ประกอบด้วย

2.1) ตัวแปรทางด้านสรีรวิทยา (Physiological variables) : ได้แก่ น้ำหนักตัว (body weight) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม ส่วนสูง (Height) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ดัชนีมวลกาย (Body mass index) มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเมตร มวลไขมัน (Fat mass) มีหน่วยเป็น กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (%Body fat) มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ มวลร่างกายปราศจากไขมัน (Fat free mass: FFM) มีหน่วยเป็น กิโลกรัม มวลกระดูก (Bone mass) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม เส้นรอบเอว (Waist circumference) มีหน่วยเป็น เซนติเมตร อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate; RHR) มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที และความดันโลหิตขณะพัก (Resting blood pressure; Resting BP) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท

2.2) ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular function variables) ได้แก่

- การตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) ได้แก่ ความเร็วของหลอดเลือดสอมง (Cerebral blood flow velocity; CBFV) มีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยเฉลี่ยของหลอดเลือดสมอง (Time average peak velocity; TAPV) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยของเลือดช่วงหัวใจบีบตัว (Peak systolic velocity; PSV) มีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยของเลือดช่วงหัวใจคลายตัว (End diastolic velocity; EDV) มีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที ค่าความต้านทานของเลือดในสมอง (Pulsatility index; PI) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ขณะหายใจออก (End-tidal $CO_2$; $EtCO_2$) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรปรอท ดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index) มีหน่วยเป็น % เซนติเมตร/วินาที*มิลลิเมตรปรอท$^{-1}$ ดัชนีความสามารถในการไหลของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance Index; CVCi) มีหน่วยเป็น เซนติเมตร/วินาที*มิลลิเมตรปรอท$^{-1}$ ดัชนีความสามารถการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index) มีหน่วยเป็น %เซนติเมตร/วินาที และค่าความดันเฉลี่ยของหลอดเลือดแดง (Mean arterial pressure; MAP) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท

2.3) ตัวแปรด้านพุทธิปัญญา (Cognitive function variables) ทำการทดสอบ ดังนี้

- แบบประเมินพุทธิปัญญา (Montreal Cognitive Assessment; MoCA-T) มีหน่วยเป็นคะแนน

- แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (Mini–Mental State Examination Thai; MMSE-T) มีหน่วยเป็นคะแนน

- แบบทดสอบสทรูป (Stroop test) มีหน่วยเป็น วินาที

- แบบทดสอบสมาธิ (Trail making test-B; TMT-B) มีหน่วยเป็น วินาที

2.4) ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด (Vascular function variables)

- ความหนาของผนังหลอดเลือด (Intima-Media Thickness; IMT) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

- คลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (Brachial-ankle pulse wave velocity; baPWV) มีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที

- ความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือด (Arterial compliance) มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อมิลลิเมตรปรอท

- การขยายของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (Flow mediated dilation; FMD) มีหน่วยเป็นร้อยละ

2.5) ตัวแปรด้านสุขสมรรถนะ (Health-related physical fitness) (Purath et al., 2008) ได้แก่

- ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) โดยการทดสอบ ลุกนั่ง (Chair stand) มีหน่วยเป็นครั้ง และ งอแขน (Arm curl) มีหน่วยเป็นครั้ง

- ความอ่อนตัวของร่างกาย (Flexibility) โดยทำการทดสอบ นั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้า (Chair sit and reach) มีหน่วยเป็น เซนติเมตร และ เอื้อมแตะหลัง (Reach & back scratch) มีหน่วยเป็น เซนติเมตร

- การทรงตัว (Balance) โดยทำการทดสอบ เดินและกลับตัว 3 เมตร (Time up and go) มีหน่วยเป็น วินาที

- สมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและการหายใจ (Cardiorespiratory fitness) โดยทำการทดสอบ การยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที (2-min step test) และ การเดิน 6 นาที (6-minutes walk test)

2.6) ตัวแปรสารชีวเคมีในเลือด (Blood biochemistry variables) ดังนี้

- ระดับไขมันในเลือด (lipid profiles) ได้แก่ คอเลสเตอรอล (Cholesterol) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/เดลซิลิตร ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน (High density lipoprotein) มีหน่วยเป็น

มิลลิกรัม/เดลซิลิตร โลเดนซิตี้ไลโปโปรตีน (Low density lipoprotein) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/เดลซิลิตร และไตรกลีเซอร์ไรด์ (Triglyceride) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/เดลซิลิตร

- ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete blood count; CBC) ได้แก่ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin; Hb) มีหน่วยเป็น กรัม/เดลซิลิตร ฮีมาโตคริต (Hematocrit; Hct) มีหน่วยเป็น ร้อยละ ปริมาณเม็ดเลือดแดง (Red blood cell; RBC) มีหน่วยเป็น $10^6$/ไมโครลิตร ปริมาณเม็ดเลือดขาว (White blood cell; WBC) มีหน่วยเป็น $10^3$/ไมโครลิตร
- การควบคุมระดับน้ำตาล (Glycemic control) ได้แก่ ระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting plasma glucose; FPG) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/เดลซิลิตร และระดับน้ำตาลสะสม (HbA1c) มีหน่วยเป็น ร้อยละ
- ตัวบ่งชี้การทำงานของหลอดเลือด (Vascular function indicator) ได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO) มีหน่วยเป็น ไมโครโมล
- ตัวบ่งชี้การทำงานของอินซูลิน (Insulin function indicator) ได้แก่ ภาวะดื้อต่ออินซูลิน (Homeostasis Model Assessment; HOMA-IR)
- ตัวบ่งชี้ฮอร์โมน (Hormone) ได้แก่ อดิโพเนคติน (Adiponectin) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/เดลซิลิตร
- ตัวบ่งชี้ของสารอนุมูลอิสระ (Free radical indicators) ได้แก่ มาลอนไดอัลดีไฮด์ (Malondialdehyde; MDA) มีหน่วยเป็น ไมโครโมล
- ตัวบ่งชี้การอักเสบ (Inflammation indicators) ได้แก่ อินเตอร์ลิวคินซิก (IL-6) มีหน่วยเป็น พิโกกรัมต่อเดซิลิตร อินเตอร์ลิวคินวัน (IL-1) มีหน่วยเป็น พิโกกรัมต่อเดซิลิตร ทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF- $\alpha$) มีหน่วยเป็น พิโกกรัมต่อเดซิลิตรและซีรีเอคทีฟ โปรตีน (C-reactive protein; CRP) มีหน่วยเป็น พิโกกรัมต่อเดซิลิตร
- ตัวบ่งชี้นิวโลโทพริน (Neurotrophin) ได้แก่ ซีรัมบีดีเอ็นเอฟ (Serum Brain- derived Neurotrophic Factor; BDNF) มีหน่วยเป็น นาโนกรัมต่อเดซิลิตร

**คำจำกัดความการวิจัย**

ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 diabetes) หมายถึง ผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ที่มีโรคที่มีความผิดปกติของการควบคุมน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติ จนทำให้เกิดการดื้อต่ออินซูลินส่งผลให้กล้ามเนื้อไม่สามารถนำน้ำตาลมาใช้เป็นพลังงานได้ หรือตับอ่อนผลิตอินซูลินได้แต่ไม่มีคุณภาพ แพทย์วินิจฉัยว่าเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

แบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง (Cognitive impairment) หมายถึง แบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องที่มีต้นกำเนิดมาจากหลอดเลือดสมอง ซึ่งหลอดเลือดสมองเกิดการเสื่อมหรือสูญเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประสิทธิภาพการทำงาน แบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องแบ่งออกได้หลายระดับ ตั้งแต่แบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย (Mild cognitive impairment; MCI) ไปจนถึงระดับการบกพร่องรุนแรง คือ สมองเสื่อม (Dementia) การประเมินระดับพุทธิปัญญาบกพร่องแบบง่ายจะใช้แบบประเมินในการคัดกรอง ได้แก่ แบบประเมินพุทธิปัญญา (Montreal Cognitive Assessment; MoCA-T) และ แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (Mini–Mental State Examination Thai; MMSE-T)

การไหลของเลือดในสมอง (Cerebral blood flow; CBF) หมายถึง การไหลของเลือดผ่านหลอดเลือดแดงใหญ่ (Carotid arteries) เพื่อนำออกซิเจนและสารอาหารผ่านไปเลี้ยงสมองอย่างต่อเนื่องและเพียงพอที่จะทำให้สมองทำงานได้ตามปกติ ใช้วิธีการประเมินการไหลของเลือดในสมอง คือ วิธีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองจากการที่มีคาร์บอนไดออกไซด์กระตุ้น (Cerebrovascular $CO_2$ reactivity)

การเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (Nordic walking in water) หมายถึง การเดินแบบปกติทั่วไปแต่มีการแกว่งแขนและการก้าวเท้าที่มากกว่าการเดินปกติ ซึ่งการเดินแต่ละก้าว เท้าที่ลงสู่พื้นส้นเท้าจะต้องสัมผัสพื้นก่อนเป็นอันดับแรก (heel strike) นอกจากนั้นมีไม้เท้าเป็นอุปกรณ์ประกอบการเดิน โดยผู้เดินจะมีการถือไม้ก้าวไปตามจังหวะขาที่สัมพันธ์กับการเดินปกติ โดยการเดินนอร์ดิกในน้ำนี้จะเดินในสระน้ำที่มีน้ำความสูงระดับอกของผู้เดิน และมีอุณหภูมิที่ 34 ถึง 36 องศาเซียลเซียส

สุขสมรรถนะ (Health related physical fitness) หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการทำกิจวัตประจำได้อย่างมีคุณภาพ สำหรับงานวิจัยฉบับนี้หมายถึงสุขสมรรถนะของผู้สูงอายุที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการทำกิจวัตประจำวันและคุณภาพชีวิต ประกอบไปด้วย การวัดดัชนีมวลกาย (BMI) การวัดเส้นรอบเอว (Waist measurement) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) ความอ่อนตัว (Flexibility) การทรงตัว (Balance) และสมรรถภาพการทำงานของหัวใจและการหายใจ (Cardiorespiratory fitness) (Purath et al., 2009)

การทำงานของหลอดเลือด (Vascular function) หมายถึง การทำหน้าที่ของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Endothelial cell) ในการควบคุมการหดตัว และคลายตัวของหลอดเลือดอย่างสมดุลกัน เพื่อให้เลือดสามารถไหลผ่านหลอดเลือด เพื่อไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ทั่วร่างกายได้เป็นปกติ ซึ่งสามารถประเมินได้จากอัตราการไหลผ่านของเลือดภายในหลอดเลือด สำหรับงานวิจัยนี้ มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหลอดเลือด ได้แก่ ความหนาของผนังหลอดเลือด (Intima-Media Thickness; IMT) คลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (Brachial-ankle pulse wave velocity; baPWV) ความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือด (Arterial compliance) และ การขยายของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (Flow mediated dilation; FMD)

การตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) หมายถึง ความสามารถของหลอดเลือดสมองในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความดันย่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (Partial pressure $CO_2$) อีกทั้งเพื่อใช้ในการศึกษาขบวนการปรับตัวของหลอดเลือด (Prakash et al., 2014) โดยจะใช้เครื่องอัลตร้าซาวด์ (Ultrasound machine) ทำการตรวจการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง โดยการวัดความเร็วของเลือดที่ไหล (Cerebral blood flow velocity; CBFV) ของหลอดเลือดสมองมิดเดิล ซีรีบรอล อาเทอร์รี่ (Middle cerebral artery; MCA) (Zhu et al., 2013) โดยหลอดเลือดสมองมิดเดิล ซีรีบรอล อาเทอร์รี่จะเกิดการหดตัว และคลายตัวเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงความดันย่อย (Partial pressure $CO_2$) จากนั้นทำการบันทึกค่าความเร็วของเลือดที่ไหล (Cerebral blood flow velocity; CBFV) ในหลอดเลือดมิดเดิล ซีรีบรอล อาเทอร์รี่ ที่ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญในการนำไปวิเคราะห์การตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) ต่อไป

ไซโตไคน์ (Cytokine) หมายถึง คือสารโปรตีนที่หลั่งจากเซลล์ต่างๆ ในระบบภูมิคุ้มกันเพื่อตอบสนองภาวะการอักเสบและเรียกระดมเซลล์คุ้มกันให้มากำจัดเชื้อแปลกปลอม โดยไซโตไคน์ที่ททำการวัดในงานวิจัยนี้ ได้แก่ อินเตอร์ลิวคินวัน (IL-1) อินเตอร์ลิวคินซิก (IL-6) อดิโพเนคติน (Adiponectin) ซีรีเอคทีฟโปรตีน (C-reactive protein) ทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF-$\alpha$)

การควบคุมระดับน้ำตาล (Glycemic control) หมายถึง ความสามารถของเซลล์ต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และน้ำตาลสะสม โดยการควบคุมระดับน้ำตาลที่ดี (Good glycemic control) หมายถึง มีระดับน้ำตาลหลังอดอาหารระหว่าง 80 ถึง 130 มิลลิกรัมต่อเดลซิลิตร และมีน้ำตาลสะสม น้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ และสำหรับการควบคุมระดับน้ำตาลที่ไม่ดี (Poor glycemic control) หมายถึง มีระดับน้ำตาลหลังอดอาหารมากกว่า 130 มิลลิกรัมต่อเดลซิลิตร และมีน้ำตาลสะสม มากกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ (Association, 2020b)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 2
# ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำและเดินแบบนอร์ดิกบนบกต่อการทำงานของหลอดเลือดในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และมีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยการทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สรุปเป็นเนื้อหาสาระสำคัญใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย มีหัวข้อสำคัญดังนี้

1. ผู้สูงอายุ
    1.1. แนวโน้มของประชากรสูงอายุระดับประเทศ
    1.2. การเปลี่ยนแปลงทางร่างกายของผู้สูงอายุ
    1.3. ภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ
    1.4. พุทธิปัญญาในผู้สูงอายุ
    1.5. ผู้สูงอายุที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง
2. โรคเบาหวาน
    2.1. ประเภทของโรคเบาหวาน
    2.2. เกณฑ์การวินิจฉัยโรคเบาหวาน
    2.3. กลไกการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2
    2.4. ภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวาน
    2.5. บีดีเอนเอฟในโรคเบาหวานชนิดที่ 2
    2.6. การรักษาโรคเบาหวานชนิดที่ 2
3. การทำงานของหลอดเลือด
    3.1. เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือด
    3.2. โรคเบาหวานและการสูญเสียหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด
    3.3. สารชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหลอดเลือด
    3.4. การประเมินการทำงานของหลอดเลือด
4. การทำงานของสมองและการไหลเวียนเลือดในสมอง
    4.1. โครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงของสมอง
    4.2. เมตาบอลิซึมของสมอง
    4.3. การไหลเวียนเลือดสู่สมอง
    4.4. ความดันเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5. การควบคุมการไหลเวียนเลือดในสมอง

4.6. แบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องที่มาจากหลอดเลือดในโรคเบาหวานชนิดที่ 2

5. การเดินแบบนอร์ดิก

5.1. ประวัติความเป็นมาของการเดินแบบนอร์ดิก

5.2. ไม้เท้าสำหรับการเดินแบบนอร์ดิก

5.3. เทคนิคการเดินแบบนอร์ดิกและกล้ามเนื้อที่ใช้งาน

5.4. ประโยชน์ของการเดินแบบนอร์ดิก

6. การออกกำลังกายในน้ำ

6.1. คุณสมบัติของน้ำ

6.2. การนำคุณสมบัติของน้ำมาประยุกต์ใช้ในการออกกำลังกาย

6.3. ประโยชน์ของการออกกำลังกายในน้ำ

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1. งานวิจัยในประเทศ

7.2. งานวิจัยในต่างประเทศ

**1. ผู้สูงอายุ (Elderly)**

องค์การอนามัยโลก ได้ให้คำจำกัดความ “ผู้สูงอายุ” หมายถึง บุคคลที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอายุที่มากขึ้น ที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงด้านร่างกายและสังคม โดยกำหนดอายุ 60 ปีขึ้นไป นับตั้งแต่เกิด ทั้งเพศหญิงและชาย (WHO, 2014) สำหรับประเทศไทย สำนักงานสถิติแห่งชาติ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2541) สำนักนายกรัฐมนตรี ได้ให้คำจำกัดความ “ผู้สูงอายุ” ว่า บุคคลที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปทั้งชายและหญิง และ แสงจันทร์ ทองมาก (2541) ได้แบ่งผู้ช่วงอายุออกเป็น 2 ช่วงวัย คือ ช่วงวัยสูงอายุระยะแรก (Younger elderly) คือ ผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 – 74 ปี (หรืออาจจะถึง 80 ปี) เป็นผู้สูงอายุที่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ มีสมรรถภาพร่างกายแข็งแรง ช่วงวัยสูงอายุระยะหลัง (Older elderly) คือ ผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 75 ปี ขึ้นไป (หรืออาจจะตั้งแต่ 80 ปี) เป็นผู้สูงอายุที่มีการเปลี่ยนแปลงของร่างกายมากอย่างชัดเจน สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ แต่ต้องมีคนคอยดูแล (ทองมาก, 2541)

1.1 แนวโน้มของประชากรสูงอายุระดับประเทศ

สังคมสูงวัยเป็นสถานการณ์ที่โลกและหลายประเทศกำลังเผชิญ ซึ่งในขณะนี้ประชากรที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปี มีทั้งสิ้น 901 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 12 ของประชากรทั้งหมด ภูมิภาคอาเซียน พบว่า มี

จำนวนประชากรผู้สูงอายุ 55 ล้านคน ซึ่งประเทศไทยมีจำนวนผู้สูงอายุมากเป็นอันดับ 2 ของอาเซียน ในปี พ.ศ. 2558 มีผู้สูงอายุร้อยละ 16 ของประชากรทั้งหมด รองจากประเทศสิงคโปร์

การศึกษาขนาดและแนวโน้มประชากรสูงอายุของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ กำหนดกรอบเวลาการศึกษาไว้ระหว่างปี พ.ศ. 2503 ถึง พ.ศ. 2573 ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2550) จากการสำรวจสถิติจำนวนประชากร พบว่า ในปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (Aging Society) เพราะว่าสัดส่วนจำนวนประชากรผู้สูงอายุ (ตั้งแต่อายุ 60 ปี) มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ของประชากรทั้งหมด จากที่สังเกตุเห็นได้ว่าในช่วง พ.ศ. 2503 ถึง พ.ศ. 2533 สัดส่วนของประชากรผู้สูงอายุปี พ.ศ. 2503 เปลี่ยนแปลงร้อยละ 5.4 ปี พ.ศ. 2513 เปลี่ยนแปลงร้อยละ 4.9 และปี พ.ศ. 2523 เปลี่ยนแปลงร้อยละ 6.3 ซึ่งเป็นไปอย่างช้า ๆ ต่อมาสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.3 เป็นรอยละ 9.5 ในปี พ.ศ. 2543 และช่วง 30 ปีต่อมา สัดส่วยประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 25 ในปี พ.ศ. 2573 หรือเพิ่มเป็นมากกว่า 3 เท่า จากสถิติอายุมัธยฐานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 ถึง 2573 พบว่า ปี พ.ศ. 2503 มีอายุมัธยฐานที่ 18.4 ปี แต่ในปี พ.ศ. 2553 มีอายุมัธยฐานเท่ากับ 33.9 ปี แสดงให้เห็นว่าประชากรในประเทศไทยมีแนวโน้มเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุมากขึ้น เนื่องจากช่วงอายุ 20 – 30 ปี เป็นช่วงวัยกลางคน ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าอายุมัธยฐานในปี พ.ศ. 2553 เป็นต้นมา มีอายุมากกว่าวัยกลางคน ทำให้ประเทศไทยเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (ปราโมทย์ ประสาทกุล, 2543) ดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ขนาดและแนวโน้มของประชากรผู้สูงอายุ พ.ศ. 2503 – 2573

| ปี พ.ศ. | จำนวนประชากรรวม | จำนวนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป | ร้อยละของประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป | อายุมัธยฐาน |
|---|---|---|---|---|
| 2503 | 26,257,916 | 1,506,000 | 5.4 | 18.4 |
| 2513 | 34,397,371 | 1,680,900 | 4.9 | 17.8 |
| 2523 | 44,824,540 | 2,912,000 | 6.3 | 19.9 |
| 2533 | 54,509,500 | 4,014,000 | 7.4 | 25.1 |
| 2543 | 60,916,441 | 5,792,970 | 9.5 | 29.2 |
| 2553 | 67,313,000 | 8,011,000 | 11.9 | 33.9 |
| 2563 | 70,100,000 | 12,272,000 | 17.5 | 38.5 |
| 2573 | 70,629,000 | 17,763,000 | 25.1 | 43.1 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แหล่งที่มา : แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2550)

นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2553 ประชากรสูงอายุไทยมีประมาณ 8 ล้านคน และจะเพิ่มขึ้นเป็น 17 ล้านคน ในอีก 20 ปีข้างหน้า และเมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรสูงอายุในกลุ่มปลายเปิด คือ กลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไป กลุ่มอายุ 70 ปีขึ้นไป และกลุ่มอายุ 80 ปีขึ้นไป พบว่า ยิ่งอายุเพิ่มขึ้น จำนวนประชากรผู้สูงอายุก็จะเพิ่มขึ้นตาม หมายถึง กลุ่มประชากรทั้ง 3 กลุ่ม มีจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นในทุก ๆ กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** จำนวนประชากรตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ปี พ.ศ. 2543 – 2573

| กลุ่มอายุ | 2543 | 2553 | 2563 | 2573 |
|---|---|---|---|---|
| 60 ปีขึ้นไป | 5,867 | 8,011 | 12,272 | 17,763 |
| 65 ปีขึ้นไป | 3,871 | 5,389 | 8,046 | 12,705 |
| 70 ปีขึ้นไป | 2,321 | 3,391 | 4,913 | 8,204 |
| 80 ปีขึ้นไป | 593 | 804 | 1,348 | 2,155 |

แหล่งที่มา : คำนวณจากการคาดประมาณประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2543 – พ.ศ. 2573 (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2550)

การเปลี่ยนแปลงทางร่างกายของผู้สูงอายุ

1.2 การเปลี่ยนแปลงทางร่างกายของผู้สูงอายุ

เมื่อบุคคลเริ่มเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ (ตั้งแต่อายุ 60 ปี) จะมีการเปลี่ยนแปลงของร่างกายอย่างเห็นได้ชัดทั้งเพศหญิงและเพศชาย เช่น มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย โดยมีรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับระบบกล้ามเนื้อ กระดูกและข้อต่อ

กล้ามเนื้อของผู้สูงอายุจะมีมวลกล้ามเนื้อที่ลดลง โดยพบว่าอายุหลังจาก 70 ปี ผู้สูงอายุจะมีมวลกล้ามเนื้อลดลงร้อยละ 0.5 – 1 ต่อปี และในทุก ๆ 10 ปี กล้ามเนื้อของผู้สูงอายุเพศชายจะมีมวลกล้ามเนื้อลดลงร้อยละ 4.7 และในเพศหญิงร้อยละ 3.7 เปรียบเทียบกับมวลกล้ามเนื้อสูงสุด และมีความแข็งแรงลดลงเมื่อเริ่มเข้าสู่อายุ 60 ปี ร้อยละ 10 – 15 และลดลงร้อยละ 25 – 40 เมื่อเข้าสู่อายุ 70 ปี ดังนั้นจึงนำไปสู่การเกิดภาวะกล้ามเนื้อถดถอย (Sarcopenia) (Mitchell, 2009) ซึ่งการลดลงของความแข็งแรงกล้ามเนื้อเป็นผลมาจากการลดลงของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2 (Type II muscle fibers) ทำให้มีสัดส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (Type I muscle fibers) เพิ่มมากขึ้น คุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 คือ กล้ามเนื้อหดตัวได้เร็ว และมีการตอบสนองต่อการถูก

กระตุ้นได้เร็วกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 ดังนั้นการที่เกิดการลดลงของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีกล้ามเสี่ยงต่อการล้มเพิ่มขึ้น

กระดูกของผู้สูงอายุจะมีความหนาแน่นของมวลกระดูกลดลง 10 เท่า ในทุก ๆ 10 ปี เมื่อเทียบกับวัยรุ่น (Kanis, 2002) ซึ่งการที่ลดลงของมวลกระดูก ส่งผลต่อการเพิ่มภาวะกระดูกเปราะบางเพิ่มขึ้น (Osteopenia) และยิ่งพบว่ามีอาการที่รุนแรงมากขึ้น จนนำไปสู่โรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) ซึ่งจะเพิ่มโอกาสกระดูกหัก 10 – 15 เท่า ในผู้สูงอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป (Yates et al., 2007) การเกิดโรคกระดูกพรุนเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเมื่อเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ ทำให้ขบวนการสร้างและสลายของกระดูกไม่สมดุลกัน ทำให้ร่างกายมีความสูงลดลง หลังค่อมมากขึ้น (Kyphosis) และมีความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักได้ง่าย จะพบเพศหญิงมีความเสี่ยงต่อการลดลงของมวลกระดูกมากกว่าเพศชาย เนื่องจากเพศหญิงภายหลังหมดประจำเดือน จะไม่มีการสร้างฮอร์โมนเอสโตรเจน ที่ทำหน้าที่สร้างมวลกระดูก โดยใน 4 ปี เพศหญิงจะมีการลดลงของมวลกระดูกร้อยละ 3.4 – 4.8 และเพศชายลดลงร้อยละ 0.2 – 3.6 นอกจากนี้ผู้สูงอายุเพศหญิงจะเริ่มมีมวลกระดูกลดลงเร็วขึ้นช่วงอายุ 65 – 69 ปี ในขณะที่เพศชายจะมีการลดลงของมวลกระดูกเร็วขึ้นในช่วงอายุ 74 – 79 ปี (Alswat, 2017)

ผู้สูงอายุจะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านผิวข้อ เนื่องจากเกิดการเสื่อมสภาพ ส่งผลทำให้เกิดภาวะข้อเสื่อม (Osteoarthritis) มักเกิดที่ข้อมือ สะโพก และข้อเข่า เนื่องมาจากเป็นส่วนที่มีการรองรับน้ำหนักและถูกใช้งานตลอดเวลา จะพบการเสื่อมของข้อมือในอายุตั้งแต่ 70 ปี เพศชายมีอัตราการเกิดร้อยละ 13 และเพศหญิงร้อยละ 26 (Zhang et al., 2002) ความชุกภาวะข้อเข่าเสื่อมพบว่าช่วงอายุ 55 – 64 ปี มีอัตราการเกิดร้อยละ 26.2 และตั้งแต่อายุ 75 ปี พบอัตราการเกิดร้อยละ 16.3 – 32.8 (Jordan et al., 2007)

2) การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับผิวหนัง

ผู้สูงอายุจะมีผิวหนังที่เหี่ยวและบางเนื่องมาจากมีน้ำและไขมันใต้ผิวหนังลดลงเมื่อเทียบกับวัยรุ่น โดยเส้นใยอีลาสติน (Elastic) มีจำนวนลดลง ในทางกลับกันเส้นใยคอลลาเจน (Collagen) มีปริมาณเพิ่มขึ้น ทำให้มีความยืดหยุ่นลดลง ผิวหนังแห้งกร้าน มีจุดตกกระ (Lentigosenillis) ตามบริเวณใบหน้า และมือ เกิดจากการสะสมสารไลโปฟัสซินเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดการแตกตัวของโปรตีนและไขมัน สีของเส้นผมเปลี่ยนไป โดยเปลี่ยนเป็นสีขาวหรือเทา เนื่องจากร่างกายมีการสร้างเมลานิน (Melanin) ลดลง ผมล่วง การมีต่อมไขมันขยายใหญ่ขึ้น เนื่องจากฮอร์โมนแอนโดรเจน (Androgen) มีประสิทธิภาพลดลง แต่ปริมาณไขมันลดลงทำให้ผิวหนังมีลักษณะแห้ง และทำให้เกิดอาการคันได้ (อัสสันตชัย, 2552)

3) การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการมองเห็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงของตา คือ สายตาผู้สูงอายุ มีการสูญเสียการมองเห็นในวัตถุใกล้ๆ โดยมักจะสังเกตเห็นได้ชัดเมื่อมีอายุตั้งแต่ 40 ปี มักจะมีอาการตาล้าง่ายขึ้นจากการอ่านหนังสือ ผู้สูงอายุมีอาการมองเห็นเงา หรือจุดเล็ก ๆ ในภาพการมองเห็น โดยทั่วไปมักจะเป็นสัญญาณบ่งชี้ การเกิดจอประสาทตาลอก (Retinal detachment) จนต้องได้รับการผ่าตัด ผู้สูงอายุมีอาการตาแห้ง เนื่องจากต่อมในตาไม่สามารถผลิตน้ำตาได้ หรือไม่เพียงพอ จะมีอาการแสบตา นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการเกิดโรคเกี่ยวกับตา เช่น ต้อกระจก (Cataracts) คือ เลนท์ตาที่ขุ่นมัว ต้อกระจกมักพบในผู้สูงอายุช่วงอายุ 64 – 74 ปี มากถึงร้อยละ 50 และพบร้อยละ 70 เมื่ออายุ 75 ปีขึ้นไป (Chiwiratana, 2009) และภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Diabetic retinopathy) โดยเป็นภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นจากโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา แบ่งออกได้เป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ไม่มีความผิดปกติของการมองเห็น และระยะที่มีความผิดปกติทำให้สูญเสียการมองเห็น (พรหมเศรณี et al., 2561)

4) การเปลี่ยนแปลงทางการได้ยิน

ผู้สูงอายุจะมีประสิทธิภาพการได้ยินที่ลดลง เนื่องมาจากการเสื่อมของระบบการได้ยินเสียง ซึ่งประกอบไปด้วยอวัยวะสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่ หูชั้นกลางทำหน้าที่ตอบสนองต่อการนำเสียง หูชั้นในทำหน้าที่วิเคราะห์ความถี่และกลไกการถ่ายโอนสิ่งเร้า เส้นประสาท สำหรับการส่งสัญญาณไปที่ระบบประสาทส่วนกลาง และรับสัญญาณจากระบบประสาทส่วนกลางเพื่อส่งมายังศูนย์รับฟังส่วนกลาง ที่มีหน้าที่แยกแยะเสียงและแปลงเสียง โดยการเสื่อมของหูมาจากศูนย์รับฟังส่วนกลางเสื่อมพบได้ตั้งแต่อายุ 70 ปี (ตันติพลาชีวะ, 2551)

5) การเปลี่ยนแปลงทางระบบเผาผลาญ

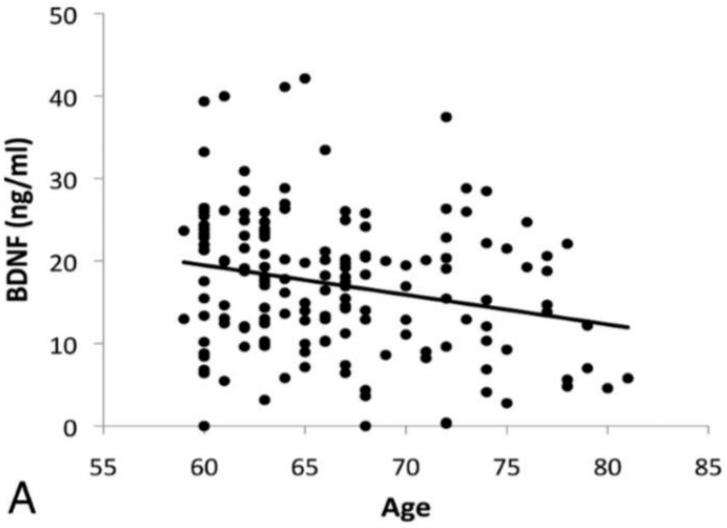
ผู้สูงอายุมีการเผลาญของร่างกายที่ลดลง อีกทั้งมีความเกี่ยวข้องกับโรค เช่น โรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 diabetes) โรคหัวใจ (Cardiovascular disease) และโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) ซึ่งภาวะดื้อต่ออินซูลิน (Insulin resistance) เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ และเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบเผาผลาญ ส่งผลให้เกิดภาวการณ์ทำงานของตับผิดปกติในการสร้างกลูโคส การกระตุ้นการสร้างเซลล์ไขมันเพิ่มขึ้น และกล้ามเนื้อไม่สามารถที่จะนำน้ำตาลสร้างเป็นพลังงานได้ ทำให้เกิดโรคอ้วนลงพุง (Abdominal obesity) จะมักพบในวัยผู้สูงอายุ (Folsom et al., 1993) ในผู้สูงอายุบางรายอาจพบภาวะอ้วนลุงพุง ทั้งที่มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ ก็อาจจะถูกบ่งชี้ว่าเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้ นอกจากนั้นผู้สูงอายุยังเกี่ยวข้องกับการเพิ่มสารตั้งต้นของการอักเสบ (Proinflammatory cytokines) ที่เป็นปัจจัยที่ทำให้เร่งขบวนการเสื่อมของร่างกายและการเกิดโรค

6) การเปลี่ยนแปลงทางระบบหัวใจและหลอดเลือด

ผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงระบบหัวใจและหลอดเลือดเป็นผลมาจากการสะสมของไขมันที่มากขึ้น โดยเฉพาะ แอลดีแอล (Low-density lipoprotein) และคอเลสเตอรอล (Cholesterol) และไตรกลีเซอร์ไรด์ (Triglyceride) มีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจซึ่งทำให้เกิดการหนาของกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างซ้าย (Eliopoulos, 2013) และลิ้นหัวใจเริ่มมีการหนาตัวมากขึ้น แข็งตัวขึ้นและมีการเพิ่มของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันธ์มีแคลเซียมไปเกาะที่ลิ้นหัวใจเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะลิ้นหัวใจเอออร์ติค (Aortic valve) ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของหัวใจในการบีบตัวลดลง มีการใช้แรงในการบีบตัวมากขึ้น และปริมาณเลือดออกในหัวใจมีปริมาณน้อย เป็นผลทำให้เกิดภาวะหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน (Acute coronary syndrome) (Hindle & Coates, 2011)

7) การเปลี่ยนแปลงทางด้านสมอง

เมื่อเริ่มเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ หรือ 60 ปีขึ้นไป ผู้สูงอายุจะมีการเปลี่ยนแปลงของสมอง คือ มีการสลายของเนื้อสมองเนื่องจากเกิดการตาย ส่วนใหญ่พบบ่อยในกลุ่มโรคอัลไซเมอร์ โรคพาร์กินสัน เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงทางด้านหลอดเลือด เนื่องจากหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงสมองหนาตัวเพิ่มขึ้นและแข็ง ส่งผลให้สมองได้รับเลือดไม่เพียงพอ เกิดอาการขาดเลือด (Ischemia) ส่งผลทำให้เนื้อสมองตายในที่สุด (Tarumi & Zhang, 2018) มักพบในผู้ป่วยเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และผู้ที่มีระดับไขมันคอลเลสเตอรอลสูง การขาดสารอาหารบางชนิด เช่น วิตามินบน 1 และวิตามินบี 12 การที่ได้รับวิตามินทั้ง 2 ชนิดนี้ไม่เพียงพอ ส่งผลให้สมองทำงานผิดปกติและเซลล์สมองตาย (Peters, 2006) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้นำไปสู่แบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง (Cognitive impairment) ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นภาวะสมองเสื่อมได้ (Dementia) อีกทั้งบีดีเอ็นเอฟในผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุเมื่อเริ่มเข้าสู่อายุ 60 ปี ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางร่างกาย จิตใจ และสมอง ผู้สูงอายุจะมีความแข็งแรงที่ลดลง มีปัญหาทางด้านจิตใจ เช่น ซึมเศร้า กังวลและระแวง เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสมอง พบว่า ผู้สูงอายุจะมีขนาดเนื้อสมองสีเทา (Gray matter) ลดลง ส่งผลให้ลดขนาดสมองส่วน Prefrontal cortex และ Entorhinal cortex ที่ส่งผลต่อการทำหน้าที่ของสมองระดับสูง (Executive function) ลดลง (Walhovd et al., 2011) นอกจากนี้ยังพบ การเปลี่ยนแปลงของสารโปรตีนบีดีเอ็นเอฟมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของอายุ คือ เมื่ออายุเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 60 ปี บีดีเอ็นเอฟจะลดลง เนื่องมาจากสมองส่วนฮิปโปแคมปัสมีการถูกกระตุ้นให้หลั่งบีดีเอ็นเอฟลดลง (Pezawas et al., 2004) อีกทั้งมีการลดลงของขนาดสมองส่วนฮิปโปแคมปัส ที่ซึ่งสามารถบ่งชี้ว่าอาจเข้าสู่ภาวะสมองเสื่อม (Dementia) เร็วกว่าปกติ (Grundman et al., 2002) ดังแสดงในรูปที่ 1




**รูปที่ 1** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างบีดีเอ็นเอฟกับอายุ

ที่มา : (Erickson et al., 2010)

1.3 ภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ (Dementia in elderly)

ภาวะสมองเสื่อม (Dementia) หมายถึงกลุ่มอาการที่เกิดจากความผิดของเปลือกสมอง (cerebral cortex) หรือวิถีประสาทที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่องเป็นมากขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้เกิดความปกติทางด้านสติปัญญา ความคิด ความจำบกพร่อง หลงลืม ทั้งความจำระยะสั้นและระยะยาว การตัดสินใจผิดพลาด มีความคิดด้านนามธรรมที่แปลกไปจากเดิม พูดซ้ำไปซ้ำมา ไม่เข้าทำพูด ไม่สามารถทำงานหรือกิจกรรมได้อย่างเดิม อีกทั้งจำเวลา สถานที่และบุคคลแบบสับสน ซึ่งอาการเหล่านี้ส่งผลต่อการเข้าสังคมหรือไม่สามารถประกอบกิจวัตประจำวันได้ (Nuckols & Nuckols, 2013)

ภาวะสมองเสื่อม (Dementia) เป็นภาวะที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุจะเริ่มมีความบกพร่องการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสาร ทักษะในการใช้ชีวิตประจำวัน ไม่สามารถที่จะตัดสินใจได้ หลงลืมทั้งสิ่งที่เพิ่งจะผ่านไปหรือผ่านไปนานแล้ว ซึ่งอาการเหล่านี้จะเป็นอย่างค่อยเป็นค่อยไป จะต่างจากภาวะเพ้อ (Delirium) ที่มักจะเกิดขึ้นได้เร็ว (ก้องเกียรติ กูณฑ์กัณทรากร, 2561) ภาวะสมองเสื่อม (Dementia) พบความชุกในผู้สูงอายุที่อายุ 60 เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทุก 5 ปี และพบมากถึงร้อยละ 30 ในผู้ที่อายุ 85 ปี ภาวะสมองเสื่อมพบมากเป็นอันดับ 3 ของโรคที่พบบ่อยและเป็นปัญหาของผู้สูงอายุ (Friedland et al., 2003) ในประเทศไทย พบว่า ผู้สูงอายุไทยมีความชุกของภาวะสมองเสื่อมอายุ 60-69 ปี พบร้อยละ 7.1 ช่วงอายุ 70-79 ปี พบร้อยละ 14.7 และอายุ 80 ปีขึ้นไป พบร้อยละ 32.5 และพบเพศหญิงมากกว่าเพศชาย (Wongsaree, 2018)

สาเหตุของโรคภาวะสมองเสื่อมชนิดที่พบบ่อย สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1) โรคที่เกิดจากความเสื่อมของอวัยวะระบบประสาทที่ทำให้เกิดสมองเสื่อม ได้แก่

1.1) โรคอัลไซเมอร์ อาการที่พบบ่อยที่สุดส่วนใหญ่ผู้ป่วยจะมีปัญหาด้านความจำ ซึ่งเป็นความจำระยะสั้นแล้วพัฒนาเป็นความจำระยะยาว การเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป ผู้ป่วยจะไม่ทราบว่าเกิดความผิดปกติของความจำอย่างไร ระยะหลังจากเกิดปัญหาความจำระยะยาวแล้ว ต่อมาอาจมีอาการด้านจิตเวช เช่น ซึมเศร้า วิตกกังวล อารมณ์เปลี่ยนแปลงเมื่อโรคดำเนินมากขึ้น ผู้ป่วยจะไม่สามารถทำกิจวัตรประจำวันมากขึ้น เช่น ประสาทหลอน หวาดระแวง เฉยเมย จนพูดหรือสื่อสารแทบไม่ได้ เคลื่อนไหวลำบากและเสียชีวิตในที่สุด

1.2) โรคสมองเสื่อมที่เกิดจากหลอดเลือด (Vascular dementia) โรคนี้พบเป็นอันดับ 2 รองจากโรคอัลไซเมอร์ ปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดโรคนั้นเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมและวิถีการดำเนินชีวิตเดิม การเกิดโรคสมองเสื่อมที่เกิดจากหลอดเลือดจะเกิดขึ้นเนื่องมาจาก เกิดภาวะสมองขาดเลือด ภาวะเลือดออกในสมอง ภาวะสมองขาดออกซิเจน และการหมุนเวียนเลือดในสมองผิดปกติ ซึ่งมีปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะเหล่านี้ได้แก่ เช่น ภาวะไขมันในเลือดสูง ภาวะความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน การดื่มสุราและแอลกอฮอล์ เป็นต้น (Song et al., 2014)

1.3) โรคสมองเสื่อมที่พบ Lewy body เกิดจากสมองมีการสะสม lewy body ที่อยู่ในเซลล์ประสาท ผู้ป่วยมักมีอาการสมองเสื่อมร่วมกับการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติไปจากเดิม มักจะเกิดขึ้นพร้อมกันหรือห่างกันไม่เกิน 1 ปี ผู้ป่วยจะมีอาการเห็นภาพหลอน มีอาการทางสมองขึ้นๆ ลงๆ ล้มง่าย หลงผิด การทำงานของระบบประสาทผิดปกติ จะเห็นได้ในผู้ป่วยโรคพากินสันในระยะท้าย (Ballard et al., 2011)

1.4) โรคสมองเสื่อม frontotemporal (Frontotemporal dementia) เป็นโรคที่พบได้น้อย มักจะพบได้ในผู้ใหญ่วัยกลางคน อาการเริ่มต้นจะปัญหาด้านการควบคุมอารมณ์ การเข้าสังคม การตัดสินใจผิดปกติ มีอาการซึมเศร้า ใช้ภาษาที่ผิดปกติ โดยจะต่างจากโณคอัลไซเมอร์ที่มีปัญหาด้านความจำ (Perry & Rosen, 2016)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) โรคทางกายหรือจิตเวชที่อาจรักษาให้กลับมาเป็นปกติได้ (potentially reversible dementia)

ผู้ป่วยมักมีโรคทางกายหรือจิตเวชหรือจิตเวชอื่นที่แสดงอาการสมองเสื่อมร่วมกับอาการโณคเดิม เช่น ภาวะขาดวิตามินบี 1 และ บี 12 ภาวะพร่องฮอร์โมนไทรอยด์ (hypothyroidism) ผลหรือพิษจากยาที่มีฤทธิ์ต่อระบบประสาท โรคทางประสาทศัลยศาสตร์ เช่น เลือดออกใต้เยื่อหุ้มสมองชั้นดูราชนิดเรื้อรัง (chronic subdural hematoma) ภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองที่มีความดันปรกติ (normal pressure hydrocephalus ) โรคทางจิตเวช เช่น ซึมเศร้า วิตกกังวล (ก้องเกียรติ กูณฑ์กัณทรากร, 2561)

1.4 พุทธิปัญญาในผู้สูงอายุ (Cognitive function in elderly)

พุทธิปัญญา หมายถึง รูปแบบของความรู้และความตระหนักที่เกิดจากกระบวนการทางสติปัญญาหรือกระบวนการทำงานของสมองด้านปัญญาระดับสูงที่เกี่ยวข้องกับความรู้ เชาว์ปัญญา ความฉลาด จินตนาการ การเรียนรู้ การวิเคราะห์อย่างมีเหตุและผล การวางแผนและการแก้ปัญหา โดยมีการแยกแยะข้อมูลของสิ่งเร้าภายในและสิ่งเร้าภายนอก (Napatpittayatorn et al., 2019) โดยใช้กระบวนการพุทธิปัญญา ที่มีความเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมด้านพุทธิปัญญา ได้แก่ การลงรหัส (Encoding) การจัดเก็บข้อมูล การได้รับข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้รับไปใช้ให้มีความสอดคล้องกับแบบพุทธิปัญญา (Cognitive style) ตามความต้องการของบุคคล (พัฒผล, 2557)

องค์ประกอบพุทธิปัญญา มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1) สมาธิ (Attention) สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภท ได้แก่

1.1) ความมุ่งเน้นความสนใจ (Focus attention) หมายถึง ความสามารถของการตอบสนองต่อตัวกระตุ้นที่แตกต่างกัน

1.2) ความยาวนานของการให้ความใส่ใจสิ่งหนึ่งสิ่งใด (Sustained attention) หมายถึง ความสามารถในการให้ความสนใจกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดเป็นระยะเวลาติดต่อกันนาน มีความหมายคล้ายกับ สมาธิ เช่น การอ่านหนังสือได้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน

1.3) การเลือกสิ่งที่ให้ความสนใจ (Selective attention) หมายถึง ความสามารถในการเลือกที่จะตอบสนองต่อตัวกระตุ้นที่แตกต่างกัน เช่น การทำงานให้เสร็จทีละอย่าง

1.4) การแบ่งความสนใจ (Divided attention) หมายถึง ความสามารถในการให้ความสนใจกับสิ่งหลายสิ่งในเวลาเดียวกัน เช่น การกิจกรรมหลายอย่างในเวลาเดียวกัน

1.5) การเลือกที่จะสนใจ (Alternating attention) หมายถึง ความสามารถในการทำกิจกรรมหลายอย่างแบบสลับกันทำในเวลาเดียวกัน เช่น ปลูกต้นไม้ขณะรดน้ำต้นไม้ เป็นต้น

1.6) สมาธิและจิตใจ (Concentration) หมายถึง ความสามารถในการทำงานที่ต้องใช้ทั้งสมาธิและจิตใจให้จดจ่อ

2) การใช้ภาษา (Using language) ความสามารถในการพูดและการรับฟัง ความสามารถในการใช้ภาษาพูด เช่น สามารถเรียกวัตถุสิ่งของได้ ใช้ภาษาพูดได้อย่างคล่องแคล่ว การใช้หลักของภาษาไทยอย่างถูกต้อง

3) ความสามารถด้านการรับรู้มิติสัมพันธ์ (Visuoconstructional perceptual ability) จะประเมินโดยการให้มองภาพ 3 มิติ จากนั้นให้เขียนตามรูปให้เหมือน ซึ่งจะด้อยประสิทธิภาพลงบ้างเมื่อเริ่มเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ พฤติกรรมที่บ่งชี้ว่าเริ่มมีความถดถอยของความสามารถด้านการรับรู้มิติสัมพันธ์ คือ ต้องพึงพาผู้อื่นในการให้พาไปยังสถานที่แห่งใหม่ ซึ่งถ้าทำคนเดียวจะพบว่า มีโอกาสหลงทางสูง สับสนเพิ่มขึ้นเมื่องานที่ทำรู้สึกว่าไม่มีสมาธิจดจออยู่กับงานนั้น

4) ความจำ (Memory) ใช้บ่งบอกความสามารถในการรับรู้ว่ารู้เกี่ยวกับเหตุการณ์ในโลกนี้ได้อย่างไร เป็นที่เชื่อกันว่าปัจจัยทางด้านอารมณ์และแรงจูงใจส่งผลอย่างมาก ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ถ้าให้จำเกี่ยวกับเรื่องราวใหม่ๆ ก็มักจะหลงลืมเนื่องจากมีการเสื่อมตามอายุ

5) การทำงานของสมองระดับสูง (Executive function) คือ ความสามารถที่ใช้ความคิดแบบนามธรรม มีการริเริ่ม วางแผนทำงานและติดตามผลให้เป็นไปด้วยความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ รวมทั้งสามารถควบคุมพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมได้ ส่วนใหญ่พบความเสื่อมสภาพจากการที่สมองมีขนาดเล็กลง เช่น ผู้ป่วยที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง หรือ อัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการทำหน้าที่ด้านพุทธิปัญญาของผู้สูงอายุจะมีความเป็นเปลี่ยนไปตามอายุที่เพิ่มมากขึ้น อาจจะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย จิตใจ สังคม โรคที่เกี่ยวข้องกับประสาทและสมอง ผู้สูงอายุสามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ได้อย่างต่อเนื่องโดยการใช้การกระตุ้นหรือการฝึกทางด้านพุทธิปัญญา ให้ผู้สูงอายุได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยความเสื่อมของพุทธิปัญญาจะเริ่มลดลงเมื่อเริ่มเข้าสู่อายุ 40 ปี และจะลดลงมากขึ้นหลังอายุ 70 ปี ทั้งนี้ขึ้นกับสติปัญญา การศึกษา การใช้ชีวิต เป็นต้น

1.5 ผู้สูงอายุที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง (Cognitive impairment in elderly)

แบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง (Cognitive impairment) หมายถึง กลุ่มอาการที่มีการทำงานของหน้าที่ในสมองที่มีการเสื่อมสภาพหรือสูญเสียหน้าที่การทำงานด้านต่าง ๆ อย่างน้อยหนึ่งด้าน ได้แก่ ด้านความใส่ใจเชิงซ้อน (complex attention) ด้านความจำ (Memory) ด้านการใช้ภาษา (Using language) ด้านการรับรู้มิติสัมพันธ์ (Visuoconstructional-perceptual ability) ด้านการทำงานของสมองระดับสูง (Executive function) และด้านการรับรู้เกี่ยวกับสังคมรอบตัว (Social cognition) โดยจะกระทบการใช้ชีวิตประจำวันเล็กน้อยแต่ต้องใช้ความพยายามเพื่อให้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้เหมือนเดิม (Nuckols & Nuckols, 2013)

ความชุกของผู้สูงอายุที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง พบว่า ต่างประเทศพบผู้สูงอายุที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องร้อยละ 21.5 – 71.3 พบความสัมพันธ์ระหว่างความบกพร่องจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุเพิ่มขึ้น สำหรับในประเทศไทยพบความชุกอัตราของผู้สูงอายุที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยร้อยละ 52.76 (Subindee & Sritanyarat, 2014) โดยแบ่งเป็นช่วงอายุ 65 – 69 ปี พบความมชุกร้อยละ 18.7 ช่วงอายุ 70 – 74 ปี พบความชุกร้อยละ 28.5 ช่วงอายุ 75 – 79 ปี พบความชุก 26.4 และตั้งแต่อายุ 80 ปีขึ้นไป พบความชุกร้อยละ 33.9 (Tsolaki et al., 2014) นอกจากนี้ หลังจากผู้ป่วยมีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย 1 - 3 ปี จะมีการพัฒนาเป็นภาวะสมองเสื่อมขึ้น ในประเทศไทยพบความชุกของผู้สูงอายุที่แบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่มาเข้ารับการบริการที่คลินิกโรคเรื้อรัง คิดเป็นร้อยละ 52.76 (สุบินดี & ศรีธัญรัตน์, 2557)

นอกจากนี้การศึกษาความชุกในจังหวัดเชียงรายพบผู้สูงอายุที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ 80.6 (ปิยภร ไพรสนธิ์ และพรสวรรค์ เชื้อเจ็ดตน, 2560) อีกทั้งการสำรวจในจังหวัดขอนแก่น กลุ่มผู้สูงอายุที่พักในอำเภอชนบท พบว่ามีผู้สูงอายุที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยร้อยละ 42.7 (ตันธนปัญญากร et al., 2019) จะเห็นได้ว่าเมื่อเริ่มเข้าสู่วัยสูงอายุผู้สูงอายุเริ่มมีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง

การบกพร่องของความจำและหน้าที่การทำงานของสมองระดับสูง (Executive function) ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีปัญหาการหลงลืมในชั่วขณะหรือถาวะ ใช้เวลาในการคิดและการตัดสินใจนานขึ้น มีความผิดพลาดในการแก้ปัญหาบ่อยครั้ง ส่งผลกระทบต่อการทำงานและการใช้ชีวิตประจำวัน ต้องการมีคนคอยดูแลเพิ่มขึ้น และมีอัตราการเสียชีวิตสูงเมื่อเทียบกับผู้สูงอายุโดยทั่วไป การเสื่อมสภาพดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตเนื่องจากมีข้อจำกัดในการดำเนินชีวิต และความพิการเพิ่มขึ้น เกิดผลกระทบด้านจิตใจ มีภาวะซึมเศร้าเพิ่มขึ้น ไม่สามารถควบคุมอารมณ์ได้ มีการแสดงออกทางอารมณ์ที่รุนแรง และอาจจะนำมาสู่การเป็นโรคอัลไซเมอร์ได้ (เมืองไพศาล, 2556) นอกจากนี้ยังพบว่าสุขภาพของผู้ดูแลผู้ป่วยที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องจะมีการเสื่อมถอยด้วย เช่น เกิดการสะสมความเครียด ปวดหลัง นอนไม่หลับ กระทบต่อสุขภาพ และเกิดโรคเกี่ยวข้องกับความเครียดตามมาได้ เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคอ้วน และโรคเบาหวาน เป็นต้น

เครื่องมือประเมินแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย ได้แก่

1) แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้น ฉบับภาษาไทย (Mini mental state exam Thai 2002 ; MMSE-T) มีค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหาเท่ากับ 1 ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบาคเท่ากับ .71 แบบทดสอบมีทั้งหมด 11 ข้อ เป็นการทดสอบระดับความสามารถของสมองในการทำหน้าที่ด้านกระบวนการความรู้คิดทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ การจดจำ การรับรู้เวลาและสถานที่ การตั้งคำถามและการคำนวณ ความจำระยะสั้น การใช้ภาษาและมิติสัมพันธ์ รวมทั้งคะแนนทั้งหมด 30 คะแนน โดยเกณฑ์การคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุที่มีระดับการศึกษาตั้งแต่ประถมศึกษาน้อยกว่า 24 คะแนน มีค่าความไว (Sensitivity) ร้อยละ 92 และค่าความจำเพาะ (Specificity) ร้อยละ 92.6

2) แบบประเมินพุทธิปัญญา (The Montreal Cognitive Assessment ; MoCA) ถูกนำมาดัดแปลงเป็นภาษาโดยโสพพัทธ์ เหมรัญโรจน์ เมื่อปี พ.ศ. 2550 สามารถประเมินพุทธิปัญญาได้แก่ ความจำระยะสั้น (Short-term memory) ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางและสิ่งแวดล้อม (Visuospatial) การทำงานของสมองระดับสูง (Executive function) สมาธิ (Attention) การใช้ภาษา (Using language) และการรับรู้เวลา สถานที่ บุคคล (Orientation) เป็นแบบประเมินที่เหมาะแก่การแยกผู้ป่วยที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย (Mild cognitive impairment) และผู้ป่วยสมองเสื่อม (dementia) ร้อยละ 90 และมีความจำเพาะในการแยกคนปกติร้อยละ 87 ทั้งนี้ถ้า

ผู้สูงอายุมีความรู้คิดบกพร่องและมีประสิทธิภาพการทำงานลดลง ควรมีการให้ทำแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้น (MMSE-T) เนื่องจากผู้ถูกทดสอบมีโอกาสสมองเสื่อมสูง แต่ถ้าอยู่ในเกณฑ์ปกติ ให้พิจารณาทำแบบประเมินพุทธิปัญญา (MoCA) เนื่องจากส่วนใหญ่ผู้ป่วยอัลไซเมอร์จะมีความผิดปกติในการทำแบบประเมินพุทธิปัญญา แต่ถ้าผู้ถูกทดสอบมีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องแต่ไม่มีความผิดปกติของประสิทธิภาพการทำงาน ให้ทำแบบประเมินพุทธิปัญญา (MoCA) ก่อน เนื่องจากแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้น (MMSE-T) ไม่สามารถคัดกรองผู้ที่มีความรู้คิดบกพร่องกับปกติได้ (Hemrungrojn et al., 2021)

**2. โรคเบาหวาน (Diabetes Miletus)**

โรคเบาหวานเป็นโรคเกี่ยวข้องกับความผิดปกติการเผาผลาญของร่างกาย เกิดจากความผิดปกติของตับอ่อนที่มีการผลิตฮอร์โมนอินซูลินไม่เพียงพอ ทำให้ขาดหรือออกฤทธิ์ได้น้อย ส่งผลให้กล้ามเนื้อไม่สามารถนำน้ำตาลในเลือดไปใช้ได้ตามปกติ ก่อให้เกิดน้ำตาลในเลือดสูงและระดับน้ำตาลสะสมในเลือดสูงขึ้นเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้เกิดหลอดเลือดแดงระดับจุลภาค (Microvascular) และมหภาค (Macrovascular) เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular disease) ภาวะแทรกซ้อนทางตา (Retinopathy) โรคปลายประสาทอักเสบ (Neuropathy) (Association, 2020a) จากสถิติผู้ป่วยเบาหวาน พบว่า ในปี ค.ศ. 2019 มีผู้ป่วยเบาหวานทั่วโลก 463 ล้านคน (ช่วงอายุ 20 – 79 ปี) (Saeedi et al., 2019) นอกจากนี้อัตราการเสียชีวิตของโรค พบว่า โรคเบาหวานมีอัตราการเสียชีวิตที่เกิดจากโรคเบาหวานเป็นอันดับ 8 ของโลก (Tao et al., 2015) จากข้อมูลของกรมควบคุมโรค สำนักโรคไม่ติดต่อได้รายงานสถิติของผู้ป่วยเบาหวานในประเทศไทยปี พ.ศ. 2561 (สำนักโรคไม่ติดต่อ, 2562) การรายงานสถิติจะแยกออกเป็นเขตบริการสุขภาพ ซึ่งมีทั้งหมด 12 เขต และกรุงเทพมหานคร พบว่า เขตบริการสุขภาพทั้ง 12 เขต มีอัตราผู้ป่วยในที่เป็นโรคเบาหวานเฉลี่ย 1,440 คนต่อประชากร 100,000 คน กรุงเทพมหานคร พบอัตราผู้ป่วยในที่เป็นโรคเบาหวาน 1,423.51 คนต่อประชากร 100,000 คน

**2.1 ประเภทของโรคเบาหวาน**

สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ตามสมาคมโรคเบาหวานแห่งสหรัฐอเมริกา (Association, 2020a)

1) โรคเบาหวานชนิดที่ 1 (Type I diabetes) เป็นสาเหตุมาจากเบต้าเซลล์ถูกทำลายทำให้ไม่สามารถผลิตฮอร์โมนอินซูลินได้ มักเกิดในวัยเด็ก

2) โรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Type II diabetes) สาเหตุเกิดจากการสูญเสียหน้าที่การทำงานของเบต้าเซลล์ เป็นผลทำให้หลั่งฮอร์โมนอินซูลินไม่เพียง หรือมีภาวะต้านทานต่ออินซูลินเพิ่มขึ้น เป็นชนิดที่พบว่าถึงร้อยละ 90 – 95 ของประเภทเบาหวานทั้งหมด

3) โรคเบาหวานขณะตั้งครรภ์ (Gestational diabetes mellitus; GDM) เกิดขึ้นในช่วงการตั้งครรภ์ไตรมาสที่ 2 – 3 เป็นชนิดของเบาหวานที่พบเห็นได้น้อยมาก

4) ประเภทเฉพาะของโรคเบาหวานที่มีสาเหตุอื่น ๆ เช่น โรคเบาหวานรูปแบบโมโนจีนิก (Monogenic diabetes syndromes) เกิดจากการกลายพันธ์ของยีนเพียงยีนเดียว โรคตับอ่อนที่เกี่ยวข้องกับการหลั่งเอนไซส์ (Cystic Fibrosis) โรคเบาหวานที่เกิดจากการใช้กลูโคคอติคอยในการรักษา HIV หรือ AIDS

**2.2 เกณฑ์การวินิจฉัยโรคเบาหวาน**

การวินิจฉัยโรคเบาหวานสามารถตรวจได้จากระดับน้ำตาสะสมในเลือดหรือระดับน้ำตาลในเลือด ดังนี้

1) น้ำตาลในเลือดหลังอดอาหารมากกว่าหรือเท่ากับ 126 มิลลิกรัมต่อเดลซิลิตร (7.0 มิลลิโมลต่อลิตร) โดยมีการอดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง สามารถทานน้ำเปล่าได้

2) หลังทานอาหาร 2 ชั่วโมง น้ำตาลในเลือดมากกว่าหรือเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อเดลซิลิตร (11.1 มิลลิโมลต่อลิตร) การทดสอบจะต้องเป็นไปตามหลักของ WHO คือ โดยการรับประทานโดยใช้กลูโคสปริมาณ 75 กรัม โดยจะต้องไม่มีน้ำละลายอยู่ด้วย

3) ระดับน้ำตาลสะสมในเลือดมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 6.5 (48 มิลลิโมลต่อโมล) ซึ่งมีคำแนะนำ คือ การทดสอบจะต้องทดสอบตามคำแนะนำของ NGSP และตามมาตราของ DCCT การใช้ระดับน้ำตาลสะสมในเลือดมีข้อได้เปรียบหลายด้านเมื่อเทียบกับ การทดสอบน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร หรือ การทดสอบน้ำตาลในเลือดหลังทานกลูโคส เช่น มีความสะดวกสบายมาก (ไม่จำเป็นต้องอดอาหาร) มีความแม่นยำและแน่นอน และลดผลที่เกิดจากภาวะแทรกซ้อนของความเครียดและการเจ็บป่วย นอกจากนี้ควรต้องพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำของค่า เช่น การรักษา HIV, อายุ, เชื้อชาติและชาติ, ภาวะตั้งครรภ์, ประวัติพันธุกรรม และ โลหิตจางกลุ่มฮีโมกลูบินผิดปกติ เป็นต้น

4) ผู้ป่วยที่มีภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) อยู่แล้วหรือภาวะฉุกเฉินจากน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemic crisis) โดยการสุ่มตรวจ น้ำตาลในเลือดมากกว่าหรือเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อเดลซิลิตร (11.1 มิลลิโมลต่อลิตร)

โรคเบาหวานสามารถป้องกันการเกิดโรคได้จากการใช้เกณฑ์การทดสอบภาวะก่อนเป็นเบาหวาน (Prediabetes) ซึ่งมักจะทำการทดสอบในช่วงวัยทำงานหรือผู้ที่ติดของหวาน มัน เค็ม โดยมีเกณฑ์การทดสอบดังนี้ (Association, 2020)

1) การทดสอบควรพิจารณาในผู้ที่มีน้ำหนักเกินเกณฑ์ หรือ อ้วน (มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือ มากกว่าเท่ากับ 23 กิโลกรัมต่อตารางเมตรสำหรับชาวเอเชีย) โดยถ้ามีข้อหนึ่งข้อใด บ่งชี้ว่ามีความเสี่ยงเป็นโรคเบาหวาน

- ญาติลำดับที่ 1 เป็นโรคเบาหวาน
- มีสัญชาติหรือเชื้อชาติที่มีความเสี่ยง เช่น เชื้อชาติแอฟริกัน-อเมริกัน ละติน-อเมริกัน เอเชีย-อเมริกัน
- มีประวัติเกี่ยวกับโรคหัวใจ
- มีความดันโลหิตสูง (มากกว่าหรือเท่ากับ 140 มิลลิเมตรปรอท หรือ ได้รับการรักษาเกี่ยวกับความดันโลหิตสูงอยู่)
- มีระดับเอชดีแอลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 35 มิลลิกรัมต่อเดลซิลิตร (0.9 มิลลิโมลต่อลิตร) และหรือ มีระดับไตรกลีเซอร์ไรด์มากกว่า 250 มิลลิกรัมต่อเดลซิลิตร (2.82 มิลลิโมลต่อลิตร)
- ผู้หญิงมีถุงน้ำรังไข่หลายใบ (Polycystic ovary syndrome)
- ไม่มีการออกกำลังกาย
- มีภาวะที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานฮอร์โมนอินซูลิน (Insulin resistance) เช่น โรคผิวหนังดำ โรคผิวหนังคล้ำ หนาและมีลักษณะเหมือนกำมะหยี่ (เหมือนผิวช้าง)

2) ผู้ป่วยที่มีภาวะระดับน้ำตาลสะสมในเลือดมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 5.7 (39 มิลลิโมลต่อโมล) ควรได้รับการทดสอบระดับน้ำตาลสะสมในเลือดทุกปี

3) ผู้หญิงที่ถูกวินิจฉัยว่าเป็นเบาหวานขณะตั้งครรภ์ ควรมีการทดสอบในทุก ๆ 3 ปี

4) ส่วนผู้ป่วยโรคอื่นที่ไม่ได้กล่าวมา ควรเริ่มมีการตรวจเมื่ออายุ 45 ปี

5) ถ้าผลปกติ ควรมีการทดสอบซ้ำภายใน 3 ปี ความถี่ของการตรวจมากขึ้นอยู่กับผลการตรวจครั้งแรกและมีสถานะเสี่ยงต่อการเกิดเบาหวาน

**2.3 กลไกการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2**

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นโรคที่มีความผิดปกติในการควบคุมน้ำตาลในเลือด เป็นภาวะที่ตับอ่อนสามารถสร้างอินซูลินได้แต่มีปริมาณไม่เพียงพอ หรือร่างกายไม่สามารถใช้อินซูลินที่ผลิตมาได้ เกิดภาวะดื้อต่ออินซูลิน ขบวนการที่ทำให้เกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้แก่

1) ความผิดปกติของการหลั่งอินซูลิน

การหลั่งอินซูลินมีด้วยกัน 2 ระยะ โดยระยะแรกของการหลั่งอินซูลินจะหลั่งออกมาภายใน 10 นาที เมื่อร่างกายมีการกระตุ้นให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเป็นระยะเวลานาน ซึ่งการตอบสนองของอินซูลินนี้จะไม่มีการตอบสนองต่อการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลในเลือดฉับพลัน การสูญเสียการทำงานของอินซูลินระยะแรกนี้ส่งผลทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการพัฒนาการเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 การทดสอบในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ส่วนใหญ่จะพบว่า ระยะแรกของการหลั่งอินซูลินจะมีการหลั่งที่ลดลง จากการทดสอบด้วยการรับประทานกลูโคส (OGTT) ระดับอินซูลินในเลือดทั้งในขณะอดอาหารและหลังรับประทานน้ำตาลยังอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่า 120 มิลลิกรัมต่อ

เดซิลิตร (6.1-6.7 มิลลิโมลต่อลิตร) (Bergman et al., 2002; Kahn et al., 1999)ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเบต้าเซลล์ได้แก่

- พันธุกรรม โดยการตรวจฝาแฝดที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่ามีพันธุกรรมคู่ที่ 12 มีความเป็นปกติของเบต้าเซลล์ (Watanabe et al., 1999) และการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมแบบซิงเกิล นิวคลีโอไทส์ โพลิมอร์ฟิซึม (Single nucleotide polymorphism) ส่งผลทำให้อินซูลินหลั่งผิดปกติ

- ภาวะกลูโคสเป็นพิษ (Glucotoxicity) เป็นภาวะที่เกิดจากร่างกายมีการอดอาหาร การใช้อินซูลินในการรักษา ยากลุ่มซัลโฟนิลยูเรีย (Sulfonylurea) หรือยาลดน้ำตาลในเลือด (Metformin) ส่งผลทำให้มีการหลั่งอินซูลินเพิ่มขึ้น (Kosaka et al., 1980; Vague & Moulin, 1982) ภาวะกลูโคสเป็นพิษส่งผลต่อภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชัน เนื่องจากเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Freedman, 2008) ทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระ ได้แก่ Reactive oxygen species (ROS) ซึ่งเป็นสารที่สำคัญที่เป็นตัวควบคุมการกระตุ้นการสร้างของเกล็ดเลือด อีกทั้งยังส่งผลต่อการลดจำนวนของเกร็ดเลือดเพื่อยับยั้งการหลั่งของไนตริกส์ออกไซส์ (Nitric oxide) (Krotz et al., 2004) นอกจากนั้นเบต้าเซลล์มีการถูกกระตุ้นให้หลั่งอินซูลินตลอดเวลาทำให้ไม่สามารถหลั่งอินซูลินได้เพียงพอ จึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาการเกิดเบาหวานชนิดขนิดที่ 2

- ภาวะไขมันเป็นพิษ (Lipotoxicity) (McGarry, 2002; Unger, 1995) เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เบต้าเซลล์สูญเสียหน้าที่การทำงาน โดยในช่วงระยะแรกของเพิ่มกรดไขมัน (Free fatty acids) เบต้าเซลล์จะกระตุ้นให้มีการหลั่งอินซูลิน ซึ่งกรดไขมันสายยาว (Long-chain fatty acid) ภายในเบต้าเซลล์จะถูกเปลี่ยนเป็น Fatty acyl-CoA ที่นำไปสู่การเพิ่มรูปแบบของกรดฟอสฟาติดิก (Phosphatidic acid) ที่ซึ่งเป็นหน่วยเล็กของฟอสโฟลิปิด (Phospholipid) และ ไดเอซิลกลีเซอรอล (Diacylglycerol) สายยาวของ Fatty acyl-CoA จะกระตุ้นการลำเลียงสารแบบ Exocytosis ทำให้ประตูของ $K^+$-ATPase ปิด ทำให้มีแคลเซียมในเซลล์เพิ่มขึ้น จึงเพิ่มการหลั่งอินซูลิน การเพิ่มขึ้นของ Fatty acyl-CoA ภายในเบต้าเซลล์จะไปกระตุ้นให้มีการเพิ่มการสร้างเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของไนตริกออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ว่ามีสารเกี่ยวข้องกับการอักเสบ เช่น Interleukin-1 และ TNF-a ที่ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เบต้าเซลล์เสื่อมสภาพการทำงานและเกิดการตาย

- อไมลิน (Amylin) หรือ “Islet amyloid polypeptide (IAPP) ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำนวน 37 ตัว ซึ่งถูกเก็บไว้ในเบต้าเซลล์ของตับอ่อนและหลั่งออกมาร่วมกับอินซูลินเมื่อมีการกินอาหารเข้าไป พบว่ามากกว่าร้อยละ 90 ของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 มีการสะสมของอไมลินในเซลล์ของตับอ่อน แต่การสะสมของอไมลินจะเป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Kahn et al., 1999)

2) ภาวะการต้านการออกฤทธิ์ของอินซูลินที่ตับและกล้ามเนื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้ป่วยโรคเบาหวานมีการลดลงของการนำสัญญาณจากอินซูลินผ่านตัวรับอินซูลิน (Insulin receptor) ทำให้เกิดความผิดปกติของการนำกลูโคสเข้าสู่เซลล์ และมีการลดการหลั่งของไนตริกออกไซด์ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าที่การทำงานของหลอดเลือด

**2.4 ภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวาน**

ภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ภาวะแทรกซ้อนฉับพลัน (Acute complication) และภาวะแทรกซ้อนเรื้อรัง (Chronic complication) มีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 ภาวะแทรกซ้อนฉับพลัน ที่พบในผู้ที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ได้แก่ ภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) และภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ (Hypoglycemia)

1) ภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1.1) เบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Diabetes out of control) การมีระดับน้ำตาลในเลือดสูง ส่งผลให้ไตมีการขับปัสสาวะออกมาบ่อยขึ้น ในปัสสาวะจะมีน้ำตาลและน้ำผสมอยู่เป็นจำนวนมาก ผู้ป่วยอาจจะมีอาการอ่อนเพลีย ขาดน้ำ ปวดศีรษะ

1.2) ภาวะเบาหวานที่มีภาวะเลือดเป็นกรดเนื่องจากสารคีโตน (Diabetic ketoacidosis; DKA) (Kitabchi & Wall, 1995) มักเกิดในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1 ที่ขาดการฉีดอินซูลิน หรือได้รับยาอินซูลินไม่เพียง หรือมีภาวะเครียดจากที่เป็นโรคเบาหวาน นอกจากนี้ภาวะเลือดเป็นกรดยังสามารถพบในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมเบาหวานไม่ดี โดยสารคีโตนเกิดขึ้นจากการขาดอินซูลินทำให้ร่างกายไม่สามารถเผาผลาญน้ำตาลได้ ทำให้ร่างกายเปลี่ยนไปเผาผลาญไขมันแทน จึงเกิดสารคีโตนขึ้นมา ผู้ป่วยจะมีอาการ หายใจมีกลิ่นคีโตนออกมา กระหายน้ำ ดื่มน้ำมาก หายใจหอบลึก หมดสติ หรืออาจเสียชีวิตได้ ในรายที่มีอาการรุนแรงจะมีการปวดท้องร่วมด้วย

1.3) ภาวะหมดสติจากระดับน้ำตาลในเลือดสูงโดยไม่มีการคั่งของกรดคีโตน (Hyperosmolar nonketotic syndrome) เป็นภาวะที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงมากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (33 มิลลิโมลต่อลิตร) ร่วมกับมีภาวะขาดน้ำรุนแรง และอาจส่งผลต่อการเสียชีวิตได้ ในภาวะนี้มักจะเกิดในโรคเบาหวานชนิดที่ 1 เนื่องจากมีการหลั่งอินซูลินไม่เพียงพอเพราะเบต้าเซลล์สูญเสียหน้าที่การทำงาน ทำให้ร่างกายเปลี่ยนแหล่งการเผาผลาญจากคาร์โบไฮเดรตไปเป็นไขมันและโปรตีนแทน น้ำตาลในเลือดจึงเพิ่มสูงขึ้น ไตมีการขับน้ำตาลออกมาทางปัสสาวะ ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ กระหายน้ำอย่างรุนแรง ส่งผลต่อการรับรู้สติเปลี่ยนแปลง หมดสติ (Delaney et al., 2000)

2) ภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ (Hypoglycemia) (Cryer et al., 2003) เป็นภาวะที่มีระดับน้ำตาลในเลือดต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อเดลซิลิตร (2.8 มิลลิโมลต่อลิตร) มักพบในผู้ป่วยเบาหวานที่ได้รับการรักษาจากการฉีดอินซูลินมากกว่าการทานยาอินซูลิน เนื่องจากปริมาณอินซูลินจากการฉีด

จะมีปริมาณสูงกว่าการทานยาทำให้มีการดึงน้ำออกจากเลือดได้มากกว่า ส่งผลต่อภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ หรืออาจพบได้ในผู้ป่วยที่ทานอาหารน้อยลง อดอาหาร เป็นต้น เมื่อระดับน้ำตาลในเลือดต่ำกว่าปกติ สมองจะมีการสั่งให้หลั่งฮอร์โมนอิฟิเนฟริน (Epinephrine) และนอร์อิฟิเนฟริน (Norepinephrin) เพิ่มขึ้นทำให้ผู้ป่วยมีลักษณะอาการใจสั่น มือสั่น คลื่นไส้ เหงื่อออก หรือรู้สึกหิว อีกทั้งส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system; CNS) ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกอ่อนเพลีย หมดแรง สับสน สมาธิลดลง พูดช้า หมดสติ และอาจจะถึงแก่ชีวิตได้ (ศรีอัษฎาพร, 2548ง)

2.4.2 ภาวะแทรกซ้อนเรื้อรัง (Chronic complication) แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ภาวะแทรกซ้อนต่อหลอดเลือดมหภาค (Macrovascular complication) และภาวะแทรกซ้อนต่อหลอดเลือดจุลภาค (Microvascular complication)

1) ภาวะแทรกซ้อนต่อหลอดเลือดระดับมหภาค (Marcovascular complication) ผู้ป่วยเบาหวานมีภาวะน้ำตาลในเลือดสูง กระทบให้ผนังหลอดเลือดเกิดการอักเสบ นำไปสู่การสูญเสียประสิทธิภาพการหดตัวและคลายตัวของหลอดเลือด เกิดไขมันเกาะตามผนังหลอดเลือดเพิ่มขึ้น แข็งและหนาตัว (Atherosclerosis) ทำให้หลอดเลือดตีบและอุดตัน จนทำให้การไหลเวียนของเลือดตามส่วนต่าง ๆ เช่น หัวใจ สมอง และหลอดเลือดส่วนปลาย เกิดอันตรายได้ โดยมีลายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1) โรคเกี่ยวข้องกับหลอดเลือดหัวใจ (Coronary artery disease) (Naito & Kasai, 2015) เกิดจากการเกาะของคราบไขมัน (Plaque) ภายในผนังหลอดเลือดหัวใจ ซึ่งเป็นการสะสมของคอเลสเตอรอลและสารต่าง ๆ ภายในหลอดเลือด ส่งผลให้หลอดเลือดตีบและอุดตันจนปิดกั้นการไหลเวียนของกระแสเลือด โดยมีสาเหตุมาจาก ความดันโลหิตสูง น้ำตาลในเลือดสูง ความเครียด และไขมันชนิดแอลดีแอลสูง ส่งผลทำให้เกิดการปิดกลั้นของหลอดเลือด ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (Ischemic heart disease) และอาจจะพัฒนาเป็นกล้ามเนื้อหัวใจตาย (Myocardial infarction) อัตราการเสียชีวิตด้วยโรคหลอดเลือดหัวใจ พบว่า พบมากถึงร้อยละ 75 ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2

1.2) โรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease; Stroke) (Zhou et al., 2014) ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จะมีภาวะการสูญเสียการทำงานของหลอดเลือดสมอง เนื่องมาจากหลอดเลือดถูกปิดกลั้นด้วยคราบไขมัน (Plaque) หรือการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือดสมอง ส่งผลให้สมองเกิดภาวะสมองขาดเลือดไปเลี้ยงชั่วคราว (Transient ischemia attack; TIA) ซึ่งบางครั้งการส่งผลต่อการเกิดหลอดเลือดสมองแตก (Hemorrhage) ซึ่งถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลือทันทีจะเสี่ยงต่อการเกิดอัมพฤกษ์ อัมพาต หรืออาจเสียชีวิตได้ โดยพบว่า ผู้ป่วยมีอัตราการเสียชีวิตร้อยละ 12-17 และมีโอกาสเป็นอัมพาตมากถึง 5 เท่า

1.3) โรคหลอดเลือดส่วนปลาย (Peripheral artery disease) ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 มีอาการปวดน่องเวลาเดินระยะทางไกล และบางรายที่อาการรุนแรงขาดทำให้เนื้อเยื่อบริเวณที่เลือดไม่สามารถไปเลี้ยงเกิดการเน่าได้

2) ภาวะแทรกซ้อนต่อหลอดเลือดระดับจุลภาค (Marcovascular complication) แบ่งออกได้ 3 ประเภท ได้แก่ โรคเบาหวานขึ้นจอตา (Diabetic retinopathy) โรคไตจากเบาหวาน (Diabetic Nephropathy) และโรคปลายประสาทอักเสบจากเบาหวาน (Diabetic neuropathy) มีรายละเอียด ดังนี้

2.1) โรคเบาหวานขึ้นจอตา (Diabetic retinopathy) มักจะพบในผู้ป่วยเบาหวานที่มีประวัติเป็นเบาหวานมานานกว่า 20 ปี โดยพบร้อยละ 80 และผู้ป่วยที่เริ่มเป็นเบาหวานส่วนใหญ่แพทย์จะมีการเฝ้าระวังเบาหวานขึ้นจอตา (Kertes & Johnson, 2007) ผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะเบาหวานกระจกตาในระยะแรกจะไม่ได้มีอาการแสดงหรืออาจจะมีปัญหาเกี่ยวกับการมองเล็กน้อย ซึ่งโรคเบาหวานขึ้นจอตาแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ เบาหวานขึ้นจอตาช่วงแรกเริ่ม (Early diabetic retinopathy) เกิดจากการที่ผนังหลอดเลือดส่วนตาอ่อนแอ หรือสูญเสียการทำงาน ทำให้น้ำและเลือดเข้าไปยังจอกระจกตา (Retina) ทำให้เกิดการบวม เบาหวานขึ้นจอตารุนแรง (Advanced diabetic retinopathy) เกิดจากหลอดเลือดถูกทำลายและมีการสร้างแขนงของหลอดเลือดเพิ่ม จากการที่มี Vascular endothelial growth factor (VEGF) เพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีเลือดออกที่ชั้นกลางของจอประสาทตาจุดเล็ก ๆ อีกทั้งมีน้ำข้นเกาะตามชั้นกลางของจอประสาทตา ทำให้เกิดพังผืดขึ้นในดวงตา ทำให้ตาบอดในที่สุด (Wang & Lo, 2018)

2.2) โรคไตจากเบาหวาน (Diabetic nephropathy) เกิดจากหลอดเลือดแดงฝอยส่วนนอกของโกเมอรูลัส (Glomerulus basement membrane) หนาตัวขึ้นและขยายขนาดของเนื้อเยื่อเมซาลเกียล (Mesangial tissue) ทำให้มีการซึมผ่านของหลอดเลือดสูงขึ้น ประสิทธิภาพการกรองปัสสาวะลดลง ในระยะแรกผู้ป่วยจะมีอัลบูมินผสมอยู่ในปัสสาวะประมาณ 30-300 มิลลิกรัมต่อวัน ทำให้หน่วยกรองไตค่อยเสื่อมลงเรื่อย ๆ ส่งผลให้เกิดการคั่งของยูเรียไนโตรเจนและครีทินิน จนเข้าสู่ภาวะไตวายระยะสุดท้าย ผู้ป่วยจะมีอาการ อาเจียน บวมน้ำ ไม่รู้สึกตัว ซึ่งระยะนี้ผู้ป่วยจำเป็นจะต้องฟอกไตเป็นประจำ

2.3) โรคปลายประสาทอักเสบในเบาหวาน (Diabetic neuropathy) (Shahbazian et al., 2013) ผู้ป่วยจะมีอาการปวดและชาบริเวณขาและเท้า ที่ส่งผลกระทบต่อระบบการย่อยอาหาร การปัสสาวะ หลอดเลือดและหัวใจ ผู้ป่วยโรคปลายประสาทอักเสบในเบาหวานเป็นภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญมาก เนื่องจากผู้ป่วยเบาหวานมีแนวโน้มมากถึงร้อยละ 50 ที่เกิดโรคปลายประสาทอักเสบ มีสาเหตุมาจากการที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นเวลานานส่งผลให้ผนังหลอดเลือดฝอยเกิดการอักเสบและเกิดการเสื่อม ทำให้ปลายประสาทอักเสบเนื่องจากไม่มีออกซิเจนและ

สารอาหารไปเลี้ยงบริเวณนั้น ซึ่งผู้ป่วยโรคปลายประสาทอักเสบในเบาหวานจะมีภาวะแทรกซ้อน เช่น สูญเสียความรู้สึกของเท้า ในบางรายที่รุนแรงจะมีการแพร่ไปที่กระดูกและทำให้เนื้อเยื่อตาย จนเกิดการเน่า และต้องผ่าตัดออกในที่สุด การติดเชื้อทางเดินปัสสาวะและท่อปัสสาวะมีการตีบแคบ เนื่องจากเส้นประสาทที่ควบคุมการทำงานของกระเพาะปัสสาวะถูกทำลาย ทำให้มีแบคทีเรียเข้าไปสะสมจนเกิดการติดเชื้อเกิดขึ้น มีปัญหาระบบการย่อยอาหาร เนื่องจากเส้นประสาทที่ควบคุมการย่อยอาหารตาย ผู้ป่วยจะมีอาการท้องเสีย ท้องอืดและอาหารไม่ย่อย มีปัญหาเกี่ยวกับอวัยวะสืบพันธ์ เพศหญิงจะไม่มีอารมณ์และความรู้สึกต่อสิ่งเร้าที่ทำให้เกิดอารมณ์ และเพศชายจะมีลักษณะหย่อนสมรรถภาพทางเพศ และมีปัญหาเกี่ยวกับการเพิ่มและลดเหงื่อ เนื่องจากเส้นประสาทที่ควบคุมต่อมเหงื่อถูกทำลายทำให้ร่างกายไม่สามารถควบคุมความร้อนได้

**2.5 บีดีเอนเอฟ (Brain-derived neurotrophic factor; BDNF) ในโรคเบาหวาน**

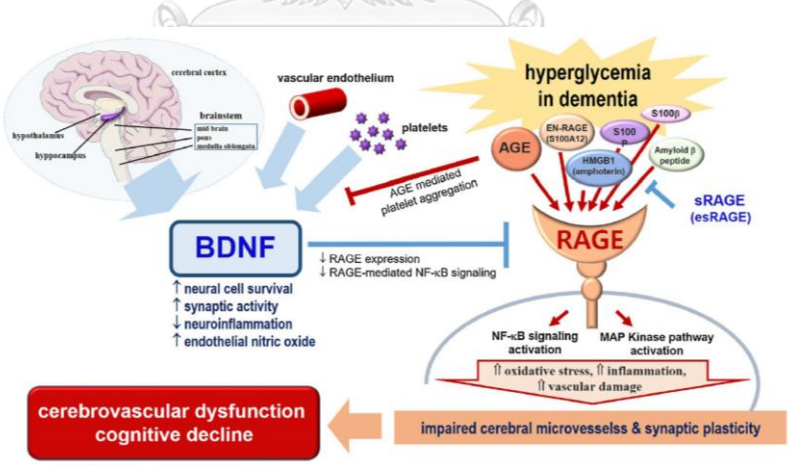
บีดีเอ็นเอฟ (BDNF) เป็นโปรตีนที่จัดอยู่ในกลุ่ม Neurotrophin ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนา การรักษาสมดุลรวมไปถึงการปรับตัวของเซลล์ประสาทที่อยู่ในระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system) และระบบประสาทส่วนปลาย (Peripheral nervous system) มีส่วนช่วยในการอยู่รอดของเซลล์ พัฒนากระบวนการเรียนรู้และความจำ ช่วยให้เกิดการแบ่งตัวของเซลล์ประสาทใหม่และให้มีการเชื่อมต่อกับประสาทด้วยกันได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งบีดีเอ็นเอฟจะพบในสมองส่วนฮิปโปแคมปัส เปลือกสมอง (Cortex) สมองใหญ่ (Cerebrum) และ Basal forebrain

บีดีเอ็นเอฟมีความสำคัญทางสรีรวิทยาด้านการพัฒนาระบบประสาท โดยบีดีเอ็นเอฟในคนทั่วไปที่ไม่มีการออกกำลังกายจะมีค่าต่ำกว่ากลุ่มผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำ เนื่องจากการออกกำลังกายจะส่งผลต่อการกระตุ้นการสร้างบีดีเอ็นเอฟมากขึ้น (Banoujaafar et al., 2016) ผลการศึกษาในการออกกำลังกายในผู้สูงอายุที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย พบว่า การออกกำลังกายสามารถช่วยเพิ่มบีดีเอ็นเอฟได้มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ออกกำลังกาย อีกทั้งการเพิ่มขึ้นของบีดีเอ็นเอฟบ่งชี้ว่ามีการพัฒนาของสมองด้านพุทธิปัญญา (Cognitive function) โดยเฉพาะส่วนหน้าที่การทำงานของสมองระดับสูง (Executive function) ได้ดีขึ้น (Napatpittayatorn et al., 2019) เป็นผลมาจากบีดีเอ็นเอฟไปกระตุ้นให้เกิดเซลล์ประสาทใหม่เพิ่มขึ้น และช่วยให้ประสาทเชื่อมต่อกันได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้และความจำดีขึ้น และอาจป้องกันไม่ให้เกิดโรคความจำเสื่อมได้ (Weinstein et al., 2014)

สำหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า โรคเบาหวานเป็นโรคชนิดหนึ่งที่ส่งผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงต่อแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง (T O'Brien et al., 2003) ที่เป็นผลมาจากร่างกายมีระดับน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) เป็นเวลานาน การที่กล้ามเนื้อไม่สามารถนำน้ำตาลเข้าสู่ไมโตคอนเดรียเพื่อสร้างเป็นพลังงานได้ หรือไม่สามารถเก็บน้ำตาลให้อยู่ในรูปไกลโคเจนที่กล้ามเนื้อ หรือที่ตับได้ เป็นผลมาจากตับอ่อนไม่สามารถที่จะหลั่งอินซูลินได้เพียงพอ หรืออินซูลินมี

ความสามารถดึงน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ได้น้อยลง จึงทำให้เกิดภาวะดื้อต่ออินซูลิน (Insulin resistance) ระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (Hemoglobin A1c; HbA1c) ตั้งแต่ร้อยละ 7 ส่งผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงการเกิดสมองเสื่อมมากถึง 5 เท่า และอัลไซส์เมอร์ 4.7 เท่า (Ramirez et al., 2015)

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของหน้าที่การทำงานของเยื่อบุผนังหลอดเลือดส่วนสมอง เช่น ทำให้เกิดไขมันสะสมมากเกินไป และการสะสม advanced glycation end products (AGE) (Basta et al., 2004) ซึ่ง AGE เป็นผลลัพท์การเกิดปฏิกิริยาของการเกิดสารสีน้ำตาลระยะสุดท้าย มาจากการที่ ไกลเคชั่น (Glycation) คือ ขบวนการเกิดสารสีน้ำตาลแบบไม่ต้องใช้เอนไซส์ เกิดจากการทำปฏิกิริยาของสารตั้งต้น 2 ชนิด ได้แก่ amino group และ carbonyl group นอกจากนี้ AGE จะไปจับกับตัวรับ AGE (RAGE) เกิดการกระตุ้นให้เกิดภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชัน (Oxidative stress) เพิ่มมากขึ้น เช่น มีการหลั่งอนุมูลอิสระ หรือ reactive oxygen species (ROS) เพิ่มขึ้น อีกทั้งกระตุ้นการหลั่งสารเกี่ยวข้องกับการอักเสบเพิ่มขึ้น เช่น C-reactive protein และ TNF- $\alpha$ ตามเยื่อบุผนังหลอดเลือด ส่งผลให้ผนังหลอดเลือดทำงานผิดปกติ เกิดการหดตัวของหลอดเลือดเพิ่มขึ้น ถ้าเกิดที่หลอดเลือดสมองส่งผลให้หลอดเลือดเกิดการตีบเพิ่มขึ้น เกิดการทำลายของเซลล์สมอง นำไปสู่ภาวการณ์รู้คิดบกพร่อง (Kim & Song, 2020) นอกจากนี้ AGE ยังมีผลต่อการยับยั้งการหลั่งและหน้าที่การทำงานของ BDNF ทำให้ BDNF ไม่มีประสิทธิภาพพอที่จะยังยั้งการเกิดกระบวนการของ AGE-RAGE ดังแสดงในรูปที่ 2




**รูปที่ 2** แสดงการทำงานของ AGE-RAGE ในโรคเบาหวานที่ทำให้เกิดภาวะสมองเสื่อม นำไปสู่การลดลงของ BDNF ในสมอง ที่มา : Kim and Song (2020)

**2.6 การรักษาโรคเบาหวานชนิดที่ 2**

โรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรัง จำเป็นที่ต้องใช้ยารักษาเป็นเวลานาน ร่วมกับการให้ความรู้เกี่ยวกับการดูแลตนเองให้กับผู้ป่วย เพื่อป้องกันการเกิดภาวะแทรกซ้อน ซึ่งการรักษามีรายละเอียดดังนี้

1) การให้ความรู้ (Education) การให้ความรู้จะช่วยให้ผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน ผู้ดูแลผู้ป่วยและผู้ที่มีภาวะเสี่ยงต่อเบาหวานได้มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับโรคเบาหวาน รวมถึงวิธีการรักษาและการดูแลตัวเอง โดยเป้าหมายของการให้ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ ทราบพฤติกรรมการดูแลตัวเอง การให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

2) โภชนบำบัด (Nutrition therapy) วัตถุประสงค์การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม คือ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการรักษา มีผลลัพธ์ของปริมาณระดับน้ำตาลสะสม แอลดีแอล เอชดีแอล ไตรกลีเซอไรส์ อยู่ในเกณฑ์ที่แนะนำ ควบคุมน้ำหนักของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ในวัยผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนักเกินหรือเป็นโรคอ้วน หรือมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวาน ควรมีจำกัดปริมาณแคลลอรี่ตามคำแนะนำ สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันสมดุลกันและควรมีการทานผักและผลไม้ ควรมีการรับประทานคาร์โบไฮเดรตที่มีดัชนีระดับน้ำตาลที่ต่ำ เช่น ธัญพืช ผัก ผลไม้ หรือพืชจำพวกตระกูลถั่ว และควรมีการหลีกเลี่ยงการดื่มแอลกอฮอลล์ น้ำหวาน น้ำอัดลม เป็นต้น

3) กิจกรรมการออกกำลังกาย (Physical activity) ตามคำแนะนำการออกกำลังกายของ The American college of sports medicine (Medicine, 2013) ได้ให้คำแนะโดยใช้หลักของ FITT ดังนี้

- ความถี่ของการออกกำลังกาย (Frequency) แนะนำให้ออกกำลังกายที่ความถี่ 3-7 วันต่อสัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ความหนักของการออกกำลังกาย (Intensity) แนะนำให้ออกกำลังกายด้วยความหนัก 40-60% ของชีพจรเป้าหมาย (Target HR) และระดับความเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion; RPE) แต่สำหรับผู้ที่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้สามารถออกกำลังกายที่ความหนักมากกว่า 60% ของชีพจรเป้าหมาย
- เวลาที่ใช้สำหรับออกกำลังกาย (Time) ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จะแนะนำให้ใช้เวลาสำหรับการออกกำลังกาย 150 นาทีต่อสัปดาห์ ด้วยความหนักของการออกกำลังกายแบบปานกลาง และสำหรับผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายที่แข็งแรง ควบคุมระดับน้ำตาลได้ดี แนะนำให้ใช้เวลาในการออกกำลังกายมากกว่าหรือเท่ากับ 300 นาทีต่อสัปดาห์ ที่ความหนักระดับปานกลางจนถึงหนัก
- ชนิดของการออกกำลังกาย (Types) เป็นกิจกรรมที่มีการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่และเป็นรูปแบบต่อเนื่อง เช่น การเดิน วิ่งเบา ว่ายน้ำ และปั่นจักรยาน

4) การรักษาด้วยการทานยา (Medicine therapy) ยาสำหรับรับประทานจะออกฤทธิ์กระตุ้นการหลั่งอินซูลิน ลดการดูซึมน้ำตาลจากทางเดินอาหารและขัดขวางการสร้างกลูโคสจากตับและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ยาที่นิยมใช้ทั่วไปมี 3 กลุ่ม คือ

4.1) ยากลุ่มซัลโฟนิลยูเรีย (Sulfonylureas) เป็นกลุ่มที่ใช้ได้ในกรณีที่ตับอ่อนยังสามารถผลิตอินซูลินได้ ซึ่งยากลุ่มนี้จะไปกระตุ้นเบต้าเซลล์ให้มีการหลั่งอินซูลินออกมาเพิ่มขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการนำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อ ไขมัน และตับได้ดียิ่งขึ้น

4.2) ยากลุ่มไบกัวไนส์ (Biguanides) หรือ เมทฟอร์มิน (Metformin) เป็นกลุ่มยาที่ช่วยในเรื่องการยับยั้งการดูดซึมกลูโคสที่ลำไส้เล็ก กระตุ้นการใช้กลูโคสของเนื้อเยื่อส่วนปลาย และยับยั้งการสร้างกลูโคสจากตับและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทำให้กลูโคสเข้าสู่เนื้อเยื่อได้ดียิ่งขึ้น

4.3) ยากลุ่มอัลฟากลูโคซิเดส อินฮิบิทเตอร์ (Alpha-glucocidase inhibitor) เป็นกลุ่มยาที่ออกฤทธิ์เฉพาะในลำไส้ โดยจะไปจับกับเอนไซส์อัลฟากลูโคซิเดส เพื่อให้ไม่ให้เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นกลูโคส ทำให้การดูดซึมกลูโคสที่ลำไส้เล็กก็จะน้อยลง

5) ยาฉีดอินซูลิน (Insulin injection) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในผู้ป่วยที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ โดยวิธีการการฉีดอินซูลินจะช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้คงที่หรือใกล้เคียงปกติ อีกทั้งไม่ทำให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ (Hypoglycemia) (Zambanini et al., 1999)

## 3. การทำงานของหลอดเลือด

**3.1 เซลล์บุผนังหลอดเลือด** (ไชยธีระพันธุ์ & เอี่ยมอ่อง, 2540)

เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดหรือเอนโดทีเลียมเซลล์ (Endothelium cell) เป็นเซลล์ชั้นเดียวที่ประกอบกันเป็นผนังชั้นในสุดของหลอดเลือด (Tunica intima) เป็นชนิดแบบซิงเกิลสความัสเซลล์ (Single squamous cell) เป็นตัวกั้นการไหนเวียนของเลือดและเนื้อเยื่อ มีความหนา 0.2-0.4 ไมโครเมตร (μm) มีลักษณะเป็นเซลล์ชั้นเดียวเรียงต่อกันเป็นแถว (Monolayer) อยู่บนเยื่อหุ้ม (Basement membrane) ด้านบนของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ ในร่างกายมนุษย์มีเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดประมาณ 1-6 X 1,013 เซลล์ และครอบคลุมพื้นที่ผิวของร่างกายมนุษย์ประมาณ 1-7 ตารางเมตร ในภาวะปกติเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดจะไม่มีการแบ่งตัว แต่จะสามารถแบ่งตัวเพื่อทดแทนเซลล์ที่หมดอายุหรือลอกออกไปได้ เซลล์ที่แบ่งตัวทดแทนจะเกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดข้างเคียงและเซลล์ชนิดอื่น ๆ เช่น ไฟโบรบลาสต์ (Fibroblast) เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle cell) และเซลล์เม็ดเลือดในระบบไหลเวียน (Circulating blood cell) เป็นต้น

หน้าที่และการทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด ((Alberts, 2017; Michiels, 2003)

3.1.1 เป็นเซลล์เป้าหมาย (Target cells) สำหรับการตอบสนองของฮอร์โมนต่าง ๆ

3.1.2 ควบคุมการแข็งตังของเลือด เป็นขบวนการละลายเลือดที่แข็งตัวหรือลิ่มเลือด ทำให้เลือดคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือด (Thrombosis and fibrinolysis)

3.1.3 ทำหน้าที่สร้างหลอดเลือดขึ้นใหม่ (Neoangeogenesis)

3.1.4 ทำหน้าที่เป็นตัวกลั้น (Barrier) ระหว่างเลือดกับเซลล์ โดยควบคุมการผ่านของสารต่าง ๆ ซึ่งเป็นตัวเลือกผ่านระหว่างโพรงของหลอดเลือดกับบริเวณรอบ ๆ เนื้อเยื่อ ควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ระหว่างเซลล์กับเม็ดเลือด และการขนส่งระหว่างเม็ดเลือดขาวเข้าและออกกระแสเลือด ควบคุมสมดุลของสารอิเลคโทรไลต์ (Electrolyte homeostasis) ทั้งภายในและภายนอกของหลอดเลือด โดยควบคุมการขนส่งน้ำและสารลลายต่างๆ

3.1.5 ทำหน้าที่เป็นเซลล์โครงสร้างหลักของหลอดเลือด (Blood vessels formation)

3.1.6 ทำหน้าที่ช่วยควบคุมการหดตัวและขยายของหลอดเลือด (Vasoconstriction and vasodilation) โดยทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเกร็ดเลือด เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ เม็ดเลือดขาวโมโนไซส์ และแมคโครฟาจ เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดจะรักษาสมดุลด้วยการควบคุมการสร้างสารกระตุ้นการหดตัวของหลอดเลือด เช่น สารก่อการแข็งตัวของหลอดเลือด (Pro-thrombotic) สารก่อการอักเสบ (Pro-inflammatory) สารก่อการแข็งตัวของหลอดเลือด (Pro-atherogenic) อาทิเช่น ซีเลคติน (Selectins) อินเตอร์เซลลูลาร์ แอ็ดฮีชั่น โมเลกุลวัน (Intercellular adhesion molecule -1; ICAM-1) วาสคูลาร์ เซลล์ แฮ้ดฮีชั่น โมเลกุลวัน (Vascular cell adhesion molecule-1; VCAM-1) อินเตอร์ลูคิน เอ็ท (Interluekin-8) โมโนไซส์ เคโมเอ็ทแทรกแตนท์ โปรตีน วัน (Monocyte chemoattractant protein-1; MCP-1) เพลทเล็ท แอคติเวติ้ง เฟคเตอร์ (Platelet-activating factor) เอ็นโดทิลิน วัน (Endothelin-1) แองจิโอ เท็นซิน ทู (Angiotensin-2) ทรอมบิน แอคติเวเทเบิล ฟิบิโนไลซิส อินฮิบิเตอร์ (Thrombin activatable fibrinolysis inhibitor) พลาสมิโนเจน แอคติเวเตอร์ อินฮิบิเตอร์ วัน (Plasminogen activator inhibitor-1) วาสคูล่า เอ็นโดทิเรียล โกส แฟคเตอร์ (Vascular endothelial growth factor; VEGF) ให้ปริมาณที่พอเหมาะกับสารกระตุ้นการคลายตัวของหลอดเลือด เช่น สารต้านการอักเสบ (Anti-inflammation) สารต้านการแข็งตัวของเลือด (Anti-thrombotic) สารต้านการแข็งตัวของหลอดเลือด (Anti-atherogenic) ได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO) พลาสตาไซคลิน (Prostacyclin; PGI2) เอนโนทิเลียมดีลีฟไฮเปอร์โพราไรซิ่ง (Endothelium-derived hyperpolarizing; EDHF) ทรอมโบโมดลิน (Thrombomodulin) เป็นต้น

3.1.7 ช่วยในการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน (Immune system)

3.1.8 ช่วยควบคุมการไหลของเลือดในเนื้อเยื่อ

3.1.9 ทำงานร่วมกับเซลล์อักเสบ (Inflammatory cells) ตรงบริเวณเนื้อเยื่อที่บาดเจ็บหรือติดเชื้อ ซึ่งจะปล่อยสารไซโตไคน์ (Cytokines) และโกรท แฟตเตอร์ (Growth factor) เพื่อช่วยในการต้านการอักเสบ

**3.2 โรคเบาหวานและการสูญเสียหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด**

3.2.1 การสูญเสียหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในภาวะการดื้อต่ออินซูลิน (Endothelial dysfunction in Insulin resistance) เกิดจากการเพิ่มการออกซิไดร์ แอลดีแอล ส่งผลให้เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดมีการถูกทำลาย ลดการสร้างไนตริกออกไซด์และเกิดการสูญเสียหน้าที่การทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Blair et al., 1999) ไขมันชนิดแอชดีแอลสามารถป้องกันการออกซิไดร์ ป้องกันการลดการตอบสนองต่ออะซีติวคลอรีน (Acetylcholine) โรคความดันโลหิตสูง และโรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดแข็งส่งผลต่อการเพิ่มการทำงานของ Angiotensin II เพราะว่าการเพิ่มความไวต่อ Angiotensin II อาจจะก่อให้เกิดการหลั่งอินซูลินสูงขึ้น (Hyperinsulinemic) จึงทำให้เกิดสภาวะการดื้อต่ออินซูลิน อีกทั้ง Angiotensin II จะกระตุ้นให้อินทาเซลลูลาร์ แอดฮีชันโมเลกุล 1 (Intracellular adhesion molecule-1) และ โมโนไซส์ คลีโมแอดเทคเทน โปรตีน 1 (Monocyte chemoattractant protein-1) ผ่านทางขบวนการ MAPK ในเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือด ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการลดการหลั่งไนตริกออกไซด์

3.2.2 ในภาวะเบาหวานเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการสูญเสียหน้าที่การทำงานของเยื่อบุผนังหลอดเลือด โดยในช่วง 5 ปีแรกของการเกิดโรคจะทำให้เกิดโรคหลอดเลือดขนาดเล็กแทรกซ้อน (Microvascular complication) ซึ่งพบว่า ชั้นเนื้อเยื่อ (Basement membrane) จะหนาตัวขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ทำให้เกิดความผิดปกติของหลอดเลือด เช่น มีการเกาะของเม็ดเลือดขาวและมีการลดการหลั่งไนตริกออกไซด์ (NO) ในภาวะเบาหวานสารอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นจะทำปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์ (NO) จนเกิดสารอนุมูลอิสระที่เรียกว่า เพอรอคซีไนไตรท (Peroxynitrite) นอกจากนี้โรคเบาหวาน เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดจะมีการหลั่งสารที่ทำให้หลอดเลือดหดตัว เช่น เอนโดทีลิน (Endothelin) ออกมาเพิ่มขึ้น ซึ่งผลโดยรวมจะทำให้หลอดเลือดตีบ เกิดการหดเกร็งของหลอดเลือด (Vasospasm) และเกิดการแข็งตัวของหลอดเลือด (Arterial stiffness) (Hadi & Al Suwaidi, 2007)

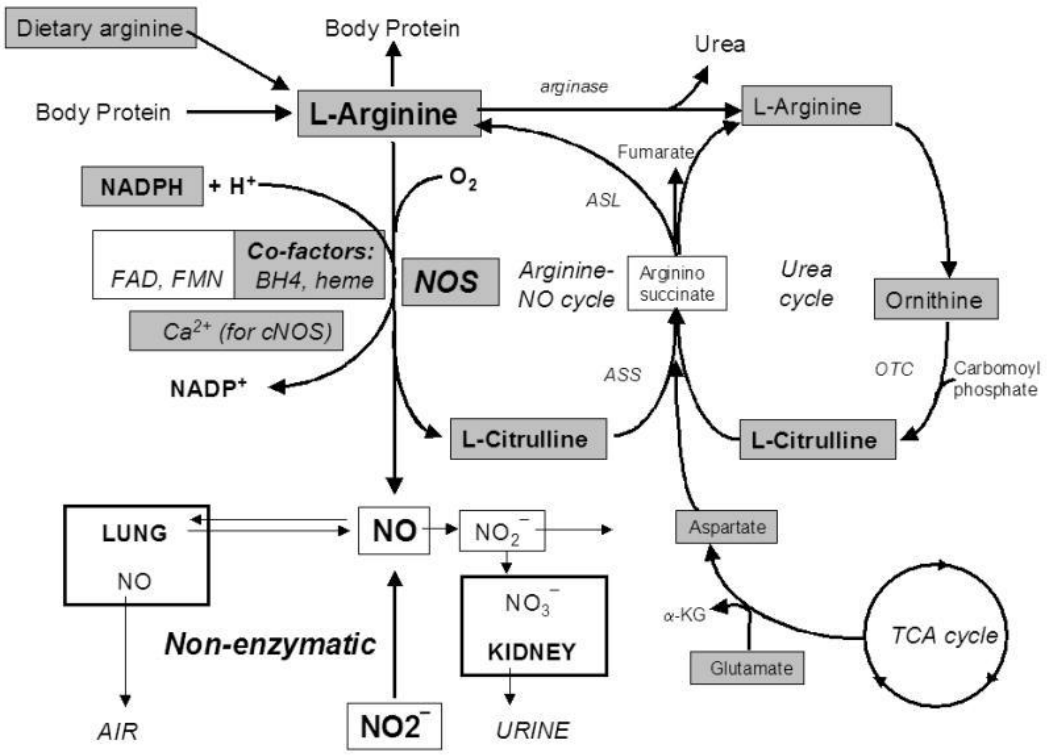
**3.3 สารชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหลอดเลือด**

1) ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; No)

ไนตริกออกไซด์มีบทบาทสำคัญในการควบคุมสมดุลของหลอดเลือด (Vascular homeostasis) โดยเป็นตัวที่ทำให้หลอดเลือดขยายตัว ช่วยในการป้องกันการแข็งตัวของหลอดเลือด (Anti-atherogenic) และคราบไขมัน (Plaque) ไนตริกออกไซด์ หรือเรียกว่า Endothelium-derived relaxing factor (EDRF) มีคุณสมบัติช่วยให้หลอดเลือดขยายตัวเช่นเดียวกับ อะแซตทริลโค

ลีน (Acetylcholine) และสามารถยับยั้งการจับตัวของเกล็ดเลือด (Platelet aggregation) กับ เกร็ดเลือดเกาะบนผนังของหลอดเลือด (Platelet Adhesion) ไนตริกออกไซด์สามารถสลายได้ทั้งในน้ำและในไขมัน จึงกระจายอยู่ทั้งไซโทพลาสซึมและเมมแบรน ไนตริกออกไซด์ที่อยู่นอกเซลล์จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและน้ำในรูปแบบไนเตรทและไนไตร สิ่งมีชีวิตสังเคราะห์ไนตริกออกไซด์ได้จากแอลอาร์จินิน (L-arginine) รูปที่ 2 โดยอาศัยปัจจัยร่วม นิโคติมาไนส์ อะดินิน ไดนิวคลิโอไทส์ ฟอตเฟต (Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate; NADPH) และมีเอนไซส์ไนตริกออกไซว์ซินเทส (Nitric oxide synthase; NOS) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และเปลี่ยนเป็นไนตริกออกไซด์และซิทรูลีน (Critulline) โดยส่วนใหญ่ไนตริกออกไซด์ถูกปล่อยออกมาจากเซลล์เยื่อผุผนังหลอดเลือดเนื่องมาจากแรงแค้น (Shear stress) ที่เกิดจากการไหลเวียนของเลือดหรือตัวรับสาร เช่น ซีโรโทนิน (Serotonin) อซิติลโคลีน (Acetylcholine)

ไนตริกออกไซด์ แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 นิรอนนอส ไนตริกออกไซด์ (Neuronal NOS; nNOS) พบมากที่สมองและกล้ามเนื้อลาย อีกทั้งยังพบได้ในระบบประสาทส่วนปลาย ชนิดที่ 2 แมคโครฟาจนอส หรืออินดูสิเบิล (Macrophage NOS หรือ Inducible NOS; iNOS) พบในแมคโครฟาจ ในหลอดเลือด กล้ามเนื้อเรียบ และชนิดที่ 3 เอนโดทริเรียลนอส (Endothelial NOS; eNOS) พบในเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือด เกร็ดเลือด นิวโทฟิลล์ สมองส่วนฮิปโปแคมปัส และเซลล์ท่อไต และพบว่าแรงเค้นที่เกิดขึ้นในหลอดเลือดเป็นตัวกระตุ้นให้เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดมีการหลั่งไนตริกออกไซด์เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้หลอดเลือดขยายตัว เพิ่มการไหลเวียนเลือดที่หลอดเลือดได้ดี (De Caterina & Libby, 2008) นอกจากนี้ ยังพบว่าการควบคุมการไหลเวียนเลือด (Cerebral blood flow regulation) เกิดจากไนตริกออกไซด์เป็นปัจจัยที่สำคัญ โดยการสร้างไนตริกออกไซด์ที่น้อยลงจะส่งผลต่อการควบคุมการไหลเวียนเลือดสู่สมองลดลง (Kamper et al., 2004) เนื่องจากไนตริกออกไซด์เป็นอนุมูลอิสระกลุ่มไนโตรเจนที่ทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) และสารที่ขยายหลอดเลือด (Vasodilator) โดยมีเอนไซส์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างไนตริกออกไซด์ คือ ไนตริกออกไซด์ ซินเทส (No synthase) ที่สร้างในเซลล์ประสาท ดังนั้นการที่มีการกระตุ้นการหลั่งเอนไซส์ไนตริกออกไซด์ ซินเทส จะทำให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ ที่ทำหน้าที่ทำให้หลอดเลือดในสมองขยายตัว ดังแสดงในรูปภาพที่ 3 จึงเพิ่มการไหลเวียนเลือดในสมอง อีกทั้งยังพบความสัมพันธ์ของไนตริกออกไซด์กับโปรตีนที่ส่งสัญญาณแบบบำรุงสมอง (Neurotrophin) ชนิดบีดีเอนเอฟ (Brain-derived neurotrophic factor; BDNF) ที่สร้างขึ้นในสมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) พบว่า การที่มีไนตริกส์ออกไซส์หลั่งเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารโปรตีนชนิด บีดีเอนเอฟ (BDNF) (Banoujaafar et al., 2016)




**รูปที่ 3** แสดงถึง ขบวนการสังเคราะห์ไนตริกออกไซด์

ที่มา : การควบคุมของไนตริกออกไซด์ในทางด้านสุขภาพและโรค (Luiking et al., 2010)

2) สารอนุมูลอิสระ (Free radicle)

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอันแพร อีเลคตรอน (Unpaired electron) อย่างน้อย 1 อิเลคตรอน อนุมูลอิสระเป็นสารที่มีปฏิกิริยาทางเคมีว่องไวมาก ไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลข้างเคียงเพื่อทำให้ตัวเองเสถียรขึ้น ในขณะเดียวกันก็ทำให้สารที่ให้อิเลคตรอนนั้นให้มีอิเลคตรอนไม่ครบคู่จนอาจกลายเป็นสารที่มีความมรุนแรง ซึ่งถ้าเกิดขึ้นในระบบสิ่งมีชีวิต ก็อาจทำอันตรายกับส่วนประกอบสำคัญของเซลล์รอบ ๆ บริเวณนั้น ทำให้สารชีวโมเลกุลเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเสียหน้าที่การทำงาน สิ่งที่นำมาใช้บอกระดับความเป็นพิษนั้นควรตัดสินด้วยความสามารถของการออกซิไดซ์ (Oxidized) สารชีวโมเลกุลในร่างกายเรียกว่า รีเอกทีพ สปีซี่ (Reactive species; RS) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ กลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (Reactive oxygen species; ROS) กลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (Reactive nitrogen species; RNS) และกลุ่มที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (Reactive choline species; RCS) ซึ่งสารบางชนิดนั้นสามารถจัดได้เป็น 2 กลุ่ม เรียกว่า เพอรอกซีไนไตรท (Peroxynitrite) ซึ่งกลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (ROS) เกิดจากการเผาผลาญอาหาร สารต่าง ๆ ขบวนการสร้างพลังงาน การหายใจระดับเซลล์ รวมถึงกลไกการป้องกันตัวเองของเชื้อจุลชีพต่าง ๆ หากร่างกายมีการสะสมสารอนุมูลอิสระที่มากเกินไปจะทำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน ส่งผลทำให้เกิดผลกระทบต่อร่างกาย โดยการ

ทำลายเนื้อเยื่อต่าง ๆ เยื่อหุ้มเซลล์ และนำไปสู่การเสื่อมของอวัยวะต่าง ๆ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคทางสมองและระบบประสาท เช่น โรคพาร์กินสัน (Parkinson disease) โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) มะเร็ง รวมไปถึงความยืดหยุ่นของผิวหนัง (Madamanchi et al., 2005)

**3.4 การประเมินการทำงานของหลอดเลือด**

วิธีการประเมิณการทำงานของหลอดเลือด ได้แก่

การวัดคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (Brachial-ankle pulse wave velocity; baPWV) ใช้ในการประเมิณการแข็งตัวของหลอดเลือด (Arterial stiffness) ซึ่งเป็นการวัดความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการสูบฉีดเลือด (Transit time) ที่หลอดเลือดบริเวณต้นแขน (Brachial artery) และหลอดเลือดบริเวณข้อเท้า (Posterior tibial artery) เพื่อตรวจวัดความยืดหยุ่นของหลอดเลือดแดง โดยการใช้เครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด (Non-invasive vascular screening device) และคำนวนค่าอัตราความเร็วของคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า จากสูตรดังต่อไปนี้ (Sugawara et al., 2005)

baPWV (cm/sec) = Distance/Transit time

เมื่อ Distance คือ ระยะทางระหว่างจุดที่วัดบริเวณต้นแขนและข้อเท้า หน่วยเป็น เซนติเมตร

Transit Time คือ เวลาที่แตกต่างกันของการสูบฉีดเลือด หน่วยเป็น วินาที

**4. การทำงานของสมองและการไหลเวียนเลือดในสมอง**

**4.1 โครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงของสมอง**

สมองของมนุษย์มีโครงสร้างและหน้า ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญต่าง ๆ ดังจะกล่าวต่อไปนี้

1) สมองใหญ่ (Cerebrum) เป็นส่วนของสมองที่ใหญ่ที่สุด มีรูปร่างเป็นก้อนคล้ายไข่ ตรงกลางของสมองมีโพรง เรียกว่า longitudinal fissure) อีกทั้งแบ่งสมองใหญ่ออกเป็น 2 ซีก เรียกว่า Left cerebral hemisphere และ Right cerebral hemisphere ผิวของสมองใหญ่มีลักษณะคล้ายคลื่น เป็นร่อง และมีเนื้อนู้น ซึ่งร่องของสมองสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่

1.1) กลีบสมองด้านหน้า (Frontal lobe) เป็นส่วนของสมองใหญ่ที่อยู่ด้านหน้า มีร่องแยกกลีบสมองด้านหน้าออกจากด้านข้าง เรียกว่า Parietal lobe พื้นที่ส่วนนี้มีลักษณะเกี่ยวข้องกับบุคลิกภาพของมนุษย์ ความสามารถด้านการเรียนรู้ ความคิดนามธรรม ความคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหาตัดสินใจ ตลอดจนควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย นอกจากนี้กลีบสมองด้านเด่น (Dominant hemisphere) ยังควบคุมเกี่ยวกับ ภาษา การพูด และการเขียน

1.2) กลีบสมองด้านข้างศีรษะ (Parietal lobe) มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการรับความรู้สึก การรับรู้ต่อการกระตุ้นต่าง ๆ เช่น ความรู้สึกสัมผัสของร่างกาย การบอกรูปร่าง การแยกจุด

สัมผัส การบอกขนาด น้ำหนักของวัตถุที่ได้สัมผัส อีกทั้งเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ ความรู้สึกร้อนและเย็น กลีบสมองด้านข้างศีรษะของสมองข้างที่เด่น (Dominant hemisphere) มีความเกี่ยวข้องกับการควบคุมความเข้าใจภาษาพูด ภาษาเขียน และการอ่าน

1.3) กลีบสมองด้านขมับ (Temporal lobe) เป็นส่วนที่อยู่ต่อจาก lateral fissure ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการได้ยินและส่งสัญญาณประสาทไปยังศูนย์การควบคุมความเข้าใจภาษา เพื่อแปลความหมายของเสียง และยังทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการรับกลิ่น อารมณ์ ความจำ เป็นต้น

1.4) กลีบสมองท้ายทอย (Occipital lobe) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น

2) ส่วนท้ายของสมองส่วนหน้า (Diencephalon) เป็นส่วนของสมองส่วยท้ายในสมองส่วนหน้า ที่อยู่ตรงกลางระหว่างสมองใหญ่ทั้งสองซีก

3) สมองส่วนกลาง (Midbrain หรือ mesencephalon) มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ของนัยน์ตาและร่างกาย รวมทั้งเป็นทางผ่านของเส้นประสาทจาก้านสมอง (Brainstem) ขึ้นไปสู่สมอง

4) สมองส่วนหลัง (Cerebellum) มีหน้าที่รับสัญญาณประสาทจากเส้นต่าง ๆ เกี่ยวข้องกับความสมดุลของร่างกาย ควบคุมและประสานงานการเคลื่อนไหวของร่างกายและนัยน์ตา

5) ก้านสมอง (Brainstem) ซึ่งเป็นสมองส่วนที่เล็กที่สุด เป็นส่วนที่เชื่อมต่อสมองใหญ่และสมองน้อยเข้ากับไขสันหลัง เป็นเส้นทางให้คำสั่งจากสมองใหญ่และสมองน้อยผ่านไปสู่เส้นประสาทสมองและเส้นประสาทสันหลังทั้งหมด แล้วยังมีศูนย์ควบคุมการหายใจ ศูนย์ควบคุมหัวใจและระบบไหลเวียนเลือดและอื่น ๆ ในสมองส่วนนี้ถ้าก้านสมองถูกกระทบกระแทกหรือถูกกดด้วยอะไรก็ตาม ผู้ป่วยมักจะหยุดหายใจ หัวใจและระบบไหลเวียนเลือดจะล้มเหลว รูม่านตาจะไม่ตอบสนองต่อแสง

6) คอปัส แคลโลซัม (Corpus callosum) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ มีลักษณะเป็นมัดของเส้นประสาทเชื่อมโยงระหว่างสมองซีกซ้ายและขวา

การเปลี่ยนแปลงของสมองในผู้สูงอายุ ปริมาณของเนื้อสมองจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วง 1 ปี ของการเกิด และจะลดลงเมื่อเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 5 พื้นฐานหลักของการเปลี่ยนแปลงสมองของผู้สูงอายุ ได้ดังนี้

1) โครงสร้างของสมองนั้นมีความเกี่ยวข้องกับภูมิต้านทานที่เป็นผลมจากการมีอายุที่เพิ่มขึ้น ที่ซึ่งจะเห็นได้ส่วนสมองรอบ ๆ Central sulcus, medial occipital และ ส่วนของ Cerebellum

2) โครงสร้างของสมองจะลดลงคู่ขนานกับผลของอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการลดลงนี้จะเห็นได้ในส่วนสมอง Thalamus, accumbent และ pallidum นอกจากนั้นยังพบว่าสมองส่วน Cortical region มีการหนาตัวมากขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

3) การพัฒนาของโครงสร้างสมองจะคงที่ในช่วงวัยผู้ใหญ่ และจะค่อยๆลดลงเมื่อเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ โดยผู้สูงอายุมีการรายงานว่าสมองจะค่อยๆเริ่มมีปริมาณลดลงโดยเฉพาะส่วนของ Cortical region แต่อย่างไรก็ตามการลดลงที่เป็นผลมาจากการมีอายุที่เพิ่มขึ้น ก็ไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ของการเสื่อมของสมองที่เพิ่มขึ้นในอัตราที่รวดเร็ว

4) การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างช่วงวัยกลางคนสามารถที่จะอ้างจากส่วนของ quadratic ที่ซึ่งช่วงแรกการเติบโตของปริมาณสมองจะเติบโตเป็นเวลานานก่อนที่เริ่มลดลงเมื่อเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ

5) ผู้สูงอายุจะเริ่มมีการสะสมของธาตุเหล็กเพิ่มมากขึ้นที่ซึ่งส่งผลต่อการรับส่งสัญญาณของประสาท

เป็นที่ทราบว่าเมื่อเริ่มเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุจะเริ่มมีการตอบสนองเพิ่มขึ้น (Reaction time) หมายความว่า การเกิดปฏิกิริยาของการรับรู้ต่าง ๆ จะช้าขึ้น เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของ Latency ของสัญญาณประสาทที่ส่งมายังระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย อีกทั้งยังพบว่า Purkinje cell ของสมองใหญ่ลดจำนวนลง เซลล์บางตัวมีการทำงานที่ผิดปกติ เช่น Spontaneous firing rate แต่ยังมีการตอบสนองต่อการกระตุ้น Climbing fiber อยู่ และ Purkinje cell จะเริ่มมีการฝ่อโดยเฉพาะส่วนปลาย ซึ่งแสดงถึงการทำงานที่ลดลง (สุดทรวง & สิงหนิยม, 2550)

**4.2 เมตาโบลิซึมของสมอง**

การเผาผลาญพลังงานส่วนใหญ่ของสมองได้มาจากกลูโคส (Glucose) และออกซิเจน ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับขบวนการออกซิเดทีฟ (Oxidative) และพลังงานที่ได้มาจากการเผาผลาญนั้นร้อยละ 60 จะมีการถูกนำไปใช้เป็นพลังงานของขบวนการ NA+/K+ -ATPase ion pumps เพื่อทำหน้าที่รักษาไอออนในเนื้อเยื่อประสาท

ขั้นตอนของการขนส่งกลูโคสมายังสมอง พบว่า ร่างกายมีการใช้ขบวนการแบบ Active transport เพื่อนำกลูโคสเข้ามายังตัวกรองกั้นระหว่างเลือดและสมอง (Blood-brain barrier) โดยกลูโคสจะผ่านทาง Transporter GLUT1 ที่หลอดเลือดฝอยของสมอง เพื่อนำกลูโคสไปยังเซลล์ค้ำจุน (Astrocyte) และผ่าน GLUT3 และ GLUT5 เป็นลำดับต่อไป ระดับกลูโคสที่สูงในเนื้อเยื่อสมองและอัตราการเผาผลาญกลูโคสของสมอง (Cerebral for metabolic rate for glucose; CMRGI) มีค่าประมาณ 30 ไมโครกรัม/ต่อน้ำหนัก 100 กรัม/นาที คิดเป็นร้อยละ 25 ของกลูโคสที่สมองเผาผลาญเทียบกับทั้งหมดของร่างกาย ดังนั้น หากเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ (Hypoglycemia) จะทำ

ให้สมองได้รับกลูโคสน้อย ทำให้ไม่มีประสิทธิภาพในการสร้างพลังงาน ซึ่งอาจจะเกิดการสูญเสียการทำงานของสมองได้

**4.3 การไหลเวียนเลือดในสมอง (Cerebral blood flow; CBF)** (Rosner et al., 2021)

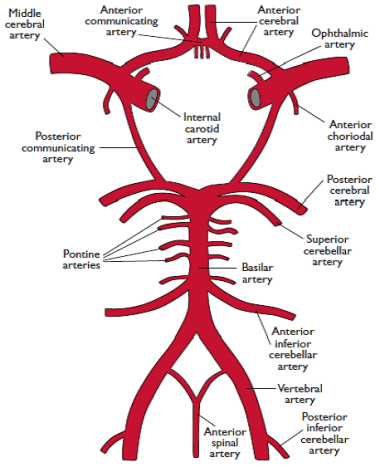
การไหลเวียนเลือดในสมองเป็นการไหลของเลือดผ่านหลอดเลือดแดงใหญ่ (Carotid arteries) ประมาณร้อยละ 70 การไหลเวียนเลือดในสมองแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนการไหลเวียนเลือดในสมองส่วนด้านหน้า (Anterior segment) และสมองส่วนหลัง (Posterior segment) โดยมีหลอดเลือดที่สำคัญ 2 คู่ คือ คู่ของหลอดเลือดอินเทอนอล แคโรติด อาเทอรี่ (Internal carotid arteries) จะเลี้ยงสมองส่วนหน้า และหลอดเลือดเวอเทเบิล อาเทอรี่ (Vertebral arteries) จะเลี้ยงส่วนก้านสมอง (Brainstem) และสมองส่วนหลัง (Posterior brain) โครงสร้างของหลอดเลือดในสมองจะเป็นวัฐจักรของวิลลิส (Circle of Willis) ดังแสดงในรูปที่ 4 หมายถึง หลอดเลือดด้านหน้าและด้านหลังของสมองจะมาเชื่อมต่อกันที่หลอดเลือด Posterior communicating arteries ดังนั้นการที่หลอดเลือดส่วนใดส่วนหนึ่งเกิดการอุดกลั้นขึ้น ก็จะส่งผลต่อสมองส่วนอื่น ๆ ให้เกิดการขาดเลือดด้วย

การไหลเวียนของเลือดในสมองส่วนหน้า (Anterior cerebral circulation) จะมีหลอดเลือดที่สำคัญต่อการไหลเวียนของสมองส่วนหน้า คือ Internal carotid arteries เป็นหลอดเลือดที่มีขนาดใหญ่เป็นแขนงที่แตกออกมาจากหลอดเลือดแคโรติด ที่ซึ่งหลอดเลือด Internal carotid arteries สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทของเส้นเลือด ได้แก่ Anterior cerebral artery (ACA) และ Middle cerebral artery (MCA) ที่ซึ่งหลอดเลือด Anterior cerebral artery มีหลอดเลือด Anterior communicating artery เป็นหลอดเลือดเชื่อมต่อระหว่างหลอดเลือด Anterior cerebral artery ทำหน้าที่เลี้ยงสมอง Frontal lobe และ Superior medial parietal lobe ของสมอง และ Middle cerebral artery ทำหน้าที่เลี้ยง Anterior temporal lobes และ Insular cortices

การไหลเวียนของเลือดในสมองส่วนหลัง (Posterior cerebral circulation) ซึ่งจะควบคุมสมองของส่วนกลีบสมองท้ายทอย (Occipital lobe) สมองส่วนหลัง (Cerebellum) และก้านสมอง (Brainstem) จะมีหลอดเลือดที่สำคัญต่อการไหลเวียนของสมองส่วนหลัง ได้แก่ Vertebral arteries เป็นหลอดเลือดที่สำคัญที่เลี้ยงส่วนของร่างกาย เช่น หัวไหล่ หน้าอกด้านข้าง และแขน หลอดเลือด Basilar artery ทำหน้าที่เลี้ยงส่วนสมองส่วนหลัง (Cerebellum) สมองส่วนตรงกลาง (Midbrain) และเป็นหลอดเลือดที่แตกแขนงออกเป็นหลอดเลือด Posterior cerebral artery ทำหน้าที่เลี้ยงกลีบสมองท้ายทอย (Occipital lobe) และสมองส่วนหลังทั้งหมด

สมองมีน้ำหนักเพียงร้อยละ 2 ของน้ำหนักทั้งหมดของร่างกาย สมองเป็นส่วนที่ได้รับเลือดคิดเป็นร้อยละ 15 ของปริมาณเลือดที่ถูกบีบออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) (ประมาณ

750 มิลลิตร/นาที) ในผู้ใหญ่ การที่มีการอุดกลั้นหรือการไหลของเลือดสู่สมองน้อยลง 20 มิลลิลิตร/100 กรัม/นาที ในเวลาไม่กี่นาที อาจทำให้หมดสติได้




**รูปที่ 4** เซอเคิล ออฟ วิลลิส (Circle of Willis)
ที่มา : แมสและซาฟดี (Maas & Safdieh, 2009)

**4.4 ความดันเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง (Cerebral perfusion pressure; CPP)**

ความดันเลือดที่ไปเลี้ยงสมองขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความดันหลอดเลือดแดงเฉลี่ย (Mean arterial pressure; MAP) และความดันในกะโหลกศีรษะ (Intracranial pressure; ICP) ดังแสดงในสูตร CPP = MAP – ICP โดยปกติความดันเลือดที่ไปเลี้ยงสมองมีค่า 70 – 80 มิลลิเมตรปรอท แต่ถ้าความดันเลือดลดลงเหลือ 30 – 40 มิลลิเมตรปรอท สมองจะอยู่ในภาวะขาดขาดออกซิเจน (Hypoxia) และขาดเลือด (Ischemia) การที่ความดันในกระโหลกศีรษะเพิ่มขึ้น 20 มิลลิเมตรปรอท จะส่งผลให้ความดันเลือดที่ไปเลี้ยงสมองลดลง ทำให้การไหลเวียนเลือดในสมองลดลงตามไปด้วย

**4.5 การควบคุมการไหลเวียนเลือดในสมอง (Control of cerebral blood flow)**

กลไกการควบคุมการไหลเวียนเลือดสู่สมองเพื่อให้ปริมาณเลือดที่ไหลตามความต้องการของสมองมีหลายกลไก ซึ่งนอกจากขบวนการเบตาบอริซึมของสมองแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ การทำงานทางระบบประสาทของสมอง (Neural activity) กระบวนการปรับตัวของหลอดเลือดสมอง (Autoregulation) การเพิ่มขึ้นของความดันในกระโหลดศีรษะ (Intracranial pressure) ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในหลอดเลือดแดง ($PaCO_2$) ความดันย่อยของก๊าซออกซิเจนในหลอดเลือดแดง ($PaO_2$) ฮีมาโตคริท (Hematocrit) อุณหภูมิ และการควบคุมการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) ปัจจัยที่ 1 การทำงานทางระบบประสาทของสมอง (Neural activity): การควบคุมการไหลเวียนของเลือดในสมองนั้นเกี่ยวข้องกับผลของการหดตัวและการขยายตัวของหลอดเลือด ที่เกิดจากฟรี แคลเซียม ไอออน (Free calcium ion) ทรอมบอกซ์แซน (Thromboxane) และแอนโดทิลิน (Endothelin) ที่ทำให้หลอดเลือดเกิดการหดตัว และสำหรับการคลายตัวของหลอดเลือดเป็นผลมาจาก ภาวะขาดออกซิเจน (Hypoxia) และการถูกกระตุ้นด้วยไฟฟ้า (Perivascular potassium) อะดิโนซีน (Adenosine) แลคเตท (Lactate) อะซิทิลโคลีน (Acetylcholine) เซเรโทนิน (Serotonin) และไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO)

2) ปัจจัยที่ 2 กระบวนการปรับตัวของหลอดเลือด (Autoregulation): เป็นกระบวนการของสมองที่ควบคุมการไหลเวียนเลือดทั้ง ๆ ที่มีความดันเลือดที่เปลี่ยนแปลง โดยปกติในมนุษย์ปริมาณการไหลเวียนเลือดในสมองจะถูกควบคุมประมาณ 50 มิลลิลิตร/100 กรัม ของเนื้อเยื่องสมองต่อนาที โดยมีความดันเลือดที่ไปเลี้ยงสมองประมาณ 60 – 160 มิลลิเมตรปรอท การที่ค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าช่วงปกติ จะทำให้กระบวนการปรับตัวของหลอดเลือดสูญเสียไป และการไหลของเลือดในสมองจะมีความสัมพันธ์กับความดันเลือดเฉลี่ยของหลอดเลือด (Mean arterial pressure; MAP) เมื่อความดันเลือดของสมองลดลงต่ำกว่าปกติจะทำให้กระบวนการปรับตัวของหลอดเลือดถูกจำกัด และเป็นสาเหตุของสมองขาดเลือด (Cerebral ischemia) ความดันเลือดดำที่สูงขึ้นส่งผลทำให้สมองบวมน้ำ ส่งผลให้มีการระบายของเสียผ่านหลอดเลือดดำลดลงและส่งผลต่อการลดการไหลเวียนเลือดในสมอง (Cipolla, 2009)

3) ปัจจัยที่ 3 ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในหลอดเลือดแดง ($PaCO_2$) : เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมาก เนื่องจากหลอดเลือดแดงฝอยในสมองมีความไวมากต่อการเปลี่ยนแปลง $PaCO_2$ (เทพอารีนันท์, 2555) ถ้า $PaCO_2$ สูงขึ้นในระดับ 3.5 กิโลพาสคาล (kPa) (26 มิลลิเมตรปรอท) และ 8 กิโลพาสคาล (60 มิลลิเมตรปรอท) จะทำให้การไหลเวียนเลือดในสมองเพิ่มขึ้น การที่ $PaCO_2$ ต่ำกว่า 3.5 กิโลพาสคาล ส่งผลให้หลอดเลือดเกิดการตีบแคบอย่างมาก เป็นผลให้ลดการไหลเวียนเลือดในสมอง ซึ่งการลดลงของ $PaCO_2$ (Hypocarbia) ที่ส่งผลต่อหลอดเลือดในสมองนั้นเป็นผลมาจากความเข้มข้นของไฮโดนเจนไอออน ($H^+$) เพิ่มขึ้น หลอดเลือดจะมีความสามารถในการหดตัวลดลง ในขณะที่ $PaCO_2$ ปกติ ค่า PH ในหลอดเลือดแดงจะลดลง ส่งผลให้ $H^+$ ไม่สามารถผ่านตัวกรองกั้นระหว่างหลอดเลือดและสมอง (Blood-brain barrier) ทำให้ไม่มีผลต่อเซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือดสมอง เป็นผลทำให้เพิ่มการไหลเวียนเลือดในสมอง

4) ปัจจัยที่ 4 ความดันย่อยของก๊าซออกซิเจนในหลอดเลือดแดง ($PaO_2$) : การตอบสนองต่อการไหลเวียนเลือดในสมองจะตอบสนองในช่วงที่ $PaO_2$ มีค่าประมาณ 6.6 กิโลปาสคาล (50 มิลลิเมตรปรอท) เนื่องจากจะส่งผลให้หลอดเลือดฝอยในสมองมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น แต่ถ้า $PaO_2$ ต่ำกว่า 6.6 กิโลปาสคาล การไหลเวียนเลือดจะเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าการไหลของหลอดเลือด

ในสมองลดลงจนมีออกซิเจนมาเลี้ยงสมองไม่เพียงพอ หลอดเลือดแดงฝอยจะขยายตัว เพื่อเพิ่มอัตราการไหลเวียนเลือดในสมองให้กลับมาเป็นปกติ (เทพอารีนันท์, 2555)

5) ปัจจัยที่ 5 อุณหภูมิ (Temperature): อุณหภูมิร่างกายที่ต่ำลงมากกว่า 35 องศาเซลเซียส จะทำให้อัตราการเผาผลาญออกซิเจนและกลูโคสลดลง ส่งผลให้ลดปริมาณการไหลเวียนเลือดที่สมอง และถ้าอุณหภูมิของร่างกายเกิน 42 องศาเซลเซียส จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อการทำงานของระบบประสาท (Neural damage)

6) ปัจจัยที่ 6 ฮีมาโตคริท (Hematocrit) : พบว่า ปริมาณฮีมาโตคริทที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการไหลเวียนเลือดมาสู่สมองลดลง เนื่องจากเลือดมีปริมาณฮีโมโกลบินมากเกินจนทำให้เลือดหนืด อย่างไรก็ตามการเจือจางของเลือด (Hemodilution) สามารถช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดสู่สมองได้

7) ปัจจัยที่ 7 การควบคุมการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system regulation): ในสมองมีเส้นประสาทชนิดซิมพาเทติกที่คอยหลั่งนอร์เอพิเนฟริน ทำให้หลอดเลือดแดงหดตัว ส่วนเส้นประสาทชนิดพาราซิมพาเทติกคอยหลั่งอะเซทิลโคลีน ทำให้หลอดเลือดแดงขยายตัว สำหรับการคลายตัวของหลอดเลือดในสมองนั้นมีความเกี่ยวข้องกับไนตริกออกไซด์ ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อเรียบผ่อนคลาย รวมไปถึงหลอดเลือดในสมอง อย่างไรก็ตามระบบประสาทอัตโนมัติมีผลต่อการไหลของเลือดในสมองน้อยมาก เนื่องจากมีการควบคุมตนเอง (Autoregulation) เป็นกลไกที่มีผลต่อการไหลของเลือดในสมองเป็นหลัก แต่ในบางภาวะ เช่น การออกกำลังกายอย่างหนัก พบว่า หลอดเลือดแดงใหญ่และกลางมีการตีบแคบลง ซึ่งเกิดจากเกิดการกระตุ้นเส้นประสาทซิมพาเทติก เพื่อลดการไหลของเลือดไปยังหลอดเลือดฝอย เพื่อป้องกันเลือดออกในสมอง ทั้งนี้สำหรับภาวะที่มีความดันเลือดแดงสูงขึ้นอย่างมาก จะมีการหลั่งนอร์อิพิเนฟรินเพิ่มขึ้นเพื่อลดปริมาณเลือดที่มาเลี้ยงสมองและป้องกันตัวกรองกั้นระหว่างหลอดเลือดและสมอง (Blood-brain barrier) ถูกทำลาย (เทพอารีนันท์, 2555)

**4.6 แบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องที่เป็นผลมาจากหลอดเลือดในโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Vascular cognitive impairment in type 2 diabetes)**

การเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จะมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงตลอดเวลา เนื่องจาก Insulin receptor เช่น GLUT-4 ที่เป็นตัวรับที่อยู่ตามกล้ามเนื้อและส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับอินซูลิน เกิดการสูญเสียหน้าที่การทำงาน ทำให้ไม่ตอบสนองต่ออินซูลิน หรือ เกิดภาวะดื้อต่ออินซูลิน (Insulin resistance) จึงไม่สามารถนำกลูโคสเข้าสู่เซลล์ได้ จึงเป็นเหตุผลทำให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (hyperglycemia) แบบเรื้อรัง การเกิด hyperglycemia จะไปกระตุ้นให้มีการหลั่งแอดวานไกลเคชันเอ็นโปรดัก (Advanced glycation end products; AGE) เป็นสารสีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาสุดท้ายที่ไม่ใช้เอนไซม์ ดังนั้นการที่ยิ่งเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูงยาวนาน จะทำให้เกิดการสะสมของ

AGE เพิ่มขึ้น (Wautier & Schmidt, 2004) โดย AGE จะเพิ่มขึ้นบริเวณเอนโดทริเรียลเซลล์ของหลอดเลือด ทั้งหลอดเลือดที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อ หัวใจ และอวัยวะต่างๆ รวมถึงหลอดเลือดสมอง AGE มีหน้าที่จับกับตัวรับที่เรียกว่า RAGE (Receptor for advanced glycation end product) ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้เกิดภาวะเครียดของออกซิเดชันเพิ่มมากขึ้น มีการกระตุ้นการหลั่ง รีเอคทีฟออกซิเจนสปรีชี่ (Reactive oxygen species; ROS) อีกทั้งกระตุ้นการหลั่งสารสื่อการอักเสบ (Inflammatory cytokines) เช่น TNF- $\alpha$, IL-1, IL-6 เป็นต้น เพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุผลให้สูญเสียหน้าที่การทำงานของเอนโดทริเรียล ลดการหลั่งไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide) ทำให้ไม่สามารถควบคุมการคลายตัวและความยืดหยุ่นของหลอดเลือด ซึ่งถ้าเกิดขึ้นที่หลอดเลือดสมอง จะทำให้ความสามารถของหลอดเลือดสมองที่คลายตัวและหดตัวเกิดการสูญเสียไป การตอบสนองของหลอดเลือดเกิดความบกพร่อง อีกทั้งเกิดความบกพร่องของการเชื่อมต่อของประสาท (Synaptic plasticity) นำไปสู่การเกิดแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องที่เป็นผลมาจากหลอดเลือด (Kim & Song, 2020)

นอกจากนี้ AGE ส่งผลต่อการยับยั้งการหลั่งและการทำงานของ BDNF (Navaratna et al., 2011) โดย BDNF มีหน้าที่ คือ เพิ่มการอยู่รอดของเซลล์ประสาทไม่ให้ถูกทำลาย เพิ่มการเชื่อมต่อของประสาท ลดการอักเสบของเส้นประสาทในสมอง และกระตุ้นการหลั่งไนตริกออกไซด์ (Lu et al., 2008) ซึ่งการถูกยับยั้งการหลั่งบีดีเอ็นเอฟ ทำให้หน้าที่ต่างๆ ของ บีดีเอ็นเอฟ เกิดการบกพร่องไป จึงทำให้ไม่มีประสิทธิภาพมากพอที่จะยับยั้งขบวนการ AGE-RAGE (Han et al., 2019) นอกจากนี้การหลั่งสารสื่อการอักเสบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ร่างกายหลั่งซีรีเอคทีฟ โปรตีน เพิ่มขึ้น ที่พบว่ามีความสัมพันธ์กับภาวะน้ำตาลในเลือดสูงที่ส่งผลต่อภาวะดื้อของอินซูลิน ทำให้สามารถลดการหลั่ง BDNF ได้เช่นกัน

ปัจจัยทางด้านอายุและโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อการลดการหลั่งอดิโพเนคติน (Adiponectin) โดยอดิโพเนคติน มีบทบาทที่สำคัญต่อร่างกายดังนี้ บทบาทการควบคุมสมดุลกลูโคสและความไวของเนื้อเยื่อต่ออินซูลิน บทบาทต่อการต้านภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง โดยการกระตุ้นการสร้างไนตริกออกไซด์ ที่เยื่อบุโพรงหลอดเลือด บทบาทต่อการต้านการอักเสบ โดยการยับยั้งการสร้างสารสื่อการอักเสบ เช่น ทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF- $\alpha$), อินเตอร์ลิวคินซิก (IL-6) และ ซีรีเอคทีฟ โปรตีน จากที่อดิโพเนคตินลดลง ส่งผลให้การทำงานของไมโตครอนเดรียเกิดการบกพร่อง ไม่สามารถนำกลูโคสมาใช้สร้างเป็นพลังงานได้ ส่งผลให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) เนื่องมาจากลดการตอบสนองของอินซูลิน ทำให้เกิดภาวะดื้ออินซูลิน นำไปสู่การเสื่อมของหลอดเลือด มากไปกว่านั้นส่งผลต่อการส่งสัญญาณของอินซูลินบกพร่องที่สมอง เป็นเหตุให้เกิดแบบประเมินพุทธิปัญญาพกพร่องที่เป็นผลมาจากหลอดเลือดได้ (Song et al., 2014)

**5. การเดินแบบนอร์ดิก (Nordic walking)**

**5.1 ประวัติความเป็นมาของการเดินแบบนอร์ดิก**

การเดินแบบนอร์ดิก หรือ การเดินร่วมกับการใช้ไม้เท้า ถูกออกแบบวิธีการเดินครั้งแรกที่ประเทศฟินแลนด์ ช่วงปี ค.ศ. 1997 ถูกพัฒนามาจากกีฬาที่นิยมของชาวฟินแลนด์ คือ Cross country skies ซึ่งเป็นกีฬาที่เล่นบนภูเขาที่มีหิมะปกคลุม โดยผู้เล่นจะขึ้นไปบนที่สูงของยอดภูเขาหรือบริเวณที่จัดเตรียมไว้ ผู้เล่นอยู่บน Snow board และมีไม้เท้าอยู่ที่มือทั้ง 2 ข้าง ผู้เล่นจะทำการทิ้งตัวลงมาจุดที่เริ่มต้น ในระหว่างทางที่เล่นจะมีการบังคับร่างกายให้มีการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายหรือขวา ตามเส้นทางของแต่ละการแข่งขันจัด โดยจะใช้ไม้เท้าเป็นตัวควบคุมกันเคลื่อนที่ต่าง ๆ ต่อมาช่วงปี ค.ศ. 1997 Exel Oy ซึ่งเป็นโรงงานที่ผลิตอุปกรณ์กีฬาของประเทศฟินแลนด์ ได้ทำการผลิตไม้เท้านอร์ดิก (Nordic walking poles) เป็นครั้งแรก อีกทั้งมีการได้นำการเดินแบบนอร์ดิกมาเป็นกิจกรรมสำหรับการออกกำลังกาย โดยไม้เท้านอร์ดิกจะมีลักษณะมีที่ยึดติดมือกับไม้เท้าตรงบริเวณหัวของไม้เท้าเพื่อช่วยให้ผู้เดินได้มีการเคลื่อนไหวแขนเต็มองศาของการเคลื่อนไหว (Fritschi et al., 2012) และ 10 ปี ต่อมา การเดินแบบนอร์ดิกได้รับความนิยมอย่างมาก พบว่ามี 8 ล้านคนจากทั่วโลกที่นำการเดินแบบนอร์ดิกมาใช้ในการออกกำลังกาย อีกทั้งได้มีการจัดตั้งสหพันธ์การเดินแบบนอร์ดิกนานาชาติขึ้นในประเทศฟินแลนด์ (International Nordic Walking Association; INWA) ซึ่งมีประเทศที่เป็นสมาชิกมากกว่า 20 ประเทศ นอกจากนี้ได้มีการคิดค้นเทคนิคการเดินหลายวิธี ได้แก่ INWA technique, Exerstriding technique, Fittrek technique และ ALFA technique โดยวิธีที่จะกล่าวในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะกล่าววิธีของ INWA technique โดยการคิดค้นของ Malin Svensson (Svensson, 2009)

**5.2 ไม้เท้าสำหรับการเดินแบบนอร์ดิก (Nordic walking poles)**

ไม้เท้าสำหรับเดินแบบนอร์ดิกจะมีความแตกต่างจากไม้เท้าเดินป่า เนื่องจากไม้เท้าเดินป่าจะมีน้ำหนักหนักกว่าและให้การสั่นไหวของไม้เท้าที่มากกว่าไม้สำหรับเดินแบบนอร์ดิก ซึ่งความสำคัญของการเดินแบบนอร์ดิก คือ เดินได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้ไม้เท้า (Poles) ที่เบาเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อรักษารูปแบบการเดินให้เป็นไปอย่างราบรื่น นอกจากนี้ไม้เท้าที่ออกแบบมาเพื่อเดินแบบนอร์ดิกสามารถที่จะใช้กับเส้นทางที่แคบ ขรุขระ และเอียงได้ ไม้ ไม้สามารถที่จะปรับความยาวของไม้ได้และมีตัวล็อคเพื่อสร้างความมั่นคงของการเดิน มีจุดปลายที่แหลม (Spike tip) บริเวณส่วนที่สัมผัสพื้นเพื่อเพิ่มการยึดเกาะของพื้นผิว เพื่อป้องกันการบาดเจ็บจากการที่ไม้เท้าไม่ยึดเกาะผิวถนน ส่งผลให้เกิดการล้มได้ แต่ทั้งนี้การที่ไม้มีจุดปลายที่แหลมจะไม่เหมาะกับการเดินบนพื้นถนนในเมืองเนื่องจากจะไปเพิ่มแรงเสียดทาน จึงได้มีอุปกรณ์เสริม คือ Asphalt paw จะมีลักษณะเหมือนหัวไม้กอล์ฟที่สำหรับพลัดลงหลุม

การเลือกซื้อไม้สำหรับเดินแบบนอร์ดิกจะเลือกถามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้และความชอบ เช่น สำหรับผู้สูงอายุจะแนะนำให้ใช้ไม้เท้าแบบที่ไม่มีสายหลังและมี Asphalt paw เพื่อเพิ่มการยึดเกาะและลดแรงเสียดทานที่เกิดจากพื้นถนน ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6 ไม้เท้าเดินนอร์ดิกมี

ที่จับที่หลายชนิด เช่น แบบจับที่มีสายหนังรัดมือสำหรับผู้ที่เดินเร็ว นักกีฬา หรือ หัวจับที่มีคุณสมบัติซับเหงื่อได้ดี เหมาะกับผู้ที่มีเหงื่อเยอะหรือใช้ในประเทศที่มีอุณหภูมิสูง ไม้เท้าเดินนอร์ดิกแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ Extensible pole, Adjustable pole และ Fixed pole โดยไม้ประเภท Extensible pole จะมีความแตกต่างจาก Adjustable pole ตรงที่ส่วน Shaft ส่วนต้น จะสามารถปรับความยาวของไม้ได้ มีการสั่นของไม้น้อยกว่า Adjustable pole แต่ไม้ชนิด Adjustable pole จะสามารถปรับความยาวได้ทั้งส่วนต้นและส่วนท้ายของ shaft และไม้เท้าชนิด Fixed pole จะไม่สามารถปรับความยาวของไม้ได้ ซึ่งจะเหมาะกับผู้สูงอายุเพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงกลไกการเดิน ดังแสดงในตารางที่ 3

**รูปที่ 5** ชนิดไม้เท้าสำหรับเดินแบบนอร์ดิกที่ไม่มีสายหลังและมี Asphalt paw ที่มา : มาวิน สเวนสัน (Svensson, 2009)

**รูปที่ 6** แสดงหัวไม้สำหรับจับแต่ละชนิดที่มา : มาวิน สเวนสัน (Svensson, 2009)

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของไม้เท้านอร์ดิกแต่ละชนิด

| รายละเอียด | ชนิดของไม้ |
|---|---|

| | ปรับความยาวไม่ได้ | ปรับความยาวได้แค่ส่วนต้น | ปรับความยาวได้ทุกส่วน |
|---|---|---|---|
| สามารถเพิ่มความหนักของไม้ได้ | | X | X |
| ต้องปรับขนาดก่อนที่จะเริ่มเดิน | | X | X |
| ง่ายต่อการเอาขึ้นเครื่องบิน | | | X |
| จำเป็นต้องใช้ถุงเฉพาะในการเอาขึ้นเครื่องบิน | X | X | |
| จับได้ง่าย และสามารถเริ่มเดินได้เลย | X | | |
| ปรับความสูงตามผู้ใช้ได้ | | | X |
| ไม่มีส่วนเชื่อมต่อกันที่ไม่แข็งแรง | X | | |
| เกิดแรงสั่นมาก | | X | X |

ที่มา : มาวิน สเวนสัน (Svensson, 2009)

นอกจากนี้การเลือกความเหมาะสมของไม้เท้านอร์ดิกต้องคำนึงถึง 6 ปัจจัย ได้แก่ ความยาวของไม้เท้า (Length) สายรัด (Straps) ด้ามจับ (Grips) ก้านของไม้เท้า (Shaft) ปลายแหลมของไม้เท้า (Spike tip) จุกครอบปลายแหลม (Asphalt paw) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ความยาวของไม้เท้า (Length) การวัดความสูงของไม้ที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคล มีการวัดด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 การคำนวณด้วยสูตร Length = hight (cm) x 0.65 (Schwanbeck, 2014) ซึ่งวิธีนี้เป็นการคำนวนคร่าวๆ ทั้งนี้ยังมีปัจจัยด้านความยาวของแต่ละส่วนร่างกายที่ต่างกัน เช่น บางคนมีช่วงขาที่ยาวแต่ช่วงบนสั้น หรือ บางคนมีช่วงขาที่สั้นแต่ช่วงบนที่ยาว วิธีที่ 2 วัดความยาวของไม้เท้าด้วยการวัดความสูงชองข้อถึงพื้น คือ การให้ถือไม้เท้า จากนั้นยืนนิ่งโดยการใส่รองเท้า และทำการงอศอก 90 องศา จะได้ความยาวที่เหมาะสมแต่ละบุคคล แต่ความยาวของไม้ที่พอดีในแต่ละบุคคลนั้นค่อนข้างที่จะหาซื้อได้ยาก ซึ่งอาจจะต้องสั่งทำพิเศษ จึงได้มีการกำหนดช่วงความยาวของไม้เท้ากับช่วงความสูงของผู้ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงความยาวของไม้เท้าตามช่วงความสูงของแต่ละบุคคล

| ความสูงของผู้ใช้ | ความสูงของไม้ที่เหมาะสม |
|---|---|
| 145 – 150 เซนติเมตร | 100 เซนติเมตร |
| 150 – 160 เซนติเมตร | 105 เซนติเมตร |
| 160 – 165 เซนติเมตร | 110 เซนติเมตร |

| | |
|---|---|
| 165 – 175 เซนติเมตร | 115 เซนติเมตร |
| 175 – 180 เซนติเมตร | 120 เซนติเมตร |
| 180 – 185 เซนติเมตร | 125 เซนติเมตร |
| 185 – 190 เซนติเมตร | 130 เซนติเมตร |

ที่มา : มาวิน สเวนสัน (Svensson, 2009)

2) สายรัด (Straps) มีคุณสมบัติในการช่วงการทำงานของมือในการถ่ายเทแรงระหว่างช่วงการ Planting จนถึงช่วง Pushing back ของไม้เท้า ซึ่งในช่วงหลังจาก Pushing back มือจะมีการคลายจากด้ามจับ โดยสายรัดจะเป็นตัวที่ยึดไม้ติดกับแขน แม้กระทั้งมือจะไม่ได้จับไม้แล้วก็ตาม ขนาดของมือมีผลต่อการเลือดขนาดของสายรัด เนื่องจากถ้าขนาดของมือเล็กแต่ใช้สายรัดที่มีขนาดใหญ่ จะส่งผลทำให้สายรัดไม่สามารถยึดแขนติดกับไม้เท้าขณะหลังจาก Pushing back ซึ่งยากต่อการควบคุมไม้เท้าขณะเดิน ในผู้สูงอายุจะแนะนำให้ใช้ไม้เท้าที่ไม่มีสายรัดเนื่องจากผู้สูงอายุไม่จำเป็นต้องเรียนรู้เทคนิคการเดินแบบนอร์ดิกที่ยากเกินไป อีกทั้งผู้สูงอายุจะไม่รู้สึกอึดอัด

3) ด้ามจับ (Grips) ในปี ค.ศ. 2002 ด้ามจับถูกออกแบบมาให้มีลักษณะแนวตรงและทำจากยาง แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาด้ามจับให้มีลักษณะงอและจับถนัดมือมากขึ้น อีกทั้งวัสดุทำมาจาก ยาง พลาสติก หรือไม้ก๊อก ซึ่งถ้าผู้ใช้อยู่ในประเทศที่มีอุณหภูมิสูง และเป็นผู้ที่เหงื่อออกง่าย แนะนำให้ใช้ด้ามจับที่เป็นยาง เพราะสามารถดูดซับเหงื่อได้

4) ก้านของไม้เท้า (Shaft) ควรมีลักษณะน้ำหนักเบา ส่งผลให้สามารถรักษารูปแบบการแกว่งแขนสม่ำเสมอได้ วัสดุส่วนใหญ่แล้วจะทำมาจาก คาร์บอนไฟเบอร์ หรือ อลูมิเนียม โดยคุณสมบัติของคาร์บอนไฟเบอร์จะมีน้ำหนักเบากว่าอลูมิเนียม แต่อลูมิเนียมจะมีการสั่นของไม้มากกว่า วัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้ จะมีคุณสมบัติของความทนทานและความสามารถในการงอที่เหมือนกัน นอกจากนี้วัสดุคาร์บอนไฟเบอร์จะแตกหักได้ง่ายกว่า แต่อลูมิเนียมเนื่องจากที่มีการสั่นมากจะส่งผลทำให้ขณะเดินร่างกายจะมีการดูดซึมแรงสั่นส่งผลให้ข้อต่อ เช่น ข้อมือ ข้อศอก หัวไหล่ เกิดการบาดเจ็บได้

5) ปลายแหลมของไม้เท้า (Spike tip) ไม้เท้าเดินป่าและไม้เท้าเดินแบบนอร์ดิกจะมีปลายแหลมที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ปลายแหลมของไม้เท้าเดินป่าจะตั้งตรง ซึ่งจะเหมาะกับการเดินในป่า ที่ซึ่งมีความลาดชัน แต่สำหรับไม้เท้านอร์ดิก ปลายแหลมจะมีองศาที่พอดีกับด้ามจับ ทำให้การเดินมีความต่อเนื่องและปลอดภัย

6) จุกครอบปลายแหลม (Asphalt paws) เปรียบเสมือนรองเท้าเล็ก ๆ ที่ใส่ไว้ในปลายแหลมของไม้เท้า เหมาะสำหรับผู้ที่หัดใช้ไม้เท้าเดินแบบนอร์ดิกหรือผู้สูงอายุ เพื่อให้สามารถใช้ไม้เท้าได้ทุกพื้นผิว ไม่ว่าจะเป็น บนสนามหญ้า บนทราย บนดิน บนถนน เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**5.3 การเดินแบบนอร์ดิกพื้นฐานและกล้ามเนื้อที่ใช้งาน**

การเดินแบบนอร์ดิกเป็นการรูปแบบการเดินปกติทั่วไป เพียงแต่เดินร่วมกับการใช้ไม้เท้า ดังนั้นผู้เริ่มแรกของการเดินแบบนอร์ดิกจะรู้สึกไม่สะดวกสบายเท่ากับการเดินไม่ใช้ไม้เท้า Svensson จึงได้แนะนำผู้ฝึกหัดให้เริ่มฝึกสร้างความคุ้นเคยจากการเดินปกติก่อนที่จะเริ่มมีการใช้ไม้เท้า เทคนิคการเดินประกอบด้วย 10 ขั้นตอนที่ Svensson ได้จำแนกออกมา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.3.1 ขั้นที่ 1 Heel strike first คือ ทุกครั้งของการเดินที่เท้าที่ก้าวไปด้านหน้าและสัมผัสพื้น ช่วงที่สัมผัสพื้นจะต้องใช้ส้นเท้าสัมผัสพื้นก่อนทุกครั้งของการเดิน

5.3.2 ขั้นที่ 2 Rock and Roll like a Rocker คือ ช่วงที่ส้นเท้าสัมผัสพื้นถึงฝ่าเท้าสัมผัสพื้นเต็มผ่าเท้า เปรียบเสมือนเก้าอี้โยกขณะโยกไปมา ช่วงนี้มีข้อควรระวัง คือ ควรหลีกเลี่ยงการบิดเข้าด้านในของฝ่าเท้า (Pronation) ช่วงเท้าสัมผัสพื้น (Landing phase) เนื่องจากการที่เท้าบิดเข่าด้านใน จะส่งผลทำให้เข่าและสะโพกเกิดการบิดตาม (Kinetic chain) ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มการบาดเจ็บได้

5.3.3 ขั้นที่ 3 Heel come off the ground คือ ช่วงที่น้ำหนักมีการถ่ายเทไปที่บริเวณปลายเท้าเพื่อพร้อมที่จะออกแรงถีบ ก้าวเดินต่อไป

5.3.4 ขั้นที่ 4 Put off with the ball of the foot คือ ช่วงที่น้ำหนักของร่างกายถ่ายเทมาที่บริเวณปลายเท้า และทำการถีบออกไป ช่วงนี้ควรมีการให้ผู้หัดเดินได้สัมผัสความรู้สึกของช่วงที่ปลายเท้าทำการถีบพื้นออกไป

5.3.5 ขั้นที่ 5 Activate the buttocks คือ ช่วงที่ปลายเท้าทำการพลักออกไป ช่วงนี้จะมีอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อก้น ทั้งช่วยในการควบคุมการทรงตัว (ขาข้างตรงข้าม) และช่วยในการออกแรงพลัก (ขาข้างเดียวกัน) ควรฝึกให้รับรู้ถึงการทำงานของกล้ามเนื้อก้น เช่น อาจจะเอามือสัมผัสบริเวณก้นขณะที่ปลายเท้าพลักออก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3.6 ขั้นที่ 6 Lean forward คือ การเดินช่วงที่ปลายเท้าพลักออก ลำตัวควรมีการโน้มไปด้านหน้าเพื่อช่วยในการถ่ายเทน้ำหนักและทำให้เกิดโมเมนตัมของการเดินที่ราบรื่นขึ้น อีกทั้งควรเน้นการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวขณะที่กระดูกสะโพรกอยู่ในตำแหน่งปกติ เพื่อหลีกเลี่ยงการพับของเอวและรอบ ๆ บริเวณหลัง ป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นกับหลัง

5.3.7 ขั้นที่ 7 Arm meets opposite leg คือ จังหวะของการเดินขาและแขนจะต้องสัมพันธ์กัน โดยเมื่อแขนข้างขวาแกว่งไปด้านหน้า ขาข้างซ้ายยกเหนือพื้นเพื่อก้าวไปด้านหน้า และแขนข้างซ้ายแกว่งไปด้านหน้า ขาข้างขวายกเหนือพื้นเพื่อก้าวไปด้านหน้าเช่นกัน ซึ่งจะต้องมีการฝึกให้แขนและขาสัมพันธ์กันในลักษณะตรงกันข้าม

5.3.8 ขั้นที่ 8 Use and Even and Straight Arm Swing คือ การแกว่งของแขนไปด้านหน้ามากเท่าไร ก็จะแกว่งแขนไปด้านหลังมากเท่านั้น ซึ่งการแกว่งแขนในลักษณะนี้จะช่วยในการ

ถ่ายเทแรงอย่างต่อเนื่อง ควรมีการบันทึกวีดีโอไว้เพื่อดูลักษณะการแกว่งแขนของตนว่าสัมพันธ์กันหรือไม่ การแกว่งแขนอย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องแกว่งแขนในลักษณะแนวตรง ไม่ไขว้ด้านหน้า หรือมีการหมุนแขนขณะแกว่งไปด้านหลัง

5.3.9 ขั้นที่ 9 Slightly Twist the Rib Cage คือ ช่วงการเดิน หน้าจะต้องมองตรงและยืดอก ไม่ควรมีการบิดหมุนของลำตัวมากเกินไป ควรมีการเกร็งกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวเพื่อลดการเคลื่อนไหวของลำตัว ข้อผิดพลาดที่พบได้เห็นบ่อย คือ มีการเคลื่อนไหวของไหล่โดยปราศจากการหมุนของลำตัวเล็กน้อย

5.3.10 ขั้นที่ 10 Walking in balance คือ การเดินจะต้องมีความสัมพันธ์กันระหว่างรยางค์บนและรยางค์ล่าง เน้นการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว การสร้างความมั่นคงให้กับหัวไหล่ เป็นต้น

เมื่อผู้ฝึกสามารถเดินได้แบบธรรมชาติและถูกต้องแล้ว ต่อมาผู้ฝึกจะเริ่มใช้ไม้เท้าร่วมกับการเดิน โดยมีเทคนิคการเดินแบบนอร์ดิกด้วยไม้เท้า ดังนี้

1) ค้นหาจังหวะของการเดินที่เป็นธรรมชาติมากที่สุด โดยเริ่มแรกให้ยืนนิ่งๆมือถือไม้เท้า ซึ่งจุดปลายแหลมของไม้สัมผัสพื้นไปทางด้านหลัง ผ่อนคลายแขนและหัวไหล่ ถ้าไม้เท้ามีสายรัดให้รัดที่ข้อมือแต่มือจะไม่ได้จับหัวไม้ เพื่อเป็นการฝึกเดินในขณะที่มือไม่ได้จับไม้เท้าแต่ไม่เท้าจะถูกยึดติดกับแขนด้วยสายรัด เพื่อหาจังหวะของการเดินที่เหมาะสม ในขณะที่เดินให้ตรวจสอบด้วยว่าแขนและขามีความสัมพันธ์กันไหม แขนข้างซ้ายแกว่งไปด้านหน้าพร้อมกับขาข้างขวาก้าวมาด้านหน้าหรือไม่ เมื่อค้นเคยกับจังหวะการเดินแล้ว ต่อมาให้เดินแล้วมือจับหัวไม้ไปด้วย

2) การปักของไม้ที่ระดับการทักทายด้วยการจับมือ ระดับความสูงของมือที่แกว่งมาด้านหน้าควรสูงเท่ากับระดับของสะดือ และการปักของไม้จะต้องปักในระดับเดียวกับความสูงของมือที่ระดับสะดือ และการจับไม้จะต้องไม่จับแน่นจนเกินไป นอกจากนี้จะรู้สึกการทำงานของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกาย และต้องไม่ลากไม้ในช่วงที่แขนแกว่งมาด้านหน้า

3) ดึงแขนกลับไปที่สะโพก ในขณะที่ทำการปักไม้ ที่ซึ่งไม่ควรปักในลักษณะแนวตั้งฉากกับพื้น เพราะจะทำให้ต้องใช้แรงมากในการที่จะดึงแขนกลับมาที่สะโพก ซึ่งลักษณะของการปักไม้ที่ถูกต้อง แขนจะต้องแกว่งไปด้านหน้าโดยความสูงระดับเดียวกับสะดือ ทำให้การปักของไม้ทำมุมกับพื้น ดังแสดงในรูปที่ 7 ส่งผลให้ขณะที่ดึงแขนกลับสะโพกจะเป็นไปอย่างราบรื่นไม่ใช่แรงในการลากไม้มาก นอกจากนี้ระยะการแกว่งแขนไปด้านหน้าและดึงแขนกลับจะต้องมีระยะทางที่เกือบเท่ากับ

**รูปที่ 7** วิธีการเดินแบบนอร์ดิกร่วมกับการใช้ไม้ ในขณะที่แกว่งแขนไปด้านหน้า
ที่มา : มาวิน สเวนสัน (Svensson, 2009)

การใช้ไม้เท้าร่วมกับการเดินแบบนอร์ดิกจะส่งผลต่อการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อในรยางค์ส่วนล่าง อีกทั้งสามารถลดแรงที่มากระทำต่อข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า (Shim et al., 2013) รวมไปถึงการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อไบเซบ เบคิอาย (Bicep brachii) ไตรเซบ (Triceps) เดลตอย มิเดส (Deltoid medius) และ แลสทิสสิมุส ดอไซส์ (Latissimus dorsi) มากกว่าการเดินแบบไม่ใช้ไม้เท้า และนอกจากนี้ยังพบว่ามีการทำงานของกล้ามเนื้อลายเกือบร้อยละ 90 ของกล้ามเนื้อลายทั้งหมดของร่างกาย ในขณะที่การเดินแบบไม่ใช้ไม้เท้า พบว่า มีการทำงานของกล้ามเนื้อลายเพียงแค่ร้อยละ 40 ของกล้ามเนื้อลายทั้งหมดของร่างกาย (American Nordic Walking Asoociation, 2017) ส่งผลทำให้มีการใช้ออกซิเจน (Oxygen consumption) มากกว่าและเผาผลาญแคลอรี่มากกว่า แต่การเดินแบบนอร์ดิกให้ความเหนื่อยที่ใกล้เคียงกับการเดินทั่วไป (Barberan-Garcia et al., 2015)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**5.4 ประโยชน์ของการเดินแบบนอร์ดิก**

การเดินแบบนอร์ดิกจากที่ได้กล่าวมาข้างต้น พบว่า ช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อลายเพิ่มขึ้น เป็นผลให้มีการใช้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นตามมา จะช่วยให้เพิ่มอัตราการเผาผลาญได้ดีกว่าการเดินแบบปกติ การเดินแบบนอร์ดิกจะมีการใช้พลังงานประมาณ 7 METs ซึ่งมากกว่าการเดินปกติ (5 METs) การศึกษาในประเทศเยอรมันเกี่ยวกับการลดน้ำหนัก พบว่า การเดินแบบนอร์ดิกร่วมกับการควบคุมอาหารสามารถลดน้ำหนักของร่างกายได้มากกว่าการควบคุมอาหารเพียงอย่างเดียว มีดัชนีมวลกายลดลงร้อยละ 7.3 ในขณะที่กลุ่มควบคุมอาหารมีดัชนีมวลกายลดลงเพียงร้อยละ 4.3 (Mommert-Jauch, 2007) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นทั้งรยางค์ส่วนบนและรยางค์ส่วนล่าง พัฒนาความสมดุลของการทรงตัวเพื่อป้องกันการล้มที่เกิดขึ้นในผู้สูงอายุ

เพิ่มประสิทธิภาพความอดทนของระบบหัวใจและปอด และสามารถพัฒนาพุทธิปัญญาในผู้สูงอายุ (Gmiat et al., 2018; Takeshima et al., 2013)

ผลของการเดินแบบนอร์ดิกต่อโรคเรื้อรังพบว่าสามารถช่วยพัฒนาสมรรถภาพของหัวใจและปอด เช่น การศึกษาในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ พบว่าการเดินแบบนอร์ดิกช่วยเพิ่มความสามารถของการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2$ max) (Kocur et al., 2009) ลดค่าเฉลี่ยและความกว้างของความดันโลหิต (Mean arterial pressure; MAP) ที่เป็นผลมาจากการลดความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure) อีกทั้งการเดินแบบนอร์ดิกยังส่งผลต่อการยืดระยะเวลาการเกิดอาการเหนื่อยขณะทำกิจกรรมต่างๆ (Time to exhaustion) ที่เป็นผลมาจากร่างกายมีประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนในแต่ละกิจกรรมได้เพิ่มขึ้น (Metabolic equivalent; METs) (Kucio et al., 2017) มากไปกว่านั้นพบว่า การเดินแบบนอร์ดิกส่งผลต่อการลดมวลไขมัน เส้นรอบวงของเอว น้ำหนักตัว ค่าดัชนีมวลกายและระดับไขมันในช่องท้อง (Gobbo et al., 2019)

การศึกษาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่าการเดินแบบนอร์ดิกช่วยลดปริมาณน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1C) ลดระดับน้ำตาลในเลือดภายหลังอดอาหาร 8 ชั่วโมง (Fasting blood glucose) และลดความดื้อต่ออินซูลิน (Insulin resistance) ลดมวลไขมันใต้ผิวหนัง น้ำหนักของร่างกายลดลง ดัชนีมวลกายลดลง ไขมันชนิดเอชดีแอลเพิ่มขึ้นอะลานีนอะมิโนทรานสเฟอเรส (Alanine aminotransferase; ALT) ลดลง (Fritz et al., 2013; Gram et al., 2010; Sentinelli et al., 2015) นอกจากนี้การเดินแบบนอร์ดิกส่งผลต่อการพัฒนาด้านความแข็งของกล้ามเนื้อ พบว่าสามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน จากการเพิ่มขึ้นของการทดสอบแรงบีบมือ (Hand grip test) (Sentinelli et al., 2015) เพิ่มการใช้พลังงาน (Energy expenditure) ได้เทียบเท่ากับการออกกำลังกายที่ใช้ความหนักมาก (Hansen & Smith, 2009) เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรยางค์บนโดยการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อออก หัวไหล่ และหลัง ในผู้ป่วยมะเร็งเต้านม (Sprod et al., 2005)

นอกจากนี้ผลของการเดินแบบนอร์ดิกเป็นการฝึกการกระตุ้นระบบประสาทสัมผัสทั้ง 5 (Multisensory stimulation) ซึ่งการกระตุ้นระบบประสาทสัมผัสทั้ง 5 ประกอบไปด้วย การกระตุ้นทางการมองเห็น การกระตุ้นทางการได้ยิน การกระตุ้นทางการสัมผัส การกระตุ้นทางการได้กลิ่น และการกระตุ้นทางการการเคลื่อนไหว โดยทั่วไปโปรแกรมการฝึกการกระตุ้นระบบประสาทสัมผัสทั้ง 5 ในคนไข้ จะใช้วิธีการเปิดเพลง การให้เห็นสีต่างสี การให้ฟังเสียง และการให้เห็นสีต่าง ๆ โดยได้นำเอามาผสมกันเพื่อให้คนไข้ได้รับความรู้สึกและเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองปราศจากการใช้เสียงของผู้ดูแล มากไปกว่านั้นการฝึกการกระตุ้นระบบประสาทสัมผัสทั้ง 5 ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านการออกกำลังกาย ซึ่งรูปแบบการฝึกประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ (Heyn, 2003) ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 คือ

การมีสมาธิและการให้ความสนใจขณะการอบอุ่นร่างกาย มีการเปิดเพลงเบาๆ ผู้นำทำให้ดูเพื่อให้ผู้เข้าร่วมปฏิบัติตาม ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เข้าร่วมเข้าสู่การเตรียมความพร้อมก่อนออกกำลังกายได้เร็วยิ่งขึ้น เพื่อให้ร่างกายมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหว องค์ประกอบที่ 2 คือ การออกกำลังกายแบบแอโรบิค (Aerobic exercise) เป็นการออกกำลังกายที่มีการเคลื่อนไหวในทุก ๆ ข้อต่อของร่างกาย องค์ประกอบที่ 3 คือ การฝึกด้านความแข็งแรง (Strength-training session) และองค์ประกอบที่ 4 คือ การฝึกการประสานสัมพันธ์ของร่างกาย (Training of motor coordination) มีการทำงานร่วมกันของรยางค์บนและรยางค์ล่าง อีกทั้งการมอง การได้ยินที่สัมพันธ์ไปกับการเคลื่อนไหวของรยางค์ (Alfieri et al., 2010) ซึ่งองค์ประกอบทั้งหมดจะมีการฝึกเทคนิคการหายใจ และมีการยืดเหยียดร่างกายหลังออกกำลังกายเสร็จ ดังนั้นการเดินแบบนอร์ดิกเป็นรูปแบบการฝึกการกระตุ้นระบบประสาทสัมผัสทั้ง 5 กล่าวคือ การเดินแบบนอร์ดิกก่อนฝึกจะต้องมีการอบอุ่นร่างกายพร้อมกับมีการเปิดเพลงเพื่อกระตุ้นให้ร่างกายพร้อมที่จะออกกำลังกายเร็วยิ่งขึ้น เหมาะในผู้สูงอายุที่มีการตอบสนองของร่างกายช้า การเดินแบบนอร์ดิกเป็นรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิคและเสริมสร้างความแข็งแรงได้พร้อมกันเพราะว่าผลของการเดินแบบนอร์ดิกช่วยลดดัชนีมวลกาย ไขมันในร่างกายและเพิ่มความแข็งแรงของร่างกาย (Fritz et al., 2013; Gram et al., 2010; Sentinelli et al., 2015) และการเดินแบบนอร์ดิกมีการกำหนดการหายใจให้มีความสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหว รวมถึงมีการผ่อนคลายกล้ามเนื้อหลังฝึกเสร็จ อีกทั้งเป็นการฝึกความสัมพันธ์ทุกส่วนของร่างกาย (Gomeñuka et al., 2020)

จากผลของการเดินแบบนอร์ดิกที่ได้กล่าวมาทำให้ทราบถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายแบบนอร์ดิกทั้งทางสารชีวเคมี ร่างกาย การทำงานของหัวใจ สำหรับการศึกษาโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง พบว่า ยังไม่มีงานวิจัยที่ทำการศึกษา อีกทั้งการศึกษาถึงผลของการเดินแบบนอร์ดิกต่อหน้าที่การทำงานของหลอดเลือดและการตอบสนองของหลอดเลือดในสมองยังไม่มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาทั้งในกลุ่มสุขภาพดีหรือกลุ่มผู้ป่วยที่เป็นโรคเรื้อรัง จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการเดินแบบนอร์ดิกต่อผลของหน้าที่การทำงานของหลอดเลือดและการตอบสนองของในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีพุทธิปัญญาบกพร่อง

**6. การออกกำลังกายในน้ำ (Water-based exercise)**

**6.1 คุณสมบัติของน้ำ**

น้ำเป็นของเหลวชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติ ได้แก่ การพยุงลอยตัว (Buoyancy) ความหนืด (Viscosity) และแรงดันของน้ำ (Hydrostatic pressure)

1) แรงพยุงลอยตัว (Buoyancy) คือ สภาวะที่ของเหลวออกแรงพยุงดันวัตถุที่จมอยู่ในของเหลว ให้ของเหลวนั้นลอยอยู่เหนือผิวของของเหลวนั้น โดยเกิดจากแรงดันขึ้น (Upward force) ที่กระทำต่อวัตถุนั้นในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) ดังทฤษฎีของอาร์คีมีดิส

กล่าวว่า เมื่อสสลารจุมลงไปในของเหลวทั้งหมดหรือบางส่วน ปริมาณของความดันให้พยุงตัวลอยจะเท่ากับน้ำหนักของเหลวที่ถูกแทนที่ นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่น (Density) ของของเหลว เช่น น้ำทั่วๆไปที่ความหนาแน่น 1 ความดันบรรยากาศที่ 4 องศา จะมีความหนาแน่นเท่ากับ 1000 km/$m^3$ แต่ในน้ำที่มีเกลือผสมจะมีความหนาแน่น 1,027 km/$m^3$ ที่ในน้ำที่มีเกลือผสมมีความหนาแน่นมากกว่าเนื่องมาจากเกลือที่ลลายในน้ำ (Sodium chloride) จะมีโมเลกุลที่มากกว่า (Torres-Ronda & i del Alcázar, 2014) และในทางกลับกันความหนาแน่นของคนเฉลี่ยจะอยู่ที่ 950 km/$m^3$ ซึ่งคนจะมีความหนาแน่นที่น้อยกว่าน้ำ ทำให้คนสามารถที่จะลอยในน้ำได้

จากผลของแรงพยุงลอยตัว (Buoyancy) สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการออกกำลังกายได้ กล่าวคือ การออกกำลังกายในน้ำจะเหมาะสมกับผู้ที่น้ำหนักตัวเกิน หรือ อ้วน และมีปัญหาเกี่ยวกับปวดข้อต่อ โดยผลของแรงพยุงลอยตัวจะช่วยให้รับน้ำหนักตัวได้น้อยลง ซึ่งเกิดจากหลายๆปัจจัย ได้แก่ ความลึกของการอยู่ในน้ำ (The depth of immersion) ความเร็วของการเคลื่อนที่ในน้ำ และเพศ (Haupenthal et al., 2010) ระดับของน้ำที่บริเวณสะดือ (Umbilicus) จะช่วยพยุงน้ำหนักของร่างกายได้ร้อยละ 50 ระดับน้ำที่บริเวณกระดูกลิ้นปี่ (Xiphoid) จะช่วยพยุงน้ำหนักของร่างกายได้ร้อยละ 60 และบริเวณหัวไหล่จะช่วยรับน้ำหนักได้ร้อยละ 85 ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแขน (Alberton et al., 2011) มากไปกว่านั้นการเคลื่อนที่ในน้ำที่เร็วจะส่งผลต่อการเพิ่มแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force) ในแนวหน้า-หลัง (Anterior-posterior plane) และลดแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้ง (Vertical plane) (Haupenthal et al., 2013) ทำให้ลดการอักเสบของกล้ามเนื้อ อีกทั้งยังช่วยลดอาการปวดของข้อต่อได้ (Robinson et al., 2004)

2) ความหนืด (Viscosity) เป็นความเสียดทานชนิดหนึ่ง (Friction) ที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลของของเหลว โดยเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในของเหลวที่มีการเคลื่อนที่หรือมีการไหล ความหนืดนี้จะต้านทานต่อการไหล (โพธิ์ทองสุนันท์, 2553) ดังนั้นเมื่อร่างกายมีการเคลื่อนที่ในน้ำจะส่งผลให้เกิดแรงต้านทาน 3 ชนิด ได้แก่ แรงต้านทานจากรูปร่าง (Shape resistance) แรงต้านทานของคลื่น (Wave resistance) และ แรงเสียดทาน (Friction) โดยแรงต้านทานจากรูปร่างเป็นสาเหตุหลักของความหนืดเมื่อร่างกายเคลื่อนที่ผ่านน้ำ ด้านหน้าของร่างกายจะเกิดความดันสูงและด้านหลังจะเกิดความดันต่ำ ทำให้น้ำเปลี่ยนรูปร่างจากราบเรียบ (laminar flow) เป็นคลื่นที่วกวน (Turbulence flow) (Ronda et al., 2014)

จากผลของความหนืด (Viscosity) ในทางการออกกำลังกาย พบว่า ผลของความหนืดส่งผลต่อการพัฒนาของความแข็งแรง พละกำลังของกล้ามเนื้อ ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด การเผาผลาญพลังงาน การทำงานของระบบหายใจ ความอ่อนตัว และองค์ประกอบของร่างกาย (Colado et al., 2009) อีกทั้งยังเหมาะสมกับผู้ที่ออกกำลังกายทั่วไปหรือนักกีฬาที่ได้รับการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและข้อต่อจากการแข่งขันหรือออกกำลังกาย ซึ่งสามารถช่วยฟื้นฟูหรือรักษาระดับสมรรถภาพของ

ร่างกายได้ โดยสามารถฝึกที่ความหนักเทียบเท่ากับบนพื้นดินแต่มีแรงกระแทกต่ำกว่าบนพื้นดิน (เป็นผลมาจากความหนาแน่นของน้ำและความหนืดที่กระทำต่อร่างกาย ช่วยให้สามารถควบคุมร่างกายได้) (Ronda et al., 2014) ทำให้ผู้ที่ออกกำลังกายหรือนักกีฬาไม่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นขณะออกกำลังกายในน้ำ

3) ความดันอุทกสถิต (Hydrostatic pressure) หมายถึง แรงดันของน้ำหรือวัตถุอื่นๆ ที่กระทำตัวเอง อธิบายด้วยกฎของปาสคาล (Pascal's law) กล่าวว่า ความดันของของเหลวที่กระทำต่อพื้นที่ผิวของร่างกายหรือวัตถุที่จมใต้น้ำขณะอยู่นิ่งที่ระดับความลึกหนึ่งที่กำหนดให้ จะกระจายไปโดยสม่ำเสมอและมีค่าเท่ากันตลอด (Fanchi, 2010) ความดันอุทกสถิต (Hydrostatic pressure) ขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นของของเหลว (Density) กล่าวคือ ความดันที่เกิดขึ้นในน้ำบริสุทธิ์จะมีความดันน้อยกว่าในน้ำทะเลในระดับเดียวกัน เพราะว่าแรงดึงลงของแรงโน้มถ่วงของเหลวที่มีความหนาแน่นมาก (น้ำทะเล) จะมีค่ามากกว่าในของเหลวที่มีความหนาแน่นน้อย (น้ำบริสุทธิ์) มากไปกว่านั้นความดันอุทกสถิตยังขึ้นอยู่กับระดับความลึกของน้ำที่ร่างกายจมอยู่ เพราะถ้าร่างกายจมลงในน้ำลึกมากก็จะส่งผลให้มีแรงดันมากขึ้นตามระดับความลึก เช่น ถ้าจมอยู่ใต้น้ำลึก 10 เมตร จะทำให้ได้รับแรงดันเท่ากับ 2 บาร์ นอกจากนี้ความดันอุทกสถิต (Hydrostatic pressure) ของน้ำที่กระทำกับร่างกายขณะอยู่ในน้ำ จะส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ 2 อย่าง ได้แก่ เลือดไหลผ่านระบบหลอดเลือดดำและน้ำเหลืองเข้าสู่พื้นที่ของทรวงอก ทำให้เพิ่มการไหลเวียนของเลือดในกล้ามเนื้อ ท้อง หน้าอก และหัวใจ ตามลำดับ อีกทั้งส่งผลต่อผนังทรวงอกถูกบีบ ทำให้หน้าที่ของปอด การหายใจเปลี่ยนแปลงไปและเพิ่มอัตราการหายใจ (Ronda et al., 2014)

**6.2 การนำคุณสมบัติของน้ำมาประยุกต์ใช้ในการออกกำลังกาย**

ด้านของการนำมาประยุกต์ใช้กับการออกกำลังกาย พบว่า ผลของแรงดันของน้ำส่งผลให้แรงดันของออกซิเจน (Partial oxygen pressure) ลดลง ดังนั้นจึงเพิ่มการทำงานของระบบหายใจมากถึงร้อยละ 60 ทำให้เพิ่มอัตราการหายใจใน 1 นาที (Minute ventilation) เพื่อให้กล้ามเนื้อได้รับออกซิเจนได้เพียงพอ (Meredith-Jones et al., 2011) มากไปกว่านั้นส่งผลต่อปอดทำงานลดลงเนื่องจากความดันอุทกสถิต (Hydrostatic pressure) ของน้ำที่กระทำกับกล้ามเนื้อช่วยหายใจเข้าบีบอัดหน้าท้อง และเพิ่มการขยายกระบังลม ส่งผลให้หายใจได้ไม่ลึก มากไปกว่านั้นผลของความดันอุทกสถิตส่งผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดลดลง เกิดจากการเพิ่มแรงดันของน้ำที่กระทำต่อรยางค์ล่างขณะยืนในน้ำ ทำให้การไหลเวียนส่วนปลาย (Peripheral blood flow) ลดลง และการกระจายเลือดไปยังพื้นที่บริเวณอกลดลง ส่งผลให้เพิ่มแรงแค้นที่หัวใจ เป็นผลให้ปริมาณเลือดขณะหัวใจบีบตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ลดอัตราการเต้นของหัวใจ (Wilcock et al., 2006) นอกจากนี้ผลของความดันอุทกสถิต (Hydrostatic pressure) สามารถยับยั้งการเกิดการบวมส่วนปลาย (Peripheral Oedema) ดังนั้นจึงช่วยลดการปวดและการทำลายของกล้ามเนื้อ (Muscle damage) โดยการยับยั้ง

การทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก (Sympathetic nervous system) (Kamioka et al., 2010) และช่วยรักษาระดับปริมาณเลือดที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อให้คงที

**6.3 ประโยชน์ของการออกกำลังกายในน้ำ**

การออกกำลังกายในน้ำเป็นรูปแบบการออกกำลังกายชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในผู้สูงอายุเป็นอย่างมาก จากการศึกษา พบว่า การออกกำลังกายในน้ำส่งผลต่อสุขสมรรถนะที่สัมพันธ์กับสุขภาพ การออกกำลังกายในน้ำส่งผลต่อการลดเส้นรอบเอว (Waist circumference) ที่เป็นผลมาจากไขมันในร่างกายลดลง (Body fat mass) ส่งผลทำให้น้ำหนักของร่างกายลดลง (Nuttamonwarakul et al., 2014) ผลทางด้านสมรรถภาพของหัวใจและปอด พบว่า การออกกำลังกายในน้ำช่วยเพิ่มความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2$ max) ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ลดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Heart rate rest) ส่งผลให้ทนต่ออาการเหนื่อยขณะทำกิจกรรมต่างๆได้ และสามารถฟื้นฟูร่างกายได้เร็วกว่าการออกกำลังกายบนบก (Åsa et al., 2012; Nuttamonwarakul et al., 2014)

ผลของการออกกำลังกายในน้ำส่งผลต่อการควบคุมน้ำตาลในโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า การออกกำลังกายในน้ำช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting blood glucose) และลดระดับน้ำตาลสะสม (HbA1c) (Suntraluck et al., 2017) ที่เป็นผลมาจากภาวะดื้ออินซูลิน (Insulin resistance) มีการพัฒนา (Nuttamonwarakul et al., 2014) ทำให้ตัวรับอินซูลินสามารถทำงานได้ดีขึ้น สามารถที่จะดึงเอาน้ำตาลที่อยู่ในเลือดเอาสู่เซลล์เพื่อใช้สร้างพลังงานได้ดีขึ้น นอกจากนี้ผลของระดับน้ำบริเวณอกส่งผลต่อการเพิ่มการไหลเวียนที่สมอง (Middle cerebral blood flow) จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) (Nuttamonwarakul et al., 2014) และเพิ่มบีดีเอ็นเอฟ (Bansi et al., 2012) ที่มีความเกี่ยวข้องต่อการพัฒนาพุทธิปัญญา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

**7.1 งานวิจัยในประเทศ**

สานนท์ เลาหบุตร และภณิชชา จงสุภางค์กุล (2563) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยวิธีเต้นบาสโลบต่อการส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 66 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเต้นบาสโลบจำนวน 33 คน และกลุ่มควบคุมซึ่งไม่เต้นบาสโลบจำนวน 33 คน ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มเต้นบาสโลบช่วยให้ระดับค่าระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting blood glycose) ค่าน้ำตาลสะสม (HbA1c) ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (เลาหบุตร & จงสุภางค์กุล, 2020)

ลัชชี ชัชวรัตน์ และคณะ (2562) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยการเดินแบบนอร์ดิกต่อดัชนีมวลกายและเส้นรอบวงของเอวในผู้สูงอายุที่มีภาวะน้ำหนักเกิน จำนวน 34 คน

แบ่งเป็น กลุ่มผู้สูงอายุที่น้ำหนักเกินที่ฝึกด้วยการเดินแบบนอร์ดิก 17 คน และกลุ่มผู้สูงอายุที่น้ำหนักเกินที่ออกกำลังกายตามปกติ 17 คน การฝึกเดินแบบนอร์ดิกจะฝึกครั้งละ 55 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ที่ความหนักระดับปานกลาง พบว่า การเดินแบบนอร์ดิกส่งผลต่อการลดลงของค่าดัชนีมวลกายและเส้นรอบวงของเอวเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (ชัชวรัตน์ et al., 2019)

ประภัสสร เค้าสัมพันธ์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมการใช้แรงสนับสนุนทางสังคมต่อพฤติกรรมการออกกำลังกายรำไม้พลอง ค่าดัชนีมวลกายและระดับน้ำตาลของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมไม่ได้ จังหวัดสุโขทัย จำนวน 38 คน แบ่งเป็น กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการใช้แรงสนับสนุนทางสังคม และที่ไม่ได้รับโปรแกรมการใช้แรงสนับสนุนทางสังคม โดยการการจัดกิจกรรมรำไม้พลองร่วมกับการได้รับโปรแกรมการใช้แรงสนับสนุนทางสังคม 3 วันต่อสัปดาห์ ครั้งละ 50 นาที เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า หลังการเข้าร่วมโปรแกรมการใช้แรงสนับสนุนทางสังคม พฤติกรรมการออกกำลังกายของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้น และค่าระดับน้ำตาลลดลงมากกว่ากลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมการใช้แรงสนับสนุนทางสังคม (เค้าสัมพันธ์ และคณะ, 2561)

อัญชลี แก้วไชย (2560) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยฮูลาฮูปต่อระดับฮีโมโกลบินเอวันซี และสุขสมรรถนะ ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 60 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ใช้เทคนิคการวิจัยแบบ Randomized control trial คือ กลุ่มที่ฝึกฮูลาฮูป จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน โดยการเข้าร่วมกิจกรรมฮูลาฮูป 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 45 นาที เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ที่ความเร็วของการหมุน 90-100 รอบต่อนาที พบว่า กลุ่มที่ฝึกด้วยฮูลาฮูปส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮีโมโกลบิน เอวันซี ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้อง และความอ่อนตัวได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม (แก้วไชย, 2560)

นุงนภัส พันธ์แจ่ม (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลของโปรแกรมการฟื้นฟูสภาพร่วมกับการบริหารสมองต่อหน้าที่ด้านความรู้คิดและความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันของผู้ป่วยบาดเจ็บที่ศีรษะ จำนวน 40 คน แบ่งเป็น กลุ่มได้รับโปรแกรมการฟื้นฟูร่วมกับการบริหารสมอง 20 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน โดยใช้ระยะเวลาในการฝึก 30 วัน วันละ 60 นาที พบว่า โปรแกรมการฟื้นฟูร่วมกับการบริหารสมองทำให้ความรู้คิดและความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม (พันธ์แจ่ม, 2549)

**7.2 งานวิจัยในต่างประเทศ**

แกรม และคณะ (2010) ได้ศึกษาผลของการเดินแบบนอร์ดิกและการออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 68 คน แบ่งเป็น กลุ่มที่ฝึกด้วยการเดินแบบนอร์ดิก 22 คน กลุ่มที่ออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ได้รับ 24 คน และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมใดๆ 22 คน โดยการเดินแบบนอร์ดิกมีความหนักมากกว่า 40% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้ระยะการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 45 นาที เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกเดินแบบนอร์ดิกไม่พบปริมาณระดับ

น้ำตาลสะสมในเลือดแตกต่างจากกลุ่มออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ได้รับ แต่มวลไขมันลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (Gram et al., 2010)

ฟริต และคณะ (2013) ได้ศึกษาผลของการเดินแบบนอร์ดิกต่อปัจจัยด้านความเสี่ยงของโรคหัวใจในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ และสามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ จำนวน 213 คน แบ่งเป็น กลุ่มที่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ 128 คน กลุ่มที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ 35 คน และกลุ่มโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 50 คน โดยใช้ระยะเวลาการฝึก 5 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า การฝึกเดินแบบนอร์ดิกสามารถช่วยเพิ่มความสามารถการออกกำลังกายและสัดส่วนของร่างกายในทั้ง 3 กลุ่ม (Fritz et al., 2013)

แฮงเนอร์ เดเรนโกก้า และคณะ (2015) ได้ศึกษาผลของการเดินนอร์ดิกและพิลาทิสต่อน้ำตาลในเลือดและระดับไขมันในคนอ้วนและคนอ้วนหลังตั้งครรภ์ จำนวน 196 คน แบ่งเป็น กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิก จำนวน 88 คน กลุ่มฝึกพิลาทิส 88 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน โดยใช้ระยะการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 60 นาที เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มที่ฝึกเดินแบบนอร์ดิกมีปริมาณระดับน้ำตาลในเลือดและไขมันลดลงมากกว่ากลุ่มฝึกพิลาทิสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Hagner-Derengowska et al., 2015)

คอตัส และคณะ (2017) ได้ศึกษาผลของการเดินแบบนอร์ดิกต่อภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชันที่เกี่ยวข้องกับการสะสมธาตุเหล็กในผู้สูงอายุเพศหญิง จำนวน 35 คน แบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ช่วงที่ 1 (6 ครั้งแรกของการฝึก) เป็นการฝึกเพื่อสร้างความคุ้นเคยของการเดินแบบนอร์ดิก ช่วงที่ 2 (24 ครั้งของการฝึก) ฝึกเดินแบบนอร์ดิกด้วยความหนัก 60-70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และช่วงที่ 3 (6 ครั้งสุดท้าย) ให้เดินที่ความเร็วเท่าที่เดินได้ ไม่กำหนดความหนัก โดยใช้ระยะเวลา 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 45-55 นาที เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า การเดินแบบนอร์ดิกสามารถช่วยลดการสะสมของธาตุเหล็กที่ส่งผลต่อภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชันลดลงได้ (Kortas et al., 2017)

จีแมต และคณะ (2018) ได้ศึกษาการพัฒนาของพุทธิปัญญาในการตอบสนองต่อการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในผู้สูงอายุ จำนวน 35 คน แบ่งเป็น กลุ่มผู้สูงอายุเพศหญิงที่ไม่เคยมีประสบการณ์การเดินแบบนอดิก จำนวน 11 คน และกลุ่มผู้สูงอายุเพศหญิงที่มีประสบการณ์การเดินแบบนอร์ดิก จำนวน 24 คน โดยใช้ระยะเวลาการฝึก 35 ครั้งใน 12 สัปดาห์ ครั้งละ 60 นาที พบว่า การฝึกเดินแบบนอร์ดิกช่วยพัฒนาการรับรู้โดยการเพิ่มสารโปรตีนชนิด BDNF ทั้ง 2 กลุ่ม (Gmiat et al., 2018)

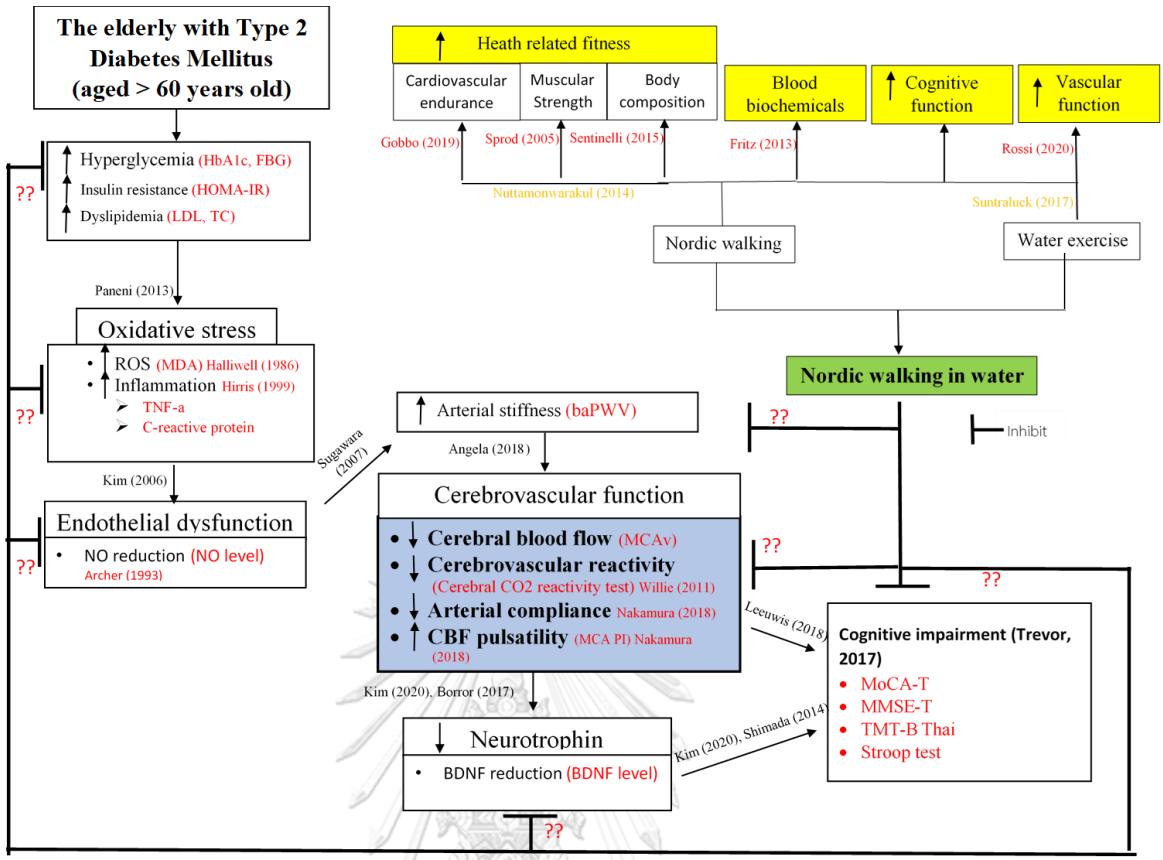
ฟรานโซนี่ และคณะ (2018) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบการเดินแบบนอร์ดิกกับการเดินปกติต่อการทรงตัวในคนไข้พากินสัน จำนวน 25 คน แบ่งเป็นกลุ่มฝึกเดินด้วยนอร์ดิกจำนวน 14 คน และกลุ่มที่ฝึกเดินแบบปกติจำนวน 11 คน ทำการฝึกที่ความหนัก 60–80% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ใช้สูตรทานากะ) ระยะเวลาการฝึก 9 สัปดาห์ พบว่า การฝึกเดินแบบนอร์ดิกและเดินปกติ

มีการพัฒนาการทรงตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ผู้วิจัยให้คำชี้แนะของการเดินแบบนอร์ดิกว่า เป็นการฝึกที่มีความซับซ้อนมากจึงทำให้เกิดการกระตุ้นการเชื่อมต่อของเส้นประสาทเพิ่มขึ้น อีกทั้งการเดินแบบนอร์ดิกมีการใช้แขน ทำให้เกิดการกระตุ้นการหลั่งโดปามีนที่มีส่วนทำให้สมองส่วน Cortical region ทำงานมากขึ้น จึงทำให้เพิ่มขบวนการรับรู้ที่ส่งผลต่อการทรงตัวที่ดีขึ้น (Franzoni et al., 2018)

รอสซี่ และคณะ (2020) ได้ทำการศึกษาผลของของโภชนาการร่วมกับการฝึกเดินแบบนอร์ดิก หรือการฝึกเดินต่อการลดน้ำหนักและความแข็งของหลอดเลือด (Arterial stiffness) ในผู้หญิงอ้วนหลังหมดประจำเดือน จำนวน 22 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มรับประทานหารร่วมกับเดินแบบนอร์ดิกจำนวน 12 คน และกลุ่มรับประทานอาหารร่วมกับเดินจำนวน 10 คน ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า การรับประทานอาหารร่วมกับการฝึกเดินแบบนอร์ดิก หรือ การเดินแบบปกติ ส่งผลต่อการลดลงของน้ำหนัก และความแข็งของหลอดเลือดพัฒนาดีขึ้น แต่การฝึกเดินแบบนอร์ดิกสามารถช่วยพัฒนาความสามารถของหลอดเลือด (Arterial compliance) ได้ (Rossi et al., 2020)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual framework)**




**รูปที่ 8** กรอบแนวคิดงานวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการออกกำลังกายด้วยการเดินแบบนอร์ดิก พบว่า การฝึกเดินแบบนอร์ดิก สามารถช่วยพัฒนาสุขสมรรถนะที่สัมพันธ์กับสุขภาพ ได้แก่ สามารถช่วยลดน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ความดันโลหิต ไขมันในร่างกาย (Body fat mass) อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate) ปริมาณพื้นที่ของไขมันในช่องท้อง (Visceral Fat Area) อีกทั้งพบว่าสามารถช่วยเพิ่มความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) เพิ่มการใช้พลังงาน (Energy expenditure) ได้เทียบเท่ากับการออกกำลังกายที่ใช้ความหนักมาก (Hansen et al., 2009) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงทั้งรยางค์บนและรยางค์ล่างของร่างกาย ส่วนผลของการเดินแบบนอร์ดิกส่งผลต่อการควบคุมระดับน้ำตาล (Glycemic control) ได้แก่ ลดน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting plasma glucose) ลดภาวะดื้ออินซูลิน (Insulin resistance) ลดน้ำตาลสะสม (HbA1c) (Fritz et al., 2013) ในโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มากไปกว่านั้นการเดินแบบนอร์ดิกเป็นรูปแบบการฝึก multisensory ที่ส่งผลต่อการพัฒนา coordination ระหว่างขาและแขน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการพัฒนา coordination ช่วยพัฒนาพุทธิปัญญาได้ (Lipowski et al., 2019) โดยมีการกระตุ้นสมองส่วน frontal lobe ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ motor learning และ parietal lobe

ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ somatosensory learning จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการออกกำลังกายในน้ำ พบว่า การออกกำลังกายในน้ำส่งผลต่อสุขสมรรถนะที่สัมพันธ์กับสุขภาพ ได้แก่ ลดร้อยละมวลไขมันของร่างกาย (Body fat mass) ลดเส้นรอบเอว (Waist circumference) (Pereira Neiva et al., 2018) ลดน้ำหนักของร่างกาย (Weight) ลดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Heart rate rest) เพิ่มความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) อีกทั้งผลของการออกกำลังกายในน้ำยังส่งผลต่อการควบคุมน้ำตาล ได้แก่ ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting blood glucose) ลดระดับน้ำตาลสะสม (HbA1c) ลดภาวะดื้ออินซูลิน (Insulin resistance) นอกจากนี้ผลของระดับน้ำบริเวณอกส่งผลต่อการเพิ่มการไหลเวียนที่สมอง (Middle cerebral blood flow) จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) (Nuttamonwarakul et al., 2014) และเพิ่มบีดีเอ็นเอฟ (Bansi et al., 2013) ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับพุทธิปัญญา ปัจจัยในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้แก่ โรคอ้วน ขาดการออกกำลังกาย และการรับประทานอาหารไม่เหมาะสม (Galicia-Garcia et al., 2020) ส่งผลให้เกิดภาวะดื้ออินซูลินที่เป็นผลทำให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) และภาวะไขมันในเลือดสูง (Dyslipidemia) กระตุ้นให้เกิดภาวะเครียดของออกซิเดชัน (Oxidative stress) ที่ทำให้เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดบกพร่อง (Endothelial dysfunction) ไม่สามารถหลั่งไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide) ส่งผลให้หลอดเลือดแดงตีบและแข็ง (Arterial stiffness) การตอบสนองของหลอดเลือดในสมองบกพร่อง (Cerebrovascular reactivity impairment) เกิดภาวะสมองขาดเลือด (Ischemia) ส่งผลให้เกิดแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง ดังนั้นข้าพเจ้ามีความสนใจที่จะนำผลของการเดินนอร์ดิกมาประยุกต์ใช้ในน้ำ เพื่อหวังว่าผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำจะส่งผลต่อการพัฒนาด้านต่าง ๆ ที่เกิดความบกพร่องของหลอดเลือดได้มีประสิทธิภาพแตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (รูปที่ 8)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง ผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Cause- effect method) ซึ่งได้ผ่านจริยธรรมโดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน 2564 COA NO. 232/2564 โครงการวิจัยที่ 181.6/64 (ภาคผนวก ก) โดยมีระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

**วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology)**

**ประชากร (Population)**

1) ประชากรเป้าหมาย (Target Population)

ประชากร (Target Population) คือ ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และมีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย อายุ 60 – 74 ปี

2) กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

กลุ่มตัวอย่าง (Sample) คือ ผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิงที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และมีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย (มีคะแนนการประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทยระหว่าง 18-24 คะแนน) อายุ 60 – 74 ปี ที่มาจากคลินิกผู้สูงอายุและชมรมผู้สูงอายุของโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัยและลงนามยินยอมเข้าร่วมวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**การกำหนดขนาดตัวอย่าง**

การกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*Power 3.1.9.2 ในการคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สถิติ F-test ที่ใช้ทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ย 3 กลุ่มที่มีการวัดซ้ำ ซึ่งทดสอบโดยใช้สถิติ ANOVA Repeated Measures, within-between interaction ซึ่งกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 กำหนด Power ของการทดสอบที่ 80% (1-β = 0.8) และกำหนดค่า effect size เท่ากับ 0.267 ได้มาจากการคำนวนสถิติโดยการนำค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่จะศึกษาจากงานวิจัยของ Belik และคณะในปี 2018 (Belik et al., 2018) ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายในผู้สูงอายุที่เป็นโรคไตเรื้อรังต่อการไหลเวียนเลือดในสมอง (CBF) ซึ่งเป็นตัวแปรหลักของการศึกษาที่เหมือนกับงานวิจัยของผู้ที่จะทำวิจัยในฉบับนี้ จึงได้มีการอ้างอิงหาค่าขนาดอิทธิพลจากผลการคำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 จำนวน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละเท่าๆ กัน จะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 15 คน (ภาคผนวก ข)

แต่เพื่อป้องกันผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถเข้าร่วมวิจัยได้ จึงได้มีเพิ่มจำนวนผู้เข้าร่วมการวิจัยเพิ่มอีก 20% ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้จะใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 36 คน ได้แก่

1) กลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่ฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ จำนวน 18 คน

2) กลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก จำนวน 18 คน

**เกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัย (Inclusion criteria)**

1) ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิงที่มีอายุ 60 – 74 ปี

2) ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เป็นมานานระหว่าง 5 - 10 ปี

3) ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1c) ไม่น้อยกว่า 7% และไม่มากกว่า 9% (Rosenzweig et al., 2002)

4) ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ได้รับยาฉีดอินซูลิน

5) เป็นผู้ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย จากการประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย (Montreal Cognitive Assessment; MoCA-T) มีเกณฑ์คะแนนระหว่าง 18 – 24 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน (Hemrungrojn et al., 2021)

6) เป็นผู้ที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการล้ม โดยใช้การทดสอบความสามารถการเดินและกลับตัว 3 เมตร อยู่ในระยะเวลาที่ทำได้ 7 – 15 วินาที

7) ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องถูกคัดกรองด้วยแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย

8) ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับวัคซีนโควิด 19 ครบ 2 เข็ม

9) สามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้

10) ไม่เป็นโรคหรือมีความผิดปกติ ได้แก่ โรคหัวใจ โรคแทรกซ้อนทางตาที่เกิดจากเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ โรคแทรกซ้อนทางระบบประสาทขั้นรุนแรงที่เกิดจากเบาหวาน โรคแทรกซ้อนทางไตที่เกิดจากเบาหวาน และโรคหลอดเลือดสมอง

11) ไม่ได้รับประทานอาหารเสริมที่มีผลต่อการพัฒนาระบบประสาท เช่น อาหารเสริมวิตามินบี 12 โอเมก้า 3 (Omega 3) กาบ้า (Gaba) พรมมิ (Brammi) กัญชา (Cannabis) แปะก๊วย (Ginkgo) เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 เดือน

12) ไม่ได้รับบาดเจ็บและมีแผลเปิดที่ผิวหนังตามบริเวณร่างกายทั้งรยางค์บนและรยางค์ล่างข้างใดข้างหนึ่ง หรือทั้ง 2 ข้าง

13) ไม่ได้รับรับประทานเครื่องดื่ม ได้แก่ ชา กาแฟ หรือ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน และแอลกอฮอล์ ระหว่างการศึกษาวิจัย

14) ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสูงอย่างน้อย 155 เซนติเมตร

15) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยไม่จำเป็นต้องว่ายน้ำได้ เนื่องจากระดับน้ำที่ใช้ในงานวิจัยนี้อยู่ที่ระดับหน้าอกของผู้เข้าร่วมวิจัย

16) ไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร การมองเห็น หรือการได้ยิน

17) ไม่เคยออกกำลังกายในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

**เกณฑ์การคัดเลือกออกจากการศึกษา (Exclusion criteria)**

1) มีอาการปวด หรือ ชา หรือ ไม่สบายในขณะเข้าร่วมงานวิจัย
2) เข้ารับการฝึกน้อยกว่า 80% (ขาดเกิน 7 ครั้ง) ของทั้งหมด 36 ครั้ง
3) ไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อ

**การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง**

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทั้ง 2 กลุ่ม (Random assignment) ได้แก่ กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ และกลุ่มไม่ได้ออกกำลังกาย ทำการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ด้วยเพศ อายุ และแบบประเมินพุทธิปัญญา (MoCA-T) ดังนี้

A = ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เพศชาย อายุ 60 – 67 ปี มีคะแนน MoCA-T ระหว่าง 18 – 21 คะแนน จำนวน 2 คน

B = ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เพศชาย อายุ 60 – 67 ปี มีคะแนน MoCA-T ระหว่าง 22 – 24 คะแนน จำนวน 3 คน

C = ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เพศชาย อายุ 68 – 74 ปี มีคะแนน MoCA-T ระหว่าง 18 – 21 คะแนน จำนวน 5 คน

D = ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เพศชาย อายุ 68 – 74 ปี มีคะแนน MoCA-T ระหว่าง 22 – 24 คะแนน จำนวน 5 คน

E = ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เพศหญิง อายุ 60 – 68 ปี มีคะแนน MoCA-T ระหว่าง 18 – 21 คะแนน จำนวน 6 คน

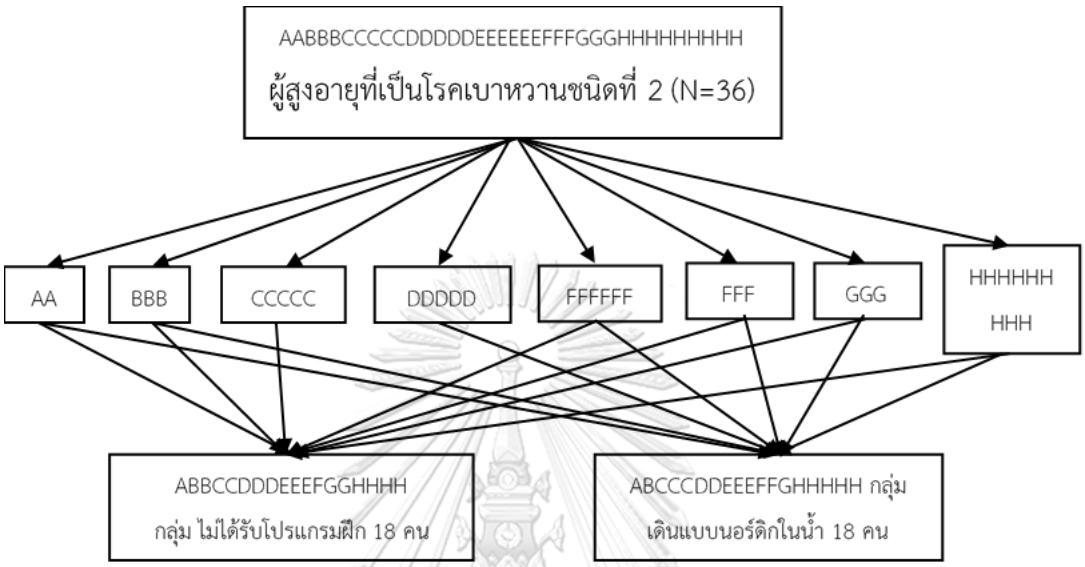
F = ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เพศหญิง อายุ 60 – 68 ปี มีคะแนน MoCA-T ระหว่าง 22 – 24 คะแนน จำนวน 3 คน

G = ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เพศหญิง อายุ 68 – 74 ปี มีคะแนน MoCA-T ระหว่าง 18 – 21 คะแนน จำนวน 3 คน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

H = ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เพศหญิง อายุ 68 – 74 ปี มีคะแนน MoCA-T ระหว่าง 22 – 24 คะแนน จำนวน 9 คน

ดังแสดงในรูปที่ 9




**รูปที่ 9** การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling)

ผู้วิจัยทำการแจ้งเงื่อนไขของการวิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบก่อนการเข้าร่วมการวิจัย คือ หากทำการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการจับสลากแล้ว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่สามารถเปลี่ยนกลุ่มได้ แต่หากผู้เข้าร่วมวิจัยสนใจฝึกการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ผู้วิจัยยินดีที่จะให้ความรู้และคำแนะนำในการฝึกปฏิบัติจนสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองหลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย

**เครื่องมือที่ใช้วัดในการวิจัย**

1. เครื่องมือสำหรับการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

    1) แบบสอบถามประวัติสุขภาพ (personal and family medical history)

    2) แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR–Q) (PAR-Q)

    3) แบบประเมินพุทธิปัญญา (Montreal Cognitive Assessment; MoCA-T)

2. เครื่องสำหรับการประเมินตัวแปรทางสรีรวิทยา

    1) เครื่องวิเคราะห์ความดันโลหิตแบบดิจิตอลขณะพัก ยี่ห้อ จีอี ไดนาแมบ รุ่นแคร์สเคบ วี 100 (GE Dinamap, Carescape V100, USA)

2) เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Dual– energy X– ray absorptiometry; DEXA) ยี่ห้อจีอี เฮลท์แคร์ รุ่นโพรไดจี ประเทศสหรัฐอเมริกา (GE Healthcare Lunar, Madison, WI, USA)

3) สายวัดรอบเอว

3. เครื่องมือสำหรับการประเมินการทำงานของหลอดเลือด

1) เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อวีแม๊กซ์ รุ่นเอนคอร์ 29 ประเทศสหรัฐอเมริกา (Statonary gas analyzer; Vmax Encore 29 system, yorba Linda, CA, USA)

2) เครื่องวิเคราะห์ความดันโลหิตแบบดิจิตอลขณะพัก ยี่ห้อ จีอี ไดนาแมบ รุ่นแคร์สเคบ วี 100 (GE Dinamap, Carescape V100)

3) เครื่องอัลตร้าซาวด์ ยี่ห้อฟิลิป รุ่นอีพีไอคิว 5 จี (Philip, EPIQ 5G, USA) และหัวตรวจยี่ห้อฟิลิปส์ รุ่น แอล 12–5 ทรานซ์สดิวซ์เซอร์ (T12-5 Transducer, Phillips) และ เอส 5-1 ทรานซ์สดิวซ์เซอร์ (S5-1 Transducer, Phillips)

4) เครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือดส่วนปลาย (Non-invasive vascular screening device) ยี่ห้อ ออมรอน (Omron) รุ่นคอลลิน วีพี 1000 พลัส (Collin VP-1000 plus) ประเทศ ญี่ปุ่น

5) โปรแกรม QLAB เวอร์ชั่น 13 ( QLAB 13, Phillips Healthcare, Philips, Andover, MA, USA) ใช้เพื่อวิเคราะห์ความหนาของผนังหลอดเลือด (Intima-media thickness; IMT)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) โปรแกรม Brachial Analyzer for Research ( Vascular Research Tools, Medical Imaging Applications LLC, Coralville, IA, USA) ใช้เพื่อวิเคราะห์การขยายของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (Flow mediated dilation; FMD)

4. เครื่องมือสำหรับการประเมินพุทธิปัญญา

1) แบบทดสอบสมรรถภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (Mini Mental State Examination Thai version; MMSE-T)

2) แบบประเมินพุทธิปัญญา (Montreal Cognitive Assessment; MoCA-T)

3) แทปเล็ตที่ลงโปรแกรม EncephalApp Stroop Test เวอร์ชันภาษาไทย

4) แบบทดสอบสมาธิภาษาไทย (Trail Making Test B Thai)

5. เครื่องมือสำหรับการประเมินสุขสมรรถนะ

1) สายวัดระยะทาง

2) เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ โพลาร์ รุ่นเอช 10 (Polar H10, Finland)

3) เครื่องวิเคราะห์ความดันโลหิตแบบดิจิตอลขณะพัก ยี่ห้อ จีอี ไดนาแมบ รุ่นแคร์สเคบ วี 100 (GE Dinamap, Carescape V100)

4) ลูกเหล็ก (Dumbbell) ขนาด 5 ปอนด์ และ 8 ปอนด์

5) กรวยพลาสติก (Plastic cone) ยี่ห้อแกรนด์สปอร์ต (Grandsport, Thailand)

6) นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ Q&Q รุ่น MF01-J001L (Citizen, Q&Q, MF01-J001L, Japan)

6. เครื่องมือสำหรับการประเมินตัวแปรทางด้านสารชีวเคมีในเลือด

1) หลอดเก็บเลือด (Tube)

2) หลอดไมโครเซ็นติฟิวก์ (Microcentifuge)

3) กล่องเก็บหลอดไมโครเซนติฟิวก์ (Microcentifuge rack)

4) กระบอกฉีดยา (Syringe) ขนาด 20 มิลลิลิตร และเข็มเจาะเลือด (Needle)

5) เครื่องปั่นแรงเหวี่ยงสูง (Centrifugator)

6) ตู้แช่แข็ง –80 องศาเซลเซียส (Freezer)

7) ชุดตรวจสารชีวเคมีในเลือด RAB0026-1KT Human BDNF ELISA Kit (Sigma-Merck)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8) ชุดตรวจสารชีวเคมีในเลือด RAB0273-1KT Human IL-1 Beta ELISA Kit (Sigma-Merck)

9) ชุดตรวจสารชีวเคมีในเลือด RAB0306-1KT Human IL-6 ELISA Kit (Sigma-Merck)

10) ชุดตรวจสารชีวเคมีในเลือด RAB0476-1KT Human Tumor Necrosis Factor Alpha ELISA Kit (Sigma-Merck)

11) ชุดตรวจสารชีวเคมีในเลือด EZHADP-61K Human Adiponectin ELISA Kit (Sigma-Merck)

**ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล**

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ของคลินิกผู้สูงอายุและชมรมผู้สูงอายุของโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ ได้ทำการฝึกออกกำลังกายด้วยโปรแกรมที่กำหนด ณ Aqua Rich Thailand และเก็บรวบรวมข้อมูล ณ ห้องปฏิบัติการแขนงสรีรวิทยาการออกกำลังกาย อาคารจุฬาพัฒน์ 14 ชั้น 10 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีลำดับขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1 การทบทวนวรรณกรรม และการศึกษาเอกสาร**

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุ โรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในผู้สูงอายุ การทำงานของหลอดเลือดของร่างกายและสมอง พุทธิปัญญาบกพร่องในผู้สูงอายุและโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อีกทั้งศึกษาการออกกำลังกายแบบการเดินแบบนอร์ดิก เพื่อออกแบบกรอบแนวคิดงานวิจัย และกำหนดสมมติฐานของงานวิจัย

**ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหรือพัฒนารูปแบบการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2**

1) กำหนดรูปแบบการออกกำลังกายด้วยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ตามองค์ความรู้และการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวข้องกับการเดินแบบนอร์ดิกและผลของน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา รูปแบบการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำจะใช้ความหนักระดับปานกลาง หรือ 40 – 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง โดยอ้างอิงจาก Karvonen Formula (Karvonen et al., 1957) จากสูตร %HRR = [($HR_{max}$ – RHR) x %intensity] + RHR ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 45 – 60 นาที เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

2) สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ

3) นำโปรแกรมที่ได้เสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา 3 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านกายภาพบำบัด 2 คน และแพทย์ที่เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายในผู้ป่วย 1 คน (ภาคผนวก ค) ในการตรวจพิจารณาเชิงเนื้อหา และให้ข้อเสนอแนะของโปรแกรมการฝึกเพื่อนำไปปรับปรุง แก้ไขให้โปรแกรมการฝึกที่พัฒนาขึ้นมีความสมบูรณ์ และเหมาะสม การตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหา จะทดสอบโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC) ในการประเมินผลค่าดัลนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Cox & Vargas, 1966) จึงถือได้ว่าโปรแกรมการฝึกมีความตรงเชิงเนื้อหา และเหมาะสมกับการนำไปฝึก จากค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ของผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า ทุกรายข้อมีค่าดัชนีมากกว่า 0.5 และค่า IOC โดยรวมเท่ากับ

0.94 (ภาคผนวก ค) แสดงว่า โปรแกรมการฝึกผ่านเกณฑ์การประเมิน มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ฝึกในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย

4) นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิมาใช้ในการแก้ไขรูปแบบการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ เพื่อให้โปรแกรมการมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

**ขั้นตอนที่ 3 การประชาสัมพันธ์ เชิญชวน ผู้เข้าร่วมวิจัย**

ผู้วิจัยติดต่อคลินิกผู้สูงอายุและชมรมผู้สูงอายุของโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ โดยได้มีการประสานงานกับ นายกรณ์ นงค์กระโทก ซึ่งเป็นพยาบาลวิชาชีพชำนาญการ กลุ่มงานเวชศาสตร์ชุมชนและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ ผู้รับผิดชอบคลินิกผู้สูงอายุและชมรมผู้สูงอายุ และเป็นผู้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัยในเบื้องต้นของโครงการวิจัยนี้ เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยผ่านการคัดกรองเบื้องต้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการติดต่อถึงผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อสอบถามความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัยอีกครั้งเพื่อให้แน่ใจว่ายินดีเข้าร่วมวิจัย เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยยินดีเข้าร่วมวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการประสานงานกับพยาบาลเพื่อขออนุญาตจากแพทย์เจ้าของคนไข้ก่อนเข้าร่วมการวิจัย และเมื่อแพทย์ได้อนุญาตให้ผู้ป่วยเข้าร่วมการวิจัยได้ ผู้วิจัยทำการนัดหมายผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อทำการทดสอบเพื่อคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัยต่อไป

เมื่อถึงวันนัดผู้วิจัยทำการขอประวัติผู้ป่วยผู้เข้าร่วมวิจัยจากเวชระเบียนผ่านทางคลินิกผู้สูงอายุ เพื่อตรวจสอบการรักษา การได้รับยาอินซูลิน และภาวะแทรกซ้อนที่แพทย์ได้วินิจฉัย (ประวัติผู้ป่วยที่ได้ขอจากเวชระเบียน ผู้วิจัยได้ทำการขออนุญาตผู้อำนวยการโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ ในการอนุญาตขอประวัติผู้ป่วยที่สนใจเข้าร่วมวิจัยผ่านทางเวชระเบียน โดยได้ทำบันทึกข้อความพร้อมกับขออนุญาตเข้าเก็บข้อมูลภายในโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ) ต่อมาผู้วิจัยสอบถามเพิ่มเติมตามแบบสอบถามข้อมูลพื้นฐาน (ภาคผนวก ง) ว่าผ่านตามเกณฑ์การคัดเข้าหรือไม่ เมื่อประวัติคนไข้ได้ผ่านตามเกณฑ์การคัดเข้าแล้ว ผู้วิจัยทำการแจกเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (Participant information sheet) โดยทำการชี้แจงและอธิบายถึงวัตถุประสงค์และรายละเอียดของงานวิจัย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาวิจัย รวมถึงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากการทดสอบร่างกาย จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Consent form) (ภาคผนวก ก) ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะตอบข้อสงสัยและให้เวลาตัดสินใจโดยอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยได้ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยกรอกแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q) (ภาคผนวก จ) เพื่อประเมินว่าไม่มีความเสี่ยงที่เกิดจากการออกกำลังกาย โดยมี นพ.อนพัทย์ นิธิธรรมลักษณ์ ผู้ซึ่งเป็นแพทย์อายุรกรรม หัวหน้ากลุ่มงานเวชศาสตร์ชุมชนและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ เป็นผู้ให้การรับรองว่าผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีความเสี่ยงที่เกิดจากการออกกำลังกาย

ผู้ป่วยได้รับการรับรองจากแพทย์แล้ว ผู้วิจัยทำการทดสอบการเดินและกลับตัว 3 เมตร (Time up and go test, TUG) ณ ห้องคลินิกผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ โดยมี นพ.อนพัทย์ นิธิธรรมลักษณ์ และพยาบาล กรณ์ นงค์กระโทก เป็นผู้ร่วมประเมินความผิดปกติขณะทดสอบ พร้อมทั้งแบบประเมินพุทธิปัญญา (Montreal Cognitive Assessment; MoCA-T) (ภาคผนวก ฉ) โดยผู้ประเมินแบบประเมินพุทธิปัญญา เป็นนักจิตวิทยาคลินิกของโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ

**ขั้นตอนที่ 4 การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าร่วมศึกษาวิจัย**

เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยได้ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์คัดออกแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งกลุ่มตามวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่ฝึกด้วยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ และกลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่ไม่ได้ออกกำลังกาย

**ขั้นตอนที่ 5 การเก็บข้อมูลก่อนการฝึกตามโปรแกรม**

ผู้วิจัยนัดผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อทำการเก็บข้อมูลก่อนการฝึก โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการตรวจร่างกาย และการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ณ ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาการออกกำลังกาย อาคารย์จุฬาพัฒน์ 14 ชั้น 10 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และห้องกิจกรรมคลินิกผู้สูงอายุ กลุ่มงานเวชศาสตร์ชุมชนและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ ที่ควบคุมอุณภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังการทดลอง (รูปที่ 9) ดังนี้

ก่อนวันทดสอบ ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยงดน้ำและอาหารเป็นระยะเวลา 10 – 12 ชั่วโมง แต่สามารถดื่มน้ำเปล่าได้ ในวันรุ่งขึ้นเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยมาถึง ณ ห้องปฏิบัติการ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยทำการตรวจโควิดด้วยชุดตรวจโควิด Antigen test kit ก่อนเข้ารับการเจาะเลือด ตามมาตรการป้องกันโควิด 19

1. กำหนดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้ารับการเจาะเลือดในเวลา 08.00 น. ทำการเจาะเลือดปริมาณ 15 มิลลิลิตร หรือเท่ากับ 3 ช้อนชา (1 ช้อนชา เท่ากับ 5 มิลลิลิตร) เก็บ 1 ครั้งก่อนฝึกออกกำลังกาย และเก็บ 1 ครั้ง หลังฝึกออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์สารชีวเคมีในเลือด (Blood biochemistry) ประกอบด้วย

1.1) ระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1c)

1.2) ระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting blood glucose)

1.3) ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin; Hb)

1.4) ฮีมาโตคริต (Hematocrit; Hct)

1.5) ปริมาณเม็ดเลือดแดง (Red blood cell; RBC)

1.6) ปริมาณเม็ดเลือดขาว (White blood cell; WBC)

1.7) ซีรีเอคทีฟ โปรตีน (C-reactive protein)

1.8) คอเลสเตอรอล (Cholesterol)

1.9) ไตรกลีเซอร์ไรด์ (Triglyceride)

1.10) ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน (High density lipoprotein)

1.11) โลเดนซิตี้ไลโปโปรตีน (Low density lipoprotein)

1.12) ภาวะดื้อต่ออินซูลิน (Homeostasis Model Assessment; HOMA-IR) เป็นการทดสอบ HOMA-IR เป็นการตรวจด้วยวิธี Homeostasis Model Assessment ใช้ค่าระดับอินซูลินและน้ำตาลในเลือดในระยะงดน้ำงดอาหารอย่างน้อย 8 ชม. จากสูตรดังนี้ (Dianatinasab et al., 2020)

HOMR-IR = [Fasting serum insulin (uU/mL) x Fasting plasma glucose (mg/dL)]/405

ดังนั้นภาวะดื้อต่ออินซูลิน (HOMAR-IR) ไม่มีหน่วย

1.13) มาลอนไดอัลดีไฮด์ (Malondialdehyde; MDA) ใช้วิธีการตรวจแบบ Thiobarbituric acid reactive substances (TBAR) (ภาคผนวก ช) โดยทำการเจาะเลือดที่ห้องปฏิบัติการคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้หลอดเลือดชนิด Clotted blood เพื่อทำการวิเคราะห์สารชีวเคมีแต่ละตัว

1.14) บีดีเอ็นเอฟ (BDNF; Brain- derived Neurotrophic Factor)

1.15) อินเตอร์ลิวคินวัน (Interleukin-1; IL-1)

1.16) อินเตอร์ลิวคินซิก (Interleukin-6; IL-6)

1.17) อดิโพเนคติน (Adiponectin)

1.18) ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO)

1.19) ทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF- $\alpha$)

ทำการเจาะเลือดที่ห้องปฏิบัติการคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นนำเลือดไปปั่นที่ความเร็ว 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. ประเมินดังตัวแปรต่าง ๆ ต่อไปนี้

**2.1 ตัวแปรทางด้านสรีรวิทยา (Physiology variables)** หลังจากผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการเจาะเลือดเสร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพักและรับประทานอาหารเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยนัดพบผู้เข้าร่วมวิจัยที่ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เวลา 10.00 น. เพื่อทดสอบตัวแปรทางด้านสรีรวิทยา ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดแบบที่ไม่ต้องนำอุปกรณ์ใส่เข้าไปในร่างกาย ตามลำดับ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทดสอบ ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- น้ำหนักตัว (Body weight) ส่วนสูง (Height) และดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) วัดด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบร่างกาย (dual-energy x-ray absorptiometry; DEXA) ยี่ห้อจีอี เฮลท์แคร์ รุ่นโพรไดจี ประเทศสหรัฐอเมริกา (GE Healthcare Lunar, Madison, WI, USA) เพื่อประเมินองค์ประกอบของร่างกายภายหลังการทดลอง 12 สัปดาห์
- รอบเอว (Waist measurement) วัดด้วยสายวัดเอว โดยค่ารอบเอวจะมีความสัมพันธ์กับไขมันในช่องท้อง (Spratt & Woodmansee, 2012)
- อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate; RHR) และความดันโลหิตขณะพัก (Resting blood pressure; Resting BP) วัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ความดันโลหิตแบบดิจิตอลขณะพัก ยี่ห้อ จีอี ไดนาแมบ รุ่นแคร์สเคบ วี 100 (GE Dinamap, Carescape V100)

**2.2 ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดแบบที่ไม่ต้องนำอุปกรณ์ใส่เข้าไปในร่างกาย (Noninvasive assessment of vascular function)**

**2.2.1 การตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity)** เป็นการทดสอบการตอบสนองของหลอดเลือดสมองด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (Cerebral $CO_2$ reactivity test) เพื่อทำการวิเคราะห์ความสามารถการหดตัวและขยายตัวของหลอดเลือดสมองภายหลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงความดันคาร์บอนไดออกไซด์ (Partial pressure $CO_2$) โดยการใช้เครื่องอัลตราซาวด์ (Philips, Andover, MA, USA) และหัวตรวจ (CX50 S5-1 Transducer) ที่ให้ความถี่ของคลื่น 5 ถึง 1 MHz โดยทำการวัดความเร็วของหลอดเลือดสมอง (Cerebral blood flow velocity:CBFV) ในหลอดเลือดสมอง middle cerebral artery ข้างซ้าย ที่ระดับความลึกของการตรวจ 30-65 มิลลิเมตร (Hacke, 2011) โดยมีตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยของหลอดเลือดสมอง (Time average peak velocity; TAPV) ความเร็วเฉลี่ยของเลือดช่วงหัวใจบีบตัว (Peak systolic velocity; PSV) ความเร็วของเลือดช่วงหัวใจคลายหัว (End diastolic velocity; EDV) และค่าความต้านทานของหลอดเลือดสมอง (Pulsatility index; PI)

การทดสอบการตอบสนองของหลอดเลือดโดยวิธีการทดสอบการตอบสนองของหลอดเลือดสมองด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (Cerebral $CO_2$ reactivity test) (Tarumi & Zhang, 2018; Zhu et al., 2013) แบ่งเป็น 3 สภาวะ ได้แก่ สภาวะที่ 1 สภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติหรือขณะพัก (Normocapnic; baseline) สภาวะที่ 2 สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hypocapnic) ซึ่งเป็นสภาวะที่ผู้เข้าร่วมมีการหายใจเร็วกว่าปกติที่ 1 ลมหายใจต่อ 1 วินาที ส่งผลให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือด และสภาวะที่ 3 สภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ (Hypercapnic) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเพื่อรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 5% เพื่อให้หลอดเลือดขยายตัว รายละเอียดของวิธีการวัดดังแสดงในภาคผนวก ซ การทดสอบการตอบสนองของหลอดเลือด ผู้วิจัยจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงายบนเตียงตลอดการเก็บข้อมูล เพื่อไม่ให้เกิดการ

เคลื่อนไหวของร่างกาย ซึ่งจะส่งผลต่อตัวแปรที่สนใจได้ ค่าที่บันทึกได้ทั้ง 3 สภาวะจะเป็นตัวแปรในการวิเคราะห์ตัวแปรทางการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) ดังนี้ (Zhu et al., 2013)

- **ดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index)** มีหน่วยเป็น %cm/s*mmHg$^{-1}$ สูตร %$\Delta$MCAV/$\Delta$EtCO$_2$ หรือ $\Delta$CBFV/EtCO$_2$ หมายถึง ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความเร็วการไหลเวียนหลอดเลือด MCA เมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกเปลี่ยนแปลงไป

- **ดัชนีความสามารถในการไหลของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance Index; CVCi)** มีหน่วยเป็น cm/sec*mmHg$^{-1}$ สูตร MCA-CBFV/MAPหมายถึง ความดันโลหิตที่มีผลต่อการไหลของเลือดในหลอดเลือด MCA

- **ดัชนีความสามารถการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง ( Cerebrovascular conductance index)** มีหน่วยเป็น %cm/s*mmHg$^{-1}$ สูตร %$\Delta$CVCi/$\Delta$EtCO$_2$

หมายถึง เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงการไหลของเลือดในหลอดเลือด MCA เมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่หายใจออกมีค่าเปลี่ยนแปลงไป

ทั้งนี้ค่าการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) จะคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของความเร็วของการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิล ซีรีบอล อาร์เทอร์รี่ (Middle cerebral artery – Cerebral blood flow celocity; MCA – CBFV) เมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก (EtCO$_2$) มีการเปลี่ยนแปลงไปในช่วงต่าง ๆ คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) ระหว่างช่วงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติและช่วงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Normocapnic – Hypocapnic) โดยค่าการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) ในช่วงนี้จะบ่งชี้ถึงการตอบสนองของหลอดเลือดสมองเมื่อถูกกระตุ้นให้หดตัว (Vasoconstriction)

2) ระหว่างช่วงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติและช่วงคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Normocapnic – Hypercapnic) โดยค่าการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) ในช่วงนี้จะบ่งบอกถึงการตอบสนองของหลอดเลือดสมองเมื่อถูกกระตุ้นให้หลอดเลือดคลายตัว (Vasodialation)

3) ระหว่างช่วงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Hypocapnic – Hepercapnic) โดยค่าการตอบสนองของหลอดเลือด

(Cerebrovascular reactivity) ในช่วงนี้จะบ่งถึงการตอบสนองของหลอดเลือดสมองเมื่อถูกกระตุ้นให้มีการหดตัว (Vasoconstriction) และคลายตัว (Vasodilation)

สำหรับความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในสมองมิดเดิล ซีรีบอล อาร์เทอร์รี่ (Pulsatility index; PI) ที่ได้บันทึกค่าที่ได้จากการคำนวณความต่างระหว่างความเร็วของหลอดเลือดในช่วงหัวใจบีบตัว (Peak systolic velocity; PSV) และความเร็วของเลือดในช่วงหัวใจคลายตัว (End diastolic velocity; EDV) หารด้วยความเร็วเฉลี่ยของการไหลของเลือด (Mean flow velocity) สามารถเขียนสูตรได้ดังนี้ (PSV-EDV)/MFV ซึ่งแสดงถึงการต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Alexandrov, 2011) โดยค่าความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในสมองมิดเดิล ซีรีบอล อาร์เทอร์รี่ ใช้เพื่อประเมินความต้านทานในการทำนายการเกิดโรคแทรกซ้อนที่เกิดจากเบาหวาน หรือ ทำนายการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง (Wielicka et al., 2020)

**2.2.2 ความหนาของผนังหลอดเลือด (Intima-Media Thickness; IMT)** เป็นการทดสอบของหลอดเลือดแดงคาโรติด (Carotid artery) บริเวณลำคอด้านข้าง โดยใช้เครื่องอัลตร้าซาวด์ (Philip, EPIQ 5G, USA) วัดความหนาของผนังหลอดเลือดแดงคาโรติด โดยห่างจาก Carotid bulb 1-2 เซนติเมตร ให้ผู้เข้าร่วมเอียงคอ 45 องศา ทำการวัดผนังหลอดเลือด จากนั้นวิเคราะห์ความหนาผ่านโปรแกรม QLAB การประเมินความหนาของผนังหลอดเลือดเพื่อประเมินภาวะหลอดเลือดแดงแข็งจากการที่ไม่แสดงอาการ (subclinical atherosclerosis) (Simova, 2015)

**2.2.3 คลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (Brachial-ankle pulse wave velocity; baPWV)** (รูปที่ 10) เพื่อบ่งชี้ถึงโครงสร้างและการทำงานของหลอดเลือด หรือ เรียกว่า การแข็งตัวของหลอดเลือด (Arterial stiffness) เป็นการตรวจโดยการใช้วิธีการแบบ Noninvasive ด้วยเครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด (VP-1000plus; Omron Healthcare, Kyoto, Japan) (Chuensiri et al., 2015) เป็นการวัดเวลาที่แตกต่างของการสูบฉีดเลือด (Brachial-ankle time delay) ที่หลอดเลือดบริเวณต้นแขน (Brachial artery) และหลอดเลือดบริเวณข้อเท้า (Posterior tibial artery) เครื่องจะทำการวัดความยาวจากจุดที่วัดทั้ง 2 จุด คำนวณค่าคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (Brachial-ankle pulse wave velocity: baPWV) ดังสูตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**รูปที่ 10** การทดสอบความแข็งของหลอดเลือดแดง

$$baPWV\ (cm/sec) = L/\Delta T\ (Ta\text{-}Tb)$$

โดยกำหนดให้ L คือ ระยะทางระหว่างหลอดเลือดแดงตรงตำแหน่งข้อพับแขน (Brachial artery) กับหลอดเลือดแดงตรงตำแหน่งข้อเท้าใต้ตาตุ่ม (Posterior tibial artery) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

Tb คือ ค่าเฉลี่ยเวลาระหว่างคลื่นสัญญาณชีพจรของหลอดเลือดแดงตรงตำแหน่งข้อพับแขน (Brachial artery) มีหน่วยเป็น วินาที หาได้จากการวัดความแตกต่างของเวลาที่เลือดไหลจากหัวใจ (sternal notch) ไปถึงตำแหน่งข้อพับแขน

Ta คือ ค่าเฉลี่ยเวลาระหว่างคลื่นสัญญาณชีพจรของหลอดเลือดแดงตรงตำแหน่งข้อเท้าใต้ตาตุ่ม (Posterior tibial artery) มีหน่วยเป็น วินาที หาได้จากการวัดความแตกต่างของเวลาที่เลือดไหลจากหัวใจ (sternal notch) ไปถึงตำแหน่งข้อเท้าใต้ตาตุ่ม

ซึ่งมีขั้นตอนการวัดดังนี้

1) ให้ผู้เข้าร่วมนอนหงายบนเตียง จากนั้นทำความสะอาดบริเวณข้อมือทั้ง 2 ข้างและหน้าอกส่วนบนด้านซ้ายด้วย Alcohol

2) ผู้วิจัยทำการติด Cuff ไว้ที่บริเวณแขนและข้อเท้าทั้ง 2 ข้าง ของผู้เข้าร่วม และนำ electrodes ของอุปกรณ์สำหรับวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจติดไว้ที่ข้อมือ รวมถึงนำคลื่นเสียงการเต้นของหัวใจ (PCG) ติดไว้ตรงฝั่งซ้ายใกล้กับกระดูกหน้าอก sternum (Sternal notch)

3) เมื่อเริ่มทำการวิเคราะห์ ผู้วิจัยแจ้งให้ผู้เข้าร่วมงดใช้เสียงและนอนนิ่งเป็นเวลาประมาณ 10 นาที

**2.2.4 ความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือด (Arterial compliance)**

เป็นการประเมินความสามารถของผนังหลอดเลือดแดงในการขยายผนังหลอดเลือด ซึ่งจะแปลผกผันกับการแข็งตัวของหลอดเลือดแดง (Arterial stiffness) arterial compliance

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

คือ การเปลี่ยนของปริมาณเลือด (Change arterial blood volume; $\Delta$V) ที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของความดันเลือด (Change in arterial blood pressure; $\Delta$P) (Spancer and Dennison, 1963) ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{Arterial compliance} = \{(sD - dD)/ sD] / (2 \times [SBP - DBP]) \times \pi \times sD$$

กำหนดให้ sD (Systolic diameter) คือ ความกว้างของหลอดเลือดคาโรติด (Carotid artery) ขณะหดตัว (Vasoconstriction) และ dD (Diastolic diameter) คือ ความกว้างของหลอดเลือดคาโรติด (Carotid artery) ขณะขยายตัว (Vasodilation) ที่ได้จากการใช้เครื่องอัลตราซาวด์ (Philips, Andover, MA, USA) ประเมินหลอดเลือด carotid artery โดยใช้โหมด brightness-mode

กำหนดให้ SBP (Systolic blood pressure) และ DBP (Diastolic blood pressure) ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการวัดคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (Brachial-ankle pulse wave velocity; baPWV) โดยใช้เครื่องวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด (VP-1000plus; Omron Healthcare, Kyoto, Japan) มีขั้นตอนการวัดดังนี้

1) ให้ผู้เข้าร่วมนอนหงายบนเตียง จากนั้นทำความสะอาดบริเวณข้อมือทั้ง 2 ข้างและหน้าอกส่วนบนด้านซ้ายด้วย Alcohol

2) ผู้วิจัยทำการติด Cuff ไว้บริเวณต้นแขนและข้อเท้าทั้ง 2 ข้าง ของผู้เข้าร่วม และนำ electrodes ของอุปกรณ์สำหรับวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจติดไว้ที่ข้อมือ รวมถึงนำคลื่นเสียงการเต้นของหัวใจ (PCG) ติดไว้ตรงฝั่งซ้ายใกล้กับกระดูกหน้าอก sternum (Sternal notch)

3) เมื่อเริ่มทำการวิเคราะห์ ผู้วิจัยแจ้งให้ผู้เข้าร่วมงดใช้เสียงและนอนนิ่งเป็นเวลาประมาณ 10 นาที

**2.2.5 การขยายของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน (Flow mediated dilation; FMD)** (ภาคผนวก ฌ) เป็นการวัดการขยายตัวของหลอดเลือดเบรเคลียลในการตอบสนองต่อภาวะเลือดคั่งเฉพาะแห่ง (Reactive hyperemia) โดยใช้ประเมินการทำงานของเยื่อบุผนังหลอดเลือด (Thijssen et al., 2011) ทำการวัดโดยใช้เครื่องอัลตราซาวน์ ยี่ห้อ Philip (EPIQ5, Philips Healthcare, Andover, MA, USA) ใช้วิธีการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือด Brachial ที่แขนข้างขวา โดยการให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงายเป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นทำการวัด FMD โดยการใช้หัวอัลตราซาวน์วัดที่ตำแหน่งเหนือ antecubital fossa ก่อนการปิดกั้นการไหลเวียน เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นทำการปิดกั้นการไหลเวียนเลือดด้วยการให้แรงดันของ cuff ที่มากกว่าความดันโลหิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขณะหัวใจบีบตัว 50 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทำการเปิดการปิดกั้นการไหลเวียนเพื่อให้หลอดเลือดขยายตัว และทำการวัดขณะหลอดเลือดขยายตัวสูงสุด การวิเคราะห์เส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดเลือดจะใช้ Brachial Analyzer for Research (Vascular Research Tools, Medical Imaging Applications LLC, Coralville, IA, USA)

**2.3 ตัวแปรด้านพุทธิปัญญา (Cognitive function test)** ทำการประเมินภาวะพุทธิปัญญาด้วยแบบแระเมินและแบบทดสอบต่าง ๆ ดังนี้

**2.3.1 แบบประเมินพุทธิปัญญา (Montreal Cognitive Assessment; MoCA-T)** (ภาคผนวก ช) เป็นแบบสอบถามที่ประกอบไปด้วย 11 หัวข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยสามารถประเมินพุทธิปัญญา (Cognitive) ด้านต่าง ๆ ฉบับภาษาไทยที่พัฒนาโดย พญ.โสพพัทธ์ เหมรัญช์โรจน์ ปี พ.ศ. 2547 (รัตนวัตร์ et al., 2561) มีค่าความไว 90% และค่าจำเพาะ 87% (Hemrungrojn, 2011) และมีค่าสหสัมพันธ์ (Intraclass correlation) เท่ากับ 0.966 แบบประเมินพุทธิปัญญา ใช้เพื่อประเมินพุทธิพิสัยในหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ ด้านการบริหารจัดการ การเรียกชื่อ สมาธิ การใช้ภาษา ความคิดเชิงนามธรรม เป็นต้น (Hobson, 2015)

**2.3.2 แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (Mini–Mental State Examination Thai; MMSE-T)** (ภาคผนวก ญ) เป็นแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นที่ประกอบไปด้วย 11 หัวข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน ซึ่งสถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุร่วมกับคณะกรรมการจัดทำแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย มีค่าความไว (sensitivity) 79.8% และค่าจำเพาะ 81.3% (Mitchell, 2009) แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย ใช้เพื่อประเมินพุทธิพิสัยหลายๆ ด้าน ได้แก่ การรับรู้สภาวะรอบตัวเรื่องของเวลา การรับรู้สภาวะรอบตัวเรื่องของสถานที่ สมาธิและการคำนวณ การใช้ภาษา และการทวนซ้ำ เป็นต้น (Su et al., 2021)

**2.3.3 แบบทดสอบสทรูป (Stroop test-T)** ถูกคิดค้นขึ้นจาก จอห์น ริดลีย์ สตรูป (John Ridley Stroop) นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน ขณะศึกษาในระดับปริญญาเอก สาขาจิตวิทยาการทดลอง (Experimental Psychology) ความสำคัญของ Stroop Test คือ ใช้ประเมินการทำงานของความคิดและประสิทธิภาพของสมอง (cognitive functions) ร่วมกับการรับรู้ (perception) และความจำ (Jitkamhaeng et al., 2019) โดยในการวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม EncephalApp Stroop test เวอร์ชันภาษาไทย จัดทำโดย หน่วยโรคทางเดินอาหารและตับ กองอายุรกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ที่ได้ดัดแปลงมาจาก (Bajaj, 2013) โดยใช้ Stroop color-word โดยการให้อาสาสมัครเลือกสีของคำที่ปรากฏบนหน้าแท็ปเล็ตให้ถูกต้อง ดังตัวอย่างเช่น คำที่ปรากฏบนหน้าจออ่านว่า “สีแดง” แต่สีที่ปรากฏ คือ สีน้ำเงิน ดังนั้นจะต้องเลือกสีน้ำเงินถึงจะถูกต้อง ไม่ใช่สีแดง โดยจะต้องตอบให้ถูกทั้งหมด 5 ชุด ถึงจะสำเร็จ บันทึกข้อมูลออกมาเป็นเป็นหน่วยเวลา (วินาที)

แบบทดสอบสทรูป ใช้เพื่อประเมินพุทธิพิสัยด้านสมาธิ ความจำ ความเร็วในการประมวลผล (Kane & Engle, 2003)

**2.3.4 แบบทดสอบสมาธิ Trail Making Test B Thai modified (TMT-B)** (ภาคผนวก ฎ) : ซึ่งเป็นแบบทดสอบย่อยใน Halateal-Reitan of Neuropsychological test ที่ดัดแปลงมาเป็นภาษาไทย เกณฑ์สำหรับปกติ คือ ไม่เกิน 89 วินาที สำหรับอายุ 60 ปีขึ้นไป แบบทดสอบประกอบไปด้วยตัวเลข 1-13 และตัวย่อเดือนเป็นภาษาไทย ม.ค. - ธ.ค. รวมทั้งสิ้น 25 ตัว โดยตัวเลขและ/หรือตัวอักษรมีการเรียงแบบกระจายกันและเมื่อลากโยงเส้นเชื่อมต่อ เส้นที่ลากจะไม่ตัดกัน (ชมภูคำ & วงแพทย์, 2550) แบบทดสอบสมาธิ (TMT-B) เป็นแบบประเมินพุทธิพิสัด้านสมาธิและการบริหารจัดการ (Corrigan & Hinkeldey, 1987)

**2.4 ตัวแปรด้านสุขสมรรถนะ**

การทดสอบตัวแปรด้านสุขสมรรถนะใช้แบบทดสอบสำหรับผู้สูงอายุ (Health related physical fitness test) (Purath et al., 2009) มีองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

**2.4.1 การทดสอบความอ่อนตัวของร่างกาย (Flexibility testing)**

**1) นั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมเตะปลายเท้า (Chair sit and reach test)** เพื่อประเมินความยืดหยุ่นของหลังและขา (ภาคผนวก ฏ) ผู้เข้าร่วมนั่งเก้าที่เท้าสามารถสัมผัสพื้นและนั่งขอบเก้าอี้ ขาข้างไม่ถนัดให้วางฝ่าเท้าสัมผัสพื้น และเท้าข้างที่ถนัดเหยียดขาออก จากนั้นพับสะโพกแล้วเอื้อมนิ้วกลางของมือข้างเดียวกับขาที่เหยียดเอื้อมไปสัมผัสกับนิ้วกลางของปลายเท้าข้างที่เหยียดออก จากนั้นผู้วิจัยทำการวัดความห่างระหว่างนิ้วมือและนิ้วเท้า ถ้าสัมผัสกันหมายถึงมีระยะห่างเท่ากับศูนย์ จากนั้นเปลี่ยนข้าง (Purath et al., 2009)

**2) เอื้อมแตะหลัง** เพื่อประเมินความอ่อนตัวของหัวไหล่ (ภาคผนวก ฐ) ผู้เข้าร่วมทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อบริเวณไหล่ สะบัก หน้าอก และ และแขน จากนั้นยืนตัวตรง ยกแขนขวาขึ้นเหนือไหล่ แล้วงอศอกลงด้านหลังในท่าคว่ำมือ โดยให้ฝ่ามือและนิ้วมือวางราบแตะลงบนหลัง จากนั้นกดลงไปด้านล่างให้ได้มากที่สุด ผู้เข้าร่วมวิจัยยกแขนซ้ายไปด้านหลังในท่าบิดแขนเข้าด้านใน แล้วงอข้อศอกพับขึ้นให้หลังมือวางแนบกับลำตัวด้านหลังยกขึ้นให้สูงที่สุด ผู้เข้าร่วมเคลื่อนมือขวาและมือซ้ายเข้าหากันให้ได้มากที่สุด ทำค้างไว้ประมาณ 3 วินาที แล้วกลับสู่ท่าแขนปล่อยข้างลำตัว ทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง จากนั้นเปลี่ยนข้าง การประเมินจะวัดระยะห่างระหว่างปลายนิ้วกลางของมือบนกับส่วนปลายของกระดูกเรเดียส (Radial styloid process) ของมือล่าง (Purath et al., 2009)

**2.4.2 การทรงตัว (Balance)**

**1) การเดินและกลับตัว 3 เมตร (time up and go test)** (ภาคผนวก ฑ) เป็นการทดสอบการทรงตัวแบบเคลื่อนที่ ผู้เข้าร่วมนั่งเก้าอี้ ฝ่าเท้าทั้งสองสัมผัสพื้น เมื่อเริ่มทดสอบ

ผู้เข้าร่วมลุกขึ้นและเดินไปยังเป้าหมายที่มีระยะห่างจากจุดเริ่มต้น 3 เมตร จากนั้นอ้อมเป้าหมายแล้วกลับมานั่งที่เดิม โดยผู้ทดสอบจะทำการจับเวลาตั้งแต่เริ่มจนถึงกลับมานั่ง (Purath et al., 2009)

**2.4.3 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength)**

**1) การทดสอบลุกนั่ง (Chair stand)** (ภาคผนวก ฒ) ผู้วิจัยจะใช้เก้าอี้ที่ไม่มีพนักพิงแขน ความสูงพอที่ให้ผู้เข้าร่วมนั่งแล้วเท้าสัมผัสพื้น เริ่มแรกให้ผู้เข้าร่วมนั่งเก้าอี้ จากนั้นเมื่อเริ่มทดสอบให้ลุกขึ้นโดยที่มือทั้ง 2 จับบริเวณหัวไหล่ในลักษณะไขว้กัน จะจับเวลา 30 วินาที ลุก-นั่ง ให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุด (Purath et al., 2009)

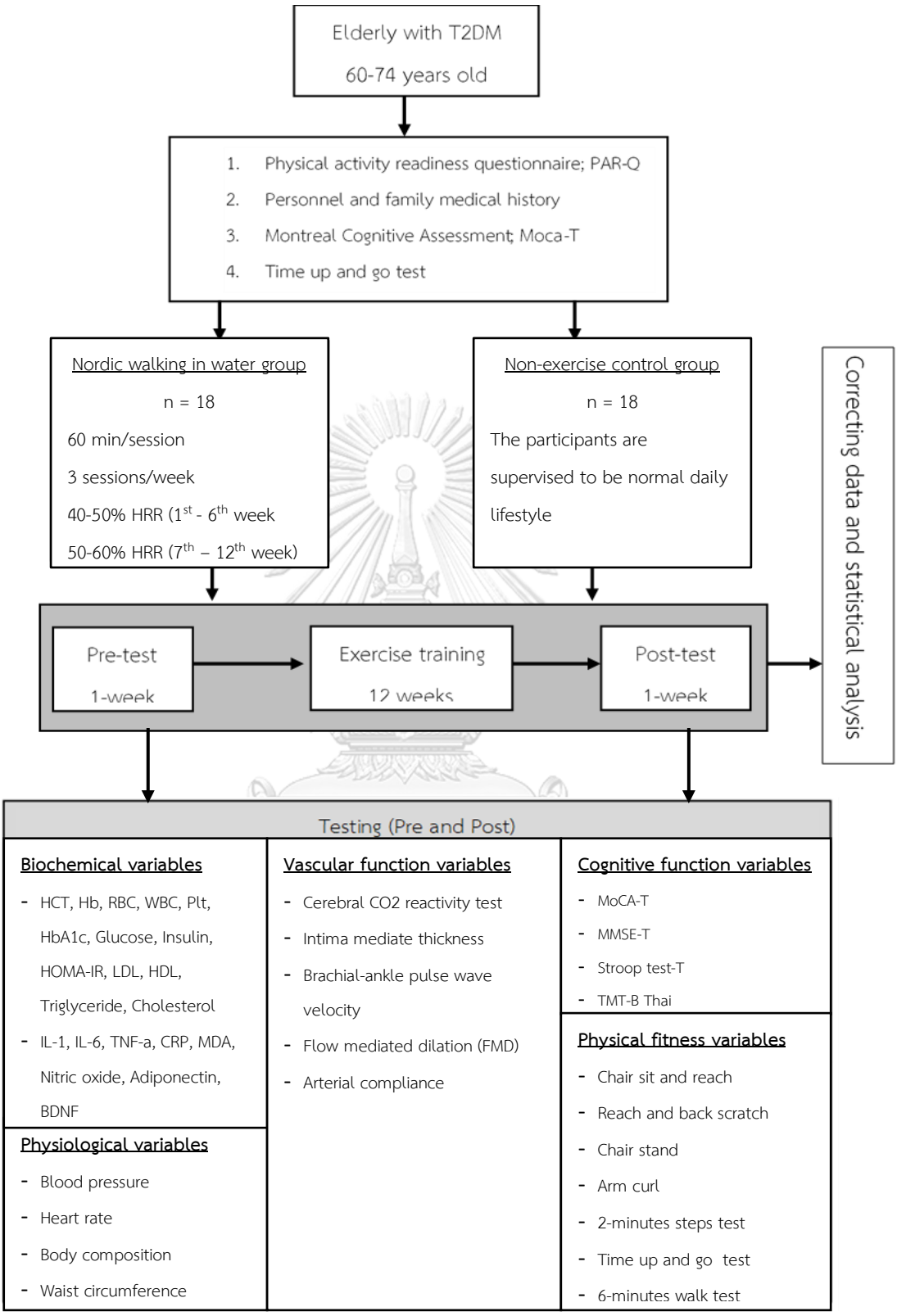
**2) การทดสอบงอแขน (Arm curl)** (ภาคผนวก ณ) ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมทำการถือลูกเหล็กข้างที่ถนัด สำหรับผู้หญิงจะใช้ 5 ปอนด์ และผู้ชายจะใช้ 8 ปอนด์ ผู้เข้าร่วมยกลูกเหล็กด้วยการงอแขนสุด และเหยียดแขนสุดนับเป็น 1 ครั้ง ผู้เข้าร่วมทำให้ได้มากที่สุดภายใน 30 วินาที (Purath et al., 2009)

**2.2.4 สมรรถภาพของหัวใจและปอด (Cardiorespiratory fitness)**

**1) การยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที (2-min step test)** เป็นการประเมินความสามารถทางด้านการทำกิจกรรมและความทนทานของกล้ามเนื้อรยางค์ล่าง (Wegrzynowska-Teodorczyk et al., 2020) ผู้วิจัยหาความสูงในการยกเข่าสำหรับผู้สูงอายุแต่ละคนจะอยู่ที่จุดกึ่งกลางระหว่างเข่าและขอบบนของกระดูกสะโพก เมื่อผู้วิจัยให้คำสั่ง “เริ่ม” ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยกขาสูงอยู่กับที่ ให้ได้มากครั้งที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในเวลา 2 นาที ผู้วิจัยจะนับครั้งของการยกขาเมื่อยกเข่ามาถึงจุดที่กำหนดไว้เพียงเท่านั้น (Purath et al., 2009)

**2) เดิน 6 นาที (6-minutes walk test)** เป็นการทดสอบเกี่ยวกับการทำงานในระดับต่ำกว่าสูงสุด (Sub-maximal exercise test) ที่ใช้สำหรับประเมินความสามารถทางด้านการทำกิจกรรมเป็นระยะเวลายาวนาน (B. Pollentier et al., 2010) ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินด้วยความเร็วที่สามารถทำได้ เป็นระยะเวลา 6 นาที โดยเป็นการเดินที่ระยะทางขั้นต่ำ 15 เมตร แล้วกลับตัว ทั้งนี้เนื่องจากระยะทางที่น้อยกว่า 15 เมตร จะส่งผลต่อระยะทางที่เดินได้สูงสุดใน 6 นาที (6-minutes walk distance) (Brittany Pollentier et al., 2010)

โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยสรุป ดังแสดงในรูปที่ 11




**รูปที่ 11** ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

**ขั้นตอนที่ 6 การฝึกตามโปรแกรมการออกกำลังกาย**

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ได้รับการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ซึ่งก่อนจะเข้าโปรแกรมการฝึก ผู้วิจัยทำการแบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) แบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 18 คน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 จำนวน 10 คน และกลุ่มที่ 2 จำนวน 8 คน

2) กำหนดให้กลุ่มที่ 1 ฝึกในวันจันทร์ พุธ และศุกร์ และ กลุ่มที่ 2 ฝึกในวันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์

3) แบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มที่ 1 ออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ฝึกซ้อม และแบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มที่ 2 ออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ฝึกซ้อม

4) ครั้งแรกของการฝึกในแต่ละสัปดาห์ของการฝึก ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการตรวจโควิด 19 โดยใช้ชุดตรวจโควิด Antigen Test Kit (ATK) 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ตามมาตรการป้องกันโควิด 19

5) ใช้สระว่ายน้ำของ Aqua Rich Thailand ที่อยู่ 5/199 หมู่บ้านวรารมย์สโมสรวรารมย์เฟส15 ซอย18 แขวงบางบอน เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร 10150 ซึ่งอยู่ห่างจากโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ 2 กิโลเมตร เพื่อใช้ทำการฝึกผู้เข้าร่วมวิจัย อีกทั้งเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ผู้วิจัยจะดำเนินการปฐมพยาบาลเบื้องต้น พร้อมทั้งติดต่อนายแพทย์ อนพัทย์ นิธิธรรมลักษณ์ ซึ่งเป็นแพทย์ผู้ดูแลผู้เข้าร่วมวิจัยตลอดการเก็บข้อมูล เพื่อขอคำแนะนำและการช่วยเหลือในการนำผู้เข้าร่วมวิจัยส่งโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ ได้ทันที ผู้วิจัยทำการติดต่อกับผู้รับผิดชอบสระน้ำในการขอแบ่งเวลาในการใช้สระน้ำเพื่อทำการฝึกซ้อม โดยได้ข้อตกลงที่ว่า เจ้าของสระว่ายน้ำจะให้ผู้วิจัยจองวันเวลาใช้สระว่ายน้ำ โดยให้ผู้วิจัยจัดตารางสำหรับการฝึกระยะเวลา 12 สัปดาห์ ล่วงหน้า 1 เดือน ก่อนที่จะเข้าใช้สระว่ายน้ำ เพื่อที่ทางเจ้าของสระว่ายน้ำจะทำการจองวันเวลาไว้ให้ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการกำหนดวันและเวลาฝึกที่ตรงกันทุกครั้ง ตลอดระยะเวลาของการฝึกออกกำลังกาย โดยแบ่งกลุ่มของการฝึกเป็น กลุ่มที่ 1 ฝึก จันทร์ พุธ และศุกร์ และกลุ่มที่ 2 ฝึก อังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ สระว่ายน้ำ Aqua Rich Thailand เป็นสระว่ายน้ำสำหรับธาราบำบัดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ได้ อุณหภูมิของน้ำจะอยู่ที่ 34 - 36 องศาเซลเซียส ตรงตามการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา อีกทั้งสระว่ายน้ำมีพื้นของสระที่ลาดเอียง โดยมีความลึกตั้งแต่ 110 เซนติเมตร ถึง 135 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 12

**รูปที่ 12** สระธาราบำบัดของ Aqua Rich Thailand

มีรูปแบบการฝึกมีดังนี้

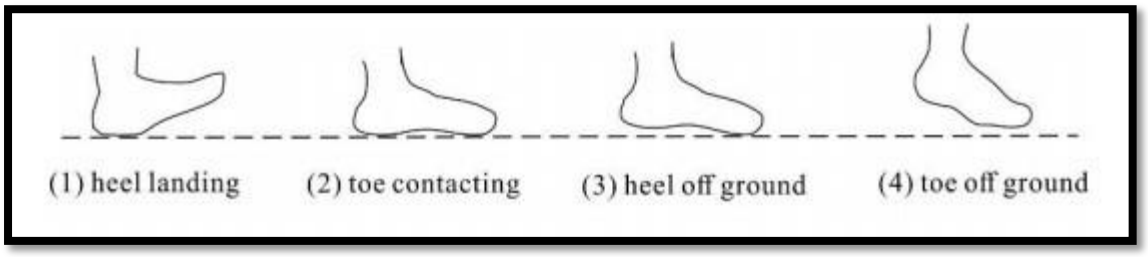
**1. การฝึกซ้อมการเดินแบบนอร์ดิกบนบก**

การฝึกซ้อมการเดินแบบนอร์ดิกบนบก เพื่อสร้างความคุ้นเคย โดยมีระยะเวลาการฝึกต่อครั้งนาน 30 นาที รวมทั้งสิ้น 2 ครั้ง ที่ซึ่งมีรูปแบบการเดินแบบนอร์ดิกดังต่อไปนี้

1.1) รูปแบบการเดินประกอบไปด้วย (รูปที่ 13)

- ส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike)
- ฝ่าเท้าราบกับพื้น (Foot flat)
- ฝ่าเท้าราบกับพื้นและอยู่ตรงกลางช่วงของการที่เท้าแตะพื้น (Mid stance)
- ส้นเท้าเริ่มลอยจากพื้น (Heel off)
- ปลายนิ้วเท้าลอยจากพื้น (Toe off)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




**รูปที่ 13** รูปแบบการเดิน

1.2) รูปแบบการเดินแบบนอร์ดิก มีดังต่อไปนี้

- การเหวี่ยงแขนและการก้าวเท้า แขนข้างเหวี่ยงจะต้องเคลื่อนไหวมาด้านหน้าพร้อมกับการก้าวเท้าคนละข้างกับแขน
- ปักไม้นอร์ดิกของแขนข้างที่เหวี่ยงมาด้านหน้าให้อยู่ระดับเดียวกับสะดือ จับไม้นอร์ดิกแบบกระชับ ไม้นอร์ดิกจะต้องปักที่พื้นช่วงเวลาเดียวกับขาข้างตรงข้ามกับไม้นอร์ดิกสัมผัสพื้น
- ขณะดึงไม้นอร์ดิกไปด้านหลัง ควรให้ผ่านแนวของสะโพก
- ห้ามลากไม้กับพื้นขณะเดินแบบนอร์ดิก

**2. การฝึกซ้อมเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ**

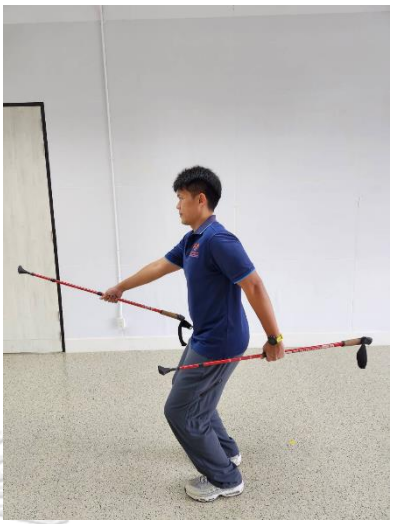
ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำโดยใช้รูปแบบการเดินเหมือนกับบนบก แต่ขณะเดินผู้วิจัยจะทำการบันทึกวีดีโอใต้น้ำเพื่อนำมาตรวจสอบความถูกต้องของการเดินนอร์ดิกในน้ำ เพื่อที่ในครั้งถัดไปผู้วิจัยจะทำการแจ้งผู้เข้าร่วมวิจัยถึงการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่จะต้องแก้ไข สำหรับการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำจะใช้ระดับน้ำในระดับอก หรือ Xiphoid process ของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน เนื่องจากน้ำระดับนี้ส่งผลต่อการเพิ่มการไหลเวียนเลือดที่สมอง (Carter et al., 2014) และการเคลื่อนไหวของร่างกายไม่ยากจนเกินไป ใช้ระยะเวลาการฝึกซ้อม 20 นาทีต่อครั้ง ทำการฝึกซ้อมเดินนอร์ดิกในน้ำอย่างน้อย 2 ครั้ง

**3. โปรแกรมการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ** โดยการนำรูปแบบการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ที่ได้รับการพัฒนาจากขั้นตอนที่ 2 ประกอบไปด้วย

**3.1 การอบอุ่นร่างกาย (Warm up)**

ก่อนการลงเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที ด้วยท่าการเคลื่อนไหวร่างกายดังต่อไปนี้

1) ท่า Swing and bounce (ดังแสดงในรูปที่ 14) เป็นท่าบริหารกล้ามเนื้อแขน หัวไหล่ และต้นขา ผู้เข้าร่วมวิจัยถือไม้นอร์ดิกโดยให้แขนขวาเหยียดออกไปด้านหน้าและแขนซ้ายเหยียดออกไปด้านหลัง จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยงอเข่าพร้อมทั้งกางแขนซ้ายไปด้านหน้าและดึงแขนขวาไปทางด้านหลัง จากนั้นเข่าเหยียดตึงและแขนเหวี่ยงสลับกลับมาจุดเริ่มต้น ทำทั้งหมด 10 ครั้ง



**รูปที่ 14** แสดงท่าบริหารกล้ามเนื้อแขน หัวไหล่ และต้นขา

2) ท่า Toe raise (ดังแสดงในรูปที่ 15) เป็นท่าบริหารกล้ามเนื้อน่องและฝ่าเท้า เริ่มแรกผู้เข้าร่วมวิจัยจับไม้นอร์ดิก จากนั้นงอศอกประมาณ 90 องศา พร้อมทั้งวางไม้นอร์ดิกไปด้านหน้า โดยห่างจากปลายเท้าประมาณ 60 เซนติเมตร ต่อมายกส้นเท้าขึ้นจากพื้นให้ได้มากที่สุด แล้วกลับไปที่จุดเริ่มต้น ทำทั้งหมด 10 ครั้ง

**รูปที่ 15** แสดงท่าบริหารกล้ามเนื้อน่องและฝ่าเท้า

3) ท่า Chest opener (ดังแสดงรูปที่ 16) เป็นท่าบริหารกล้ามเนื้อหน้าอก เริ่มแรกผู้เข้าร่วมวิจัยจับไม้นอร์ดิกและวางไม้ไปทางด้านหน้า พร้อมทั้งเอนลำตัวไปทางด้านหน้า จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยเอนตัวมาด้านหลังเพื่อยืนตัวตรงพร้อมทั้งกางแขนออกไปทางด้านข้างเพื่อบริหารกล้ามเนื้อหน้าอก จากนั้นกลับมาที่ท่าเริ่มต้น ทำทั้งหมด 10 ครั้ง

**รูปที่ 16** แสดงท่าบริหารกล้ามเนื้อหน้าอก

4) ท่า Walking Lunge (ดังแสดงในรูปที่ 17) เป็นท่าบริหารกล้ามเนื้อสะโพกและต้นขา เริ่มแรกผู้เข้าร่วมวิจัยยืนตัวตรง ปลายไม้นอร์ดิกวางห่างจากปลายเท้าประมาณ 4 ฟุต หรือ 120 เซนติเมตร ต่อมาผู้เข้าร่วมวิจัยก้าวขาข้างซ้ายมาด้านหน้า ส้นเท้าอยู่ระดับเดียวกับปลายไม้นอร์ดิก พร้อมทั้งงอเข่าทั้ง 2 ข้างลง หลังจากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยดันตัวขึ้นมายืนขาเดียว โดยให้ขาข้างซ้ายรับน้ำหนัก และก้าวขาขวาและไม้เท้านอร์ดิกทั้ง 2 ข้างมาด้านหน้าพร้อมทั้งงอเข่าลง จากนั้นกลับสู่ท่าเริ่มต้น ทำทั้งหมด 10 ครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**รูปที่ 17** แสดงท่าบริหารกล้ามเนื้อสะโพกและต้นขา

หลังจากที่ได้บริหารกล้ามเนื้อบนบกด้วยท่าบริหารทั้ง 4 ท่าแล้ว ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (รูปที่ 18) ที่มีระดับน้ำในระดับอก หรือ Xiphoid process ของแต่ละผู้เข้าร่วมวิจัย ระดับความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (HRR) เป็นระยะเวลา 5 นาที โดยผู้วิจัยได้เตรียมชุดว่ายน้ำ รองเท้าสำหรับเดินในน้ำเพื่อป้องกันการลื่น และถุงมือสำหรับใช้ในน้ำเพื่อป้องกันการเสียดสีจากเชือกของมือของไม้นอร์ดิก ไว้ให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัย

**รูปที่ 18** การเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ

**3.2 การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ** มีดังต่อไปนี้

1) การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ สัปดาห์ที่ 1 – 6 ประกอบด้วยการฝึก ดังนี้

| | |
|---|---|
| ความหนักของการฝึก | มีอัตราการเต้นของหัวใจความหนักประมาณ 40 – 50 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (HRR) |
| ปริมาณการฝึก | ระยะเวลา 40 นาที |
| ปริมาณการอบอุ่นร่างกาย | ระยะเวลา 10 นาที |
| ปริมาณการคลายอุ่น | ระยะเวลา 10 นาที |
| ปริมาณการฝึกทั้งหมด | ระยะเวลารวม 60 นาที |
| ความถี่การฝึก | 3 ครั้งต่อสัปดาห์ |
| ความเร็วการเดินเฉลี่ย | 1.2 – 1.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง |

2) การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ สัปดาห์ที่ 7 – 12 ประกอบด้วยการฝึก ดังนี้

| | |
|---|---|
| ความหนักของการฝึก | มีอัตราการเต้นของหัวใจความหนักประมาณ 50 – 60 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (HRR) |
| ปริมาณการฝึก | ระยะเวลา 40 นาที |
| ปริมาณการอบอุ่นร่างกาย | ระยะเวลา 10 นาที |
| ปริมาณการคลายอุ่น | ระยะเวลา 10 นาที |
| ปริมาณการฝึกทั้งหมด | ระยะเวลารวม 60 นาที |
| ความถี่การฝึก | 3 ครั้งต่อสัปดาห์ |
| ความเร็วการเดินเฉลี่ย | 1.4 – 1.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง |

**3.3 การคลายอุ่น (Cool down)**

การคลายอุ่นร่างกายด้วยการเดินในน้ำ หลังจากที่ฝึกด้วยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำเสร็จแล้ว ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินในน้ำแบบปกติ โดยไม่มีการควบคุมความหนัก เป็นระยะเวลา 10 นาที หลังจากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยขึ้นจากสระน้ำพร้อมทั้งยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยท่ายืดแบบพื้นฐานทั้งหมด 6 ท่า ได้แก่ ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา (รูปที่ 19) ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังขาและน่อง (รูปที่ 20) ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อก้น (รูปที่ 21) ท่ายืดเยียดกล้ามเนื้อหลัง (รูปที่ 22) ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อออก (รูปที่ 23) ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อหัวไหล่ (รูปที่ 24) ยืดค้าง 15 วินาที ทำท่าละ 1 รอบ เป็นระยะเวลา 10 นาที

**รูปที่ 19** ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา (Quadriceps muscles)

**รูปที่ 20** ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังขาและน่อง (Hamstring muscles)

**รูปที่ 21** ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อก้น (Gluteus muscles)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**รูปที่ 22** ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อหลัง (Back muscles)

**รูปที่ 23** ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้ออก (Chest muscle)

**รูปที่ 24** ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Shoulder muscle)

**<u>หมายเหตุ</u>**

- ผู้วิจัยได้มีการถ่ายวิดีโอใต้น้ำเกี่ยวกับการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ เพื่อนำมาตรวจสอบความถูกต้องของการเดิน แล้วทำการแจ้งผู้เข้าร่วมวิจัยให้แก้ไขการเดินในครั้งถัดไป และภายใน 1 ปี หลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย ผู้วิจัยจะทำลายวิดีโอของผู้เข้าร่วมวิจัยโดยการลบออกจากโทรศัพท์ คอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งตรวจสอบให้แน่ชัดแล้วว่าไม่มีวิดีโอของผู้เข้าร่วมวิจัยเหลืออยู่

- ก่อนเริ่มการออกกำลังกาย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว เพื่อวัดระดับน้ำตาล โดยกำหนดค่าระดับน้ำตาลที่สามารถออกกำลังกายได้ต้องมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และวัดความดันโลหิตเพื่อเป็นค่าตั้งต้น

- ถ้าระดับน้ำตาลน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทานคาร์โบไฮเดรตประมาณ 15 กรัม แล้ววัดระดับน้ำตาลใหม่

- ช่วงระหว่างการออกกำลังกาย ถ้าพบอาการระดับน้ำตาลต่ำ เช่น เวียนศีรษะ เหงื่อออกง่าย ปวดศีรษะ สายตาพร่ามัว ฉุนเฉียวง่าย ตัวสั่น หัวใจเต้นเร็ว อ่อนเพลีย หิวบ่อย ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหยุดการออกกำลังกายทันที และให้ทานน้ำหวานทันที

- ตลอดระยะเวลาการออกกำลังกายผู้วิจัยจะติดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) เพื่อแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจตลอดช่วงของการออกกำลังกาย

- ในระหว่างการฝึกในน้ำจะมีผู้คอยดูแลผู้เข้าร่วมวิจัยระหว่างฝึกจำนวน 3 คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ชีวพิทักษ์ (Lifeguard) ได้ผ่านการเข้าอบรมหลักสูตรการรักษาความปลอดภัยในกิจกรรมทางน้ำ ผู้ช่วยผู้วิจัยที่คอยดูแลในน้ำ และผู้วิจัยที่อยู่บนสระน้ำเพื่อคอยควบคุมการฝึก

- ตลอดระยะฝึกในแต่ละครั้ง จะมีการประเมินระดับความเหนื่อย และการล้าจากการให้ผู้เข้าร่วมวิจัยบอกตาม Rate of Perceived Exertion (RPE) ดังแสดงในรูปที่ 25

| ระดับ | ความรู้สึก |
|---|---|
| 7 | รู้สึกสบาย ( Very very light ) |
| 8 | |
| 9 | ไม่เหนื่อย ( Very light ) |
| 10 | |
| 11 | ★ เริ่มรู้สึกเหนื่อย ( Light ) |
| 12 | |
| 13 | ★ ค่อนข้างเหนื่อย ( Some what hard ) |
| 14 | |
| 15 | เหนื่อย (เริ่มหอบ) ( Hard ) |
| 16 | |
| 17 | เหนื่อยมาก (หอบ) ( Very hard ) |
| 18 | |
| 19 | เหนื่อยมากที่สุด (หอบมาก) (Very very hard) |
| 20 | |

**รูปที่ 25** แบบประเมินระดับความเหนื่อย (Rate of Perceived Exertion ; RPE)

- ช่วงของการยืดกล้ามเนื้อหลังจากฝึกในน้ำ ผู้วิจัยได้ขอพื้นที่บางส่วนบริเวณสระว่ายน้ำเพื่อใช้สำหรับการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการเช็ดตัวให้แห้ง และเปลี่ยนเสื้อผ้า จากนั้นผู้วิจัยได้เตรียมเสื่อรองนอนโดยก่อนที่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ผู้วิจัยได้ทำความสะอาดเสื่อโดยใช้น้ำยาฆ่าเชื้อยี่ห้อเดทตอล และทำความสะอาดเสื่อรองนอนหลังจากยืดเหยียดเสร็จ
- หลังจากเสร็จสิ้นจากคลายอุ่น (Cool down) ผู้วิจัยทำการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับน้ำตาลในเลือด เพื่อป้องกันภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำภายหลังการออกกำลังกาย (Post-exercise induced hypoglycemia) และวัดความดันโลหิต ทุก 5 นาที เพื่อป้องกันภาวะความดันโลหิตต่ำภายหลังการออกกำลังกาย (Post-exercise induced hypotension)
- ผู้วิจัยเตรียมน้ำและอาหารว่างให้กับผู้เข้าร่วมวิจัยภายหลังจากการเสร็จสิ้นจากการฝึกสำหรับผู้ที่รู้สึกว่ามีภาวะน้ำตาลต่ำ หรือ หิว

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย แต่ยังคงดำเนินชีวิตประจำวันแบบปกติ

**ขั้นตอนที่ 7 การเก็บข้อมูลภายหลัง 12 สัปดาห์**

ภายหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม จะได้ทำการทดสอบ และลำดับของการทดสอบ เช่นเดียวกับการเก็บข้อมูลก่อนการฝึกซ้อม (ขั้นตอนที่ 5) โดยมีตัวแปรที่ทำการทดสอบตามลำดับประกอบไปด้วย

1) ตัวแปรสารชีวเคมีในเลือด
2) ตัวแปรทางด้านสรีรวิทยา
3) ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดแบบที่ไม่ต้องนำอุปกรณ์ใส่เข้าไปในร่างกาย
4) ตัวแปรด้านพุทธิปัญญา
5) ตัวแปรด้านสุขสมรรถนะ

โดยมีรายละเอียดดังที่ได้กล่าวไว้ในขั้นตอนที่ 5 ข้างต้น

**ขั้นตอนที่ 8 การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจากการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรด้านต่าง ๆ ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS version 23
2. ทดสอบข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ (Outlier) ด้วยวิธีการทดสอบของกรับส์ (Grubb's outlier test) โดยใช้โปรแกรม GraphPad statistical software (San Diego, CA) ซึ่งบางข้อมูลได้มีการกำจัด 1-3 ค่า ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normality) ของตัวแปรตามโดยใช้วิธีการทดสอบซาฟิโรวิลค์ (Shapiro–Wilk test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

4. วิเคราะห์โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกของแต่ละกลุ่ม และระหว่างกลุ่มการทดลอง 2 กลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางชนิดวัดซ้ำ [Two–way ANOVA with repeated measures (2x2: Group x Times)] หากพบความแตกต่างจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ ด้วยวิธีการทดสอบแบบแอลเอสดี (LSD method) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. สำหรับข้อมูลที่ไม่ได้แจกแจงปกติ (Non-normal distribution) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปร ระหว่างกลุ่มการทดลอง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติครัสคัล วอลลิส (Kruskal wallis tes) และเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มการทดลอง โดยใช้สถิติฟรีดแมน (The Friedman test)

6. วิคราะห์หาความสัมพันธ์โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Cause - effect method) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่มีต่อตัวแปรด้านสรีรวิทยา การทำงานของหลอดเลือด การทำงานของหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาเทอรี่ พุทธิปัญญา สุขสมรรถนะ และสารชีวเคมีในเลือด กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อายุระหว่าง 60 ถึง 74 ปี จำนวน 36 คน ที่มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ ได้แก่ เป็นเบาหวานมาแล้ว 5 ถึง 10 ปี มีระดับน้ำตาลสะสมเฉลี่ย 7 ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ เป็นผู้ไม่ได้รับการฉีดอินซูลิน เป็นผู้ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่มีคะแนนการประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย (Montreal Cognitive Assessment; MoCA-T) ระหว่าง 18 – 24 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ไม่มีความเสี่ยงการล้ม (จากการทดสอบการเดินและกลับตัว 3 เมตร ได้คะแนนระหว่าง 7 ถึง 15 วินาที) สามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้ เป็นผู้ที่ไม่ได้รับอาหารเสริมที่เกี่ยวข้องกับความจำ ไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร การมองเห็น หรือการได้ยิน และไม่เคยออกกำลังกายมาก่อน 6 เดือน ผู้วิจัยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นในขั้นแรก (Stratified random assignment) โดยเรียงลำดับการแบ่งชั้นตามอายุ เพศ และคะแนนของการประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย จากนั้นใช้การสุ่มแบบง่าย (Simple random sampling) โดยวิธีการจับฉลากเพื่อสุ่มเข้ากลุ่มการทดลอง ได้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่มีลักษณะเหมือนกัน (Homogeneous) ได้แก่ กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ จำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก จำนวน 18 คน ซึ่งภายหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ มีผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย 3 คน ได้แก่ กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ 2 คน เนื่องจากมีนัดผ่าตา และไม่ยินยอมเข้าร่วมการศึกษาต่อ และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก 1 คน เนื่องจากติดโควิด ทำให้เกิดความกลัวในการเดิน จึงทำให้เหลือทั้งสิ้น 33 คน คือ กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) จำนวน 16 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) จำนวน 17 คน โดยผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลของทั้ง 33 คน และนำมาวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีทางสถิติแล้วจึงนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางประกอบความเรียงและแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอ ดังนี้

**ตอนที่ 1** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตอนที่ 2** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

**ตอนที่ 3** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาเทอรี่ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

**ตอนที่ 4** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านพุทธิปัญญาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

**ตอนที่ 5** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสุขสมรรถนะระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

**ตอนที่ 6** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

**ตอนที่ 7** ความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างก่อนและหลังการทดลองของพุทธิปัญญาและการตอบสนองหลอดเลือดสมอง ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

**ตอนที่ 1** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

**ตารางที่ 5** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปรด้านสรีรวิทยา | Control | | NWW | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | ขนาดอิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ชาย/หญิง (n) | 7/10 | - | 5/11 | - | | | | |
| อายุ (ปี) | 69.2±5.3 | - | 68.9±3.7 | - | | | | |
| ส่วนสูง (เซนติเมตร) | 161±8 | - | 159±6 | - | | | | |
| น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) | 62.9±9.3 | 62.5±10.2 | 61.4±10.1 | 60.5±9.1* | 0.033 | 0.621 | 0.427 | 0.021 |
| ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร) | 24.8±2.7 | 24.6±3.1 | 24.2±3.6 | 23.9±3.3* | 0.041 | 0.561 | 0.330 | 0.031 |
| มวลไขมัน (กิโลกรัม) | 20.9±5.9 | 20.6±6.0 | 21.8±7.0 | 20.9±6.2* | 0.014 | 0.768 | 0.176 | 0.058 |
| เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (เปอร์เซ็นต์) | 34.0±8.2 | 34.0±7.8 | 35.8±7.8 | 34.6±7.4* | 0.069 | 0.655 | 0.040 | 0.129 |
| มวลร่างกายปราศจากไขมัน (กิโลกรัม) | 40.8±8.2 | 40.9±8.2 | 37.6±6.2 | 37.6±5.9 | 0.003 | 0.612 | 0.593 | 0.009 |
| มวลกระดูก (กิโลกรัม) | 1.10±0.19 | 1.09±0.18 | 1.07±0.11 | 1.08±0.12 | 0.527 | 0.744 | 0.037 | 0.133 |
| เส้นรอบเอว (เซนติเมตร) | 86.7±7.2 | 87.6±8.1 | 86.7±8.8 | 86.7±9.3 | 0.351 | 0.856 | 0.351 | 0.028 |
| อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที) | 72..07±9 | 73.2±8 | 75.33±14 | 70.33±10* | 0.140 | 0.957 | 0.023 | 0.172 |
| ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท) | 127.2±12.5 | 122.1±14.1 | 127.3±10.3 | 119.9±9.6* | 0.002 | 0.784 | 0.520 | 0.014 |
| ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท) | 72.9±7.6 | 69.4±8.3 | 72.6±7.7 | 67.5±7.6* | 0.002 | 0.663 | 0.535 | 0.013 |
| ความดันโลหิตเฉลี่ยของหลอดเลือดแดง (มิลลิเมตรปรอท) | 92±10 | 87±11 | 92±8 | 86±9* | 0.001 | 0.845 | 0.643 | 0.007 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

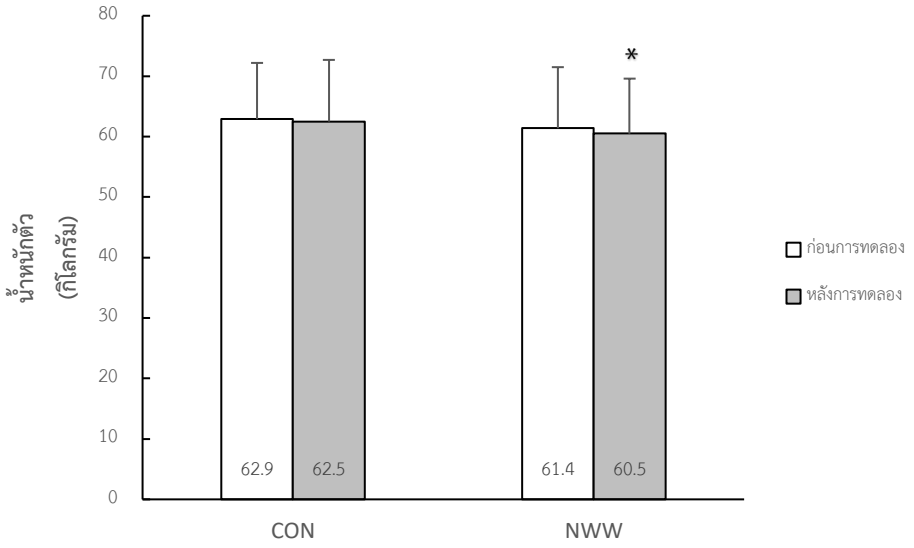
จากตารางที่ 5 และรูปที่ 26 ถึง 36 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยของเพศ อายุ ส่วนสูง น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันของของร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ มวลกระดูก เส้นรอบเอว อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว และความดันโลหิตเฉลี่ยของหลอดเลือดแดง ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกา อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว และความดันโลหิตเฉลี่ยของหลอดเลือดแดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยมวลร่างกายปราศจากไขมัน มวลกระดูก และเส้นรอบเอว ไม่พบความแตกต่างของทั้ง 2 กลุ่ม

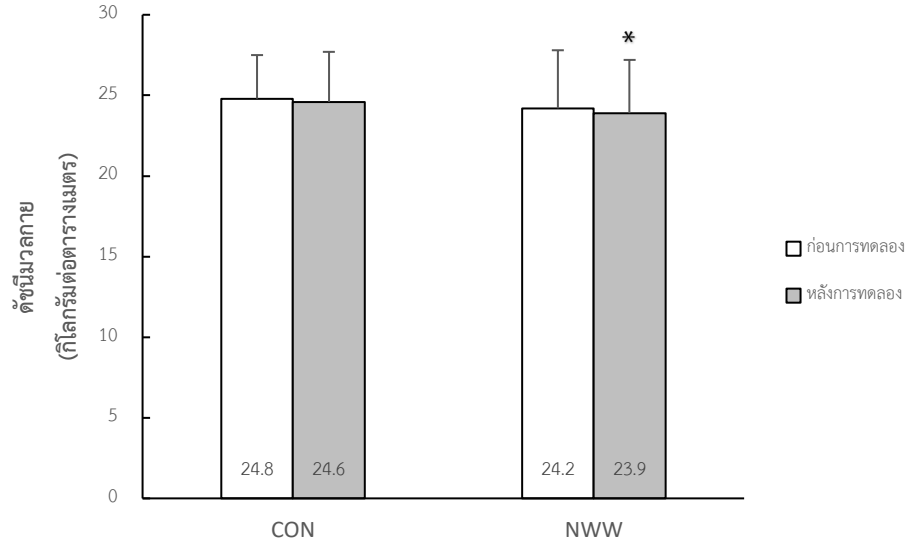
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันของของร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ มวลกระดูก เส้นรอบเอว อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวและความดันโลหิตเฉลี่ยของหลอดเลือดแดงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



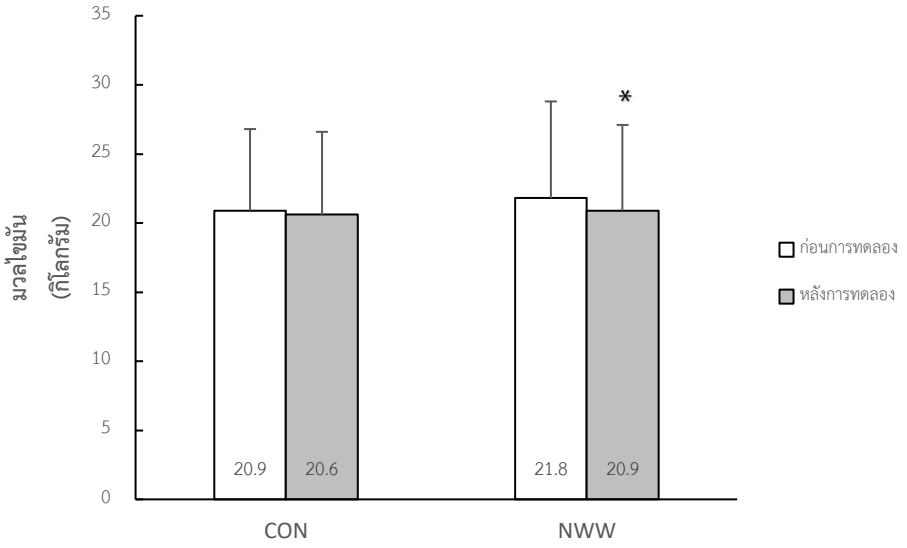

**รูปที่ 26** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

* p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



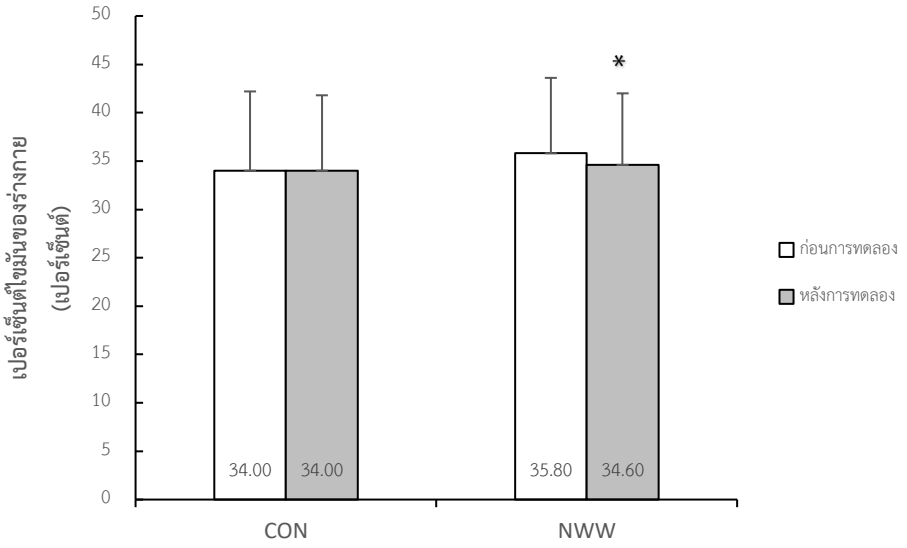

**รูปที่ 27** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกายระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

* p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



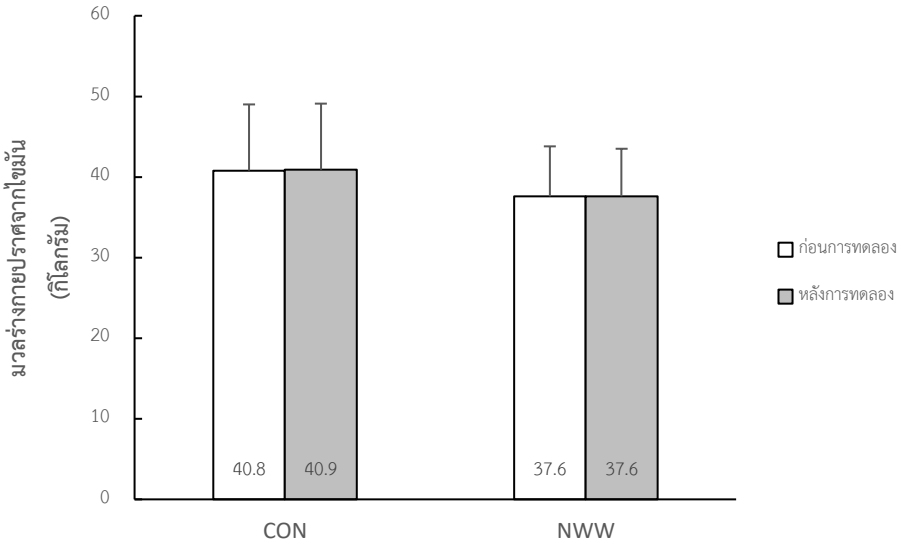

**รูปที่ 28** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมวลไขมันระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

* p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

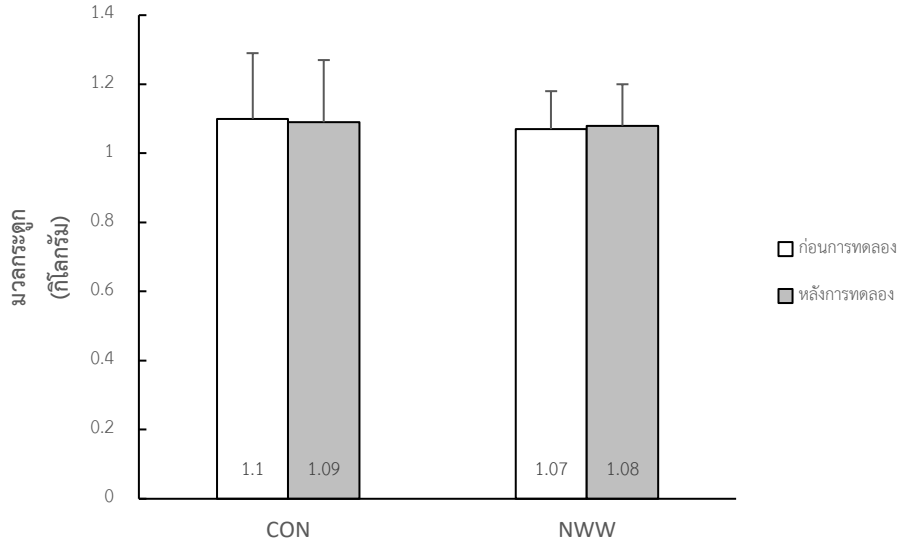



**รูปที่ 29** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

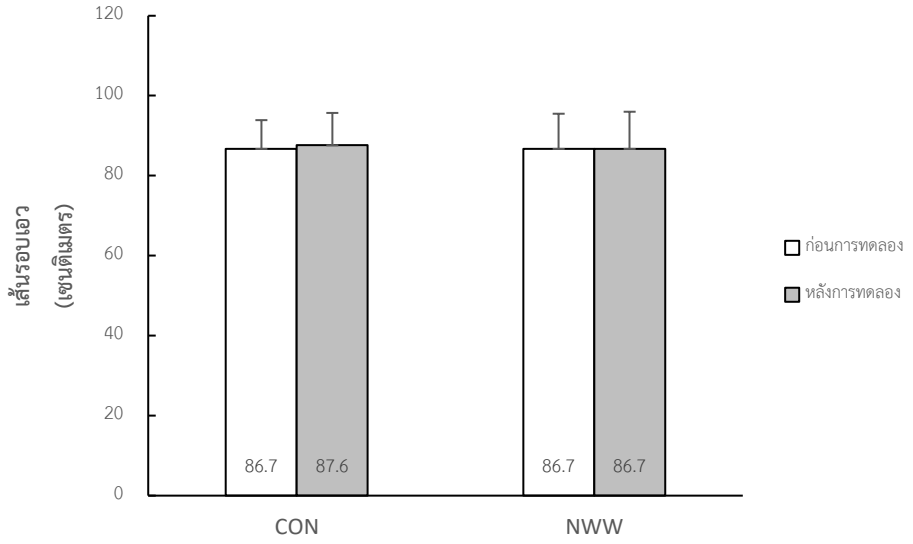
* p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



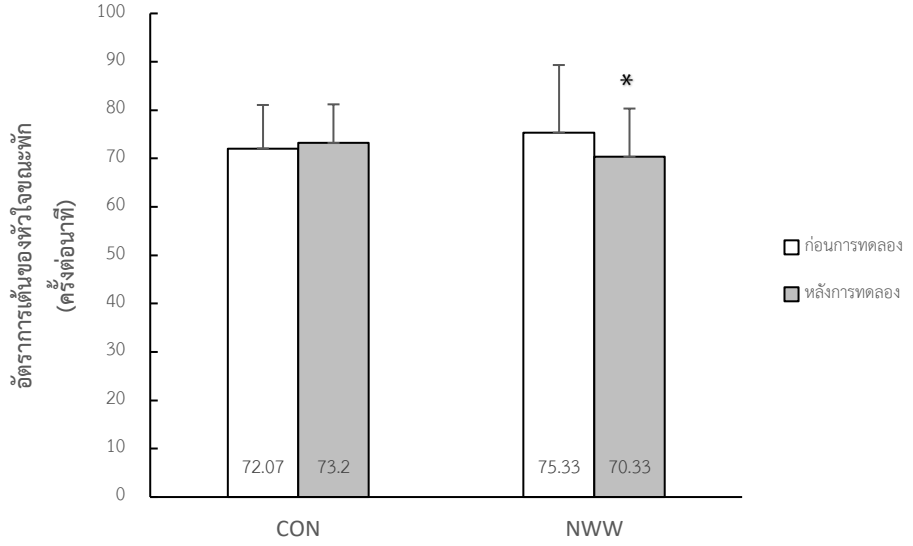

**รูปที่ 30** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลร่างกายปราศจากไขมันระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 31** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลกระดูกระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

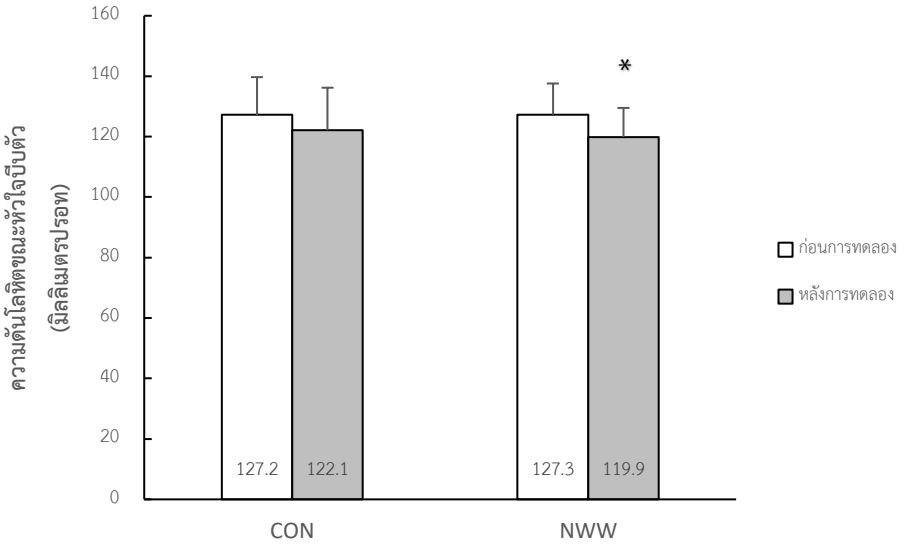



**รูปที่ 32** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นรอบเอวระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



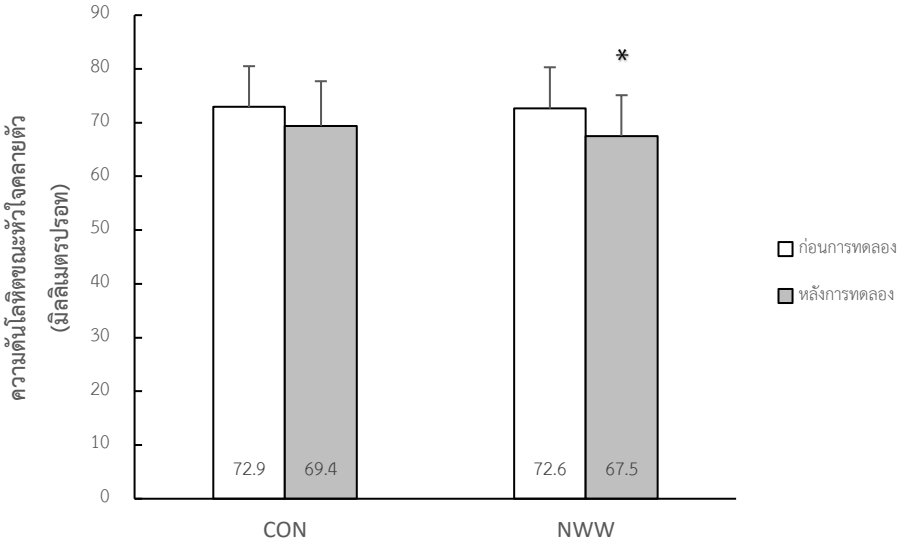

**รูปที่ 33** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

* $p<0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



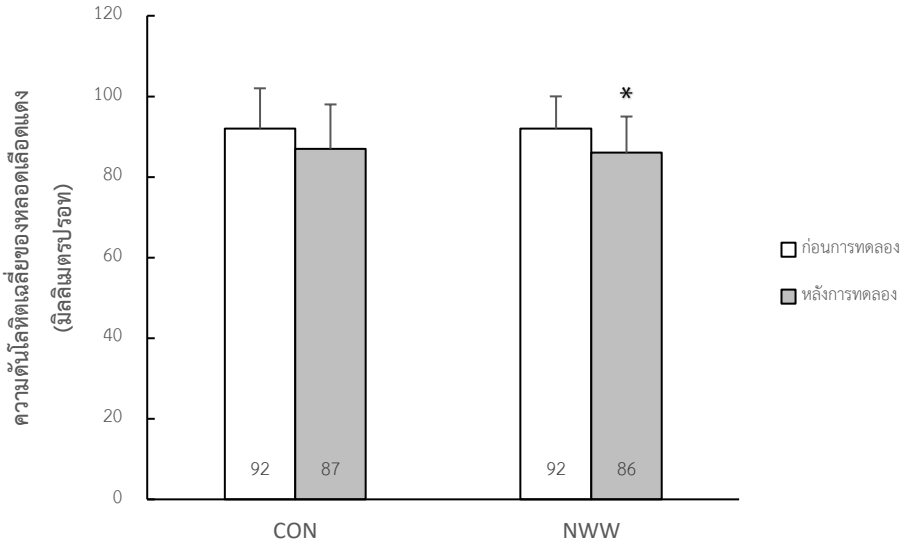

**รูปที่ 34** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

* p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน




**รูปที่ 35** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

* p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน




**รูปที่ 36** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตเฉลี่ยของระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

* $p<0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตอนที่ 2** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

**ตารางที่ 6** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ความหนาของผนังหลอดเลือด (มิลลิเมตร) | 0.68±0.13 | 0.67±0.13 | 0.68±0.16 | 0.62±0.13* | 0.002 | 0.606 | 0.025 | 0.151 |
| คลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (เซนติเมตร/วินาที) | 1720.53±301.82 | 1746.67±205.35 | 1801.93±225.36 | 1655.87±175.53* | 0.143 | 0.95 | 0.039 | 0.143 |
| การขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือด (เปอร์เซ็นต์) | 4.84±2.94 | 4.49±2.74 | 4.94±2.23 | 7.34±2.66*† | 0.112 | 0.038 | 0.037 | 0.133 |
| ความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือด (ตารางมิลลิเมตรต่อมิลลิเมตรปรอท) | 0.24±0.16 | 0.26±0.11 | 0.25±0.11 | 0.48±0.12*† | 0.010 | 0.001 | 0.029 | 0.164 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

*$p<0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน; †$p<0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

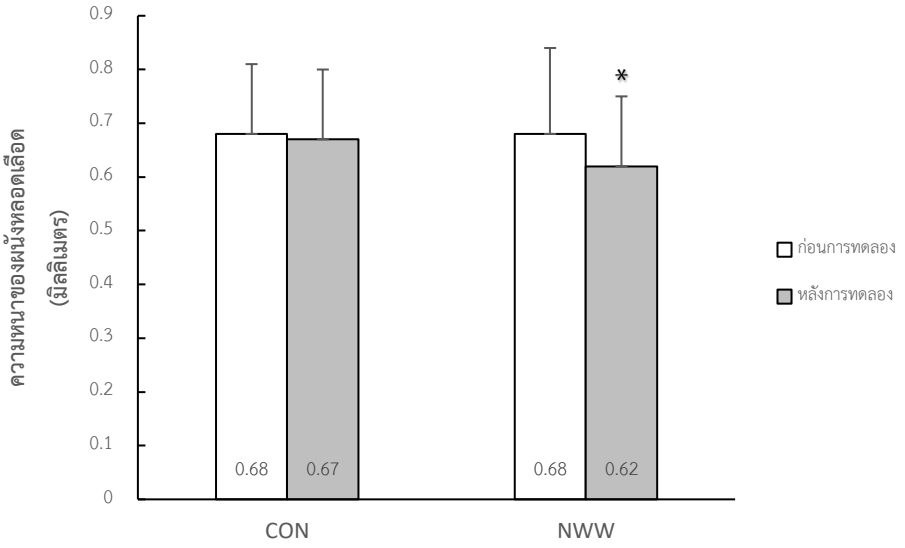
จากตารางที่ 6 และรูปที่ 37 – 40 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาของหนังหลอดเลือด คลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า การขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือด และความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือด ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยความหนาของผนังหลอดเลือด และคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าเฉลี่ยการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียล และความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่ม

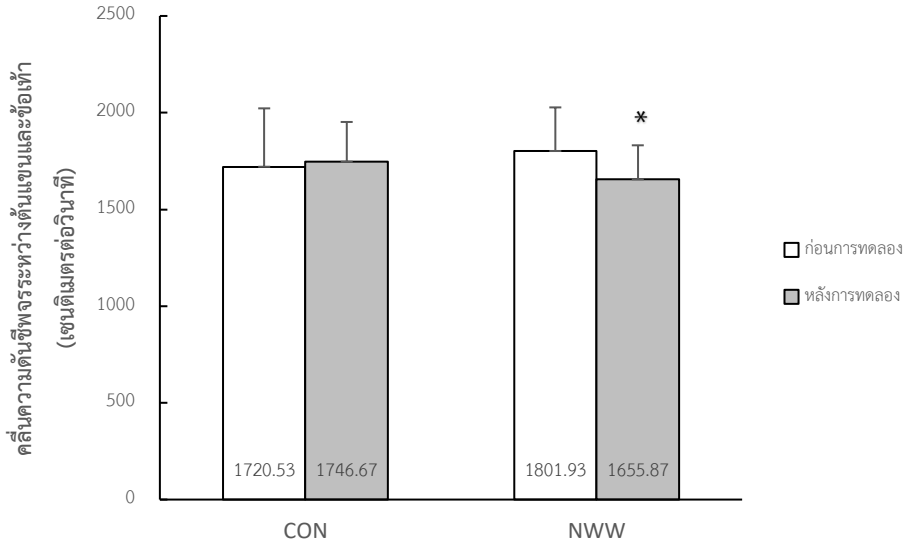
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียล และความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือด มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



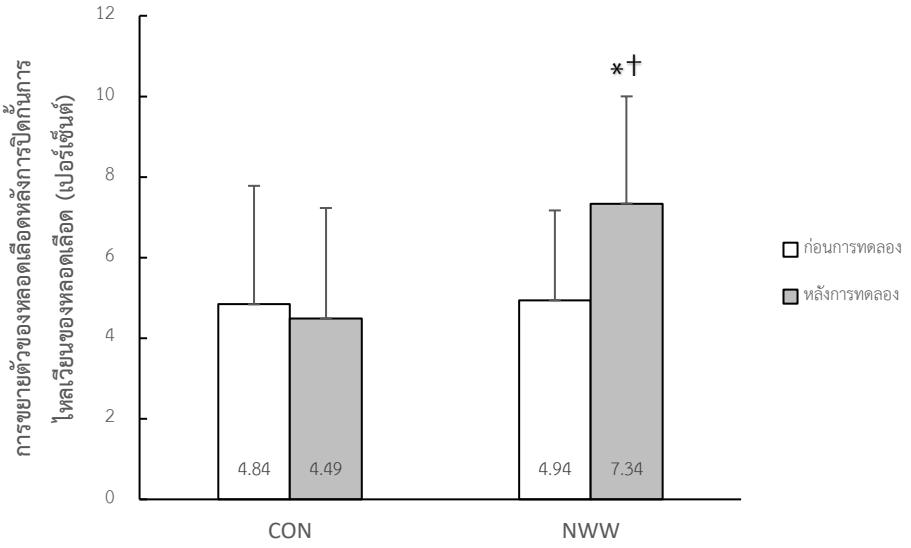

**รูปที่ 37** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความหนาของผนังหลอดเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน




**รูปที่ 38** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคลื่นความดันของชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้าระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

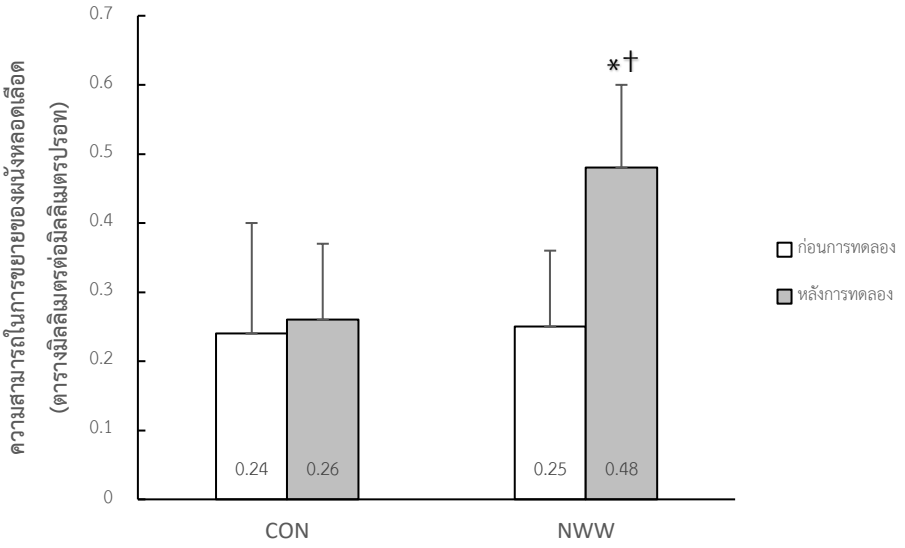



**รูปที่ 39** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียลระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY




**รูปที่ 40** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตอนที่ 3** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาเทอรี่ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

**ตารางที่ 7** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านความดันในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการฝึก | หลังการฝึก | ก่อนการฝึก | หลังการฝึก | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ความดันโลหิตในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (มิลลิเมตร) | 92.63±8.05 | 89±11.04 | 95.13±11.98 | 91.81±5.81 | 0.068 | 0.356 | 0.933 | 0.000 |
| ความดันโลหิตในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (มิลลิเมตร) | 95.81±11.65 | 87.31±9.36 | 95.63±9.8 | 90.31±9.5 | 0.062 | 0.637 | 0.436 | 0.623 |
| ความดันโลหิตในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง (มิลลิเมตร) | 98.56±9.39 | 96±10.27 | 94.69±13.74 | 92.44±10 | 0.258 | 0.265 | 0.941 | 0.000 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

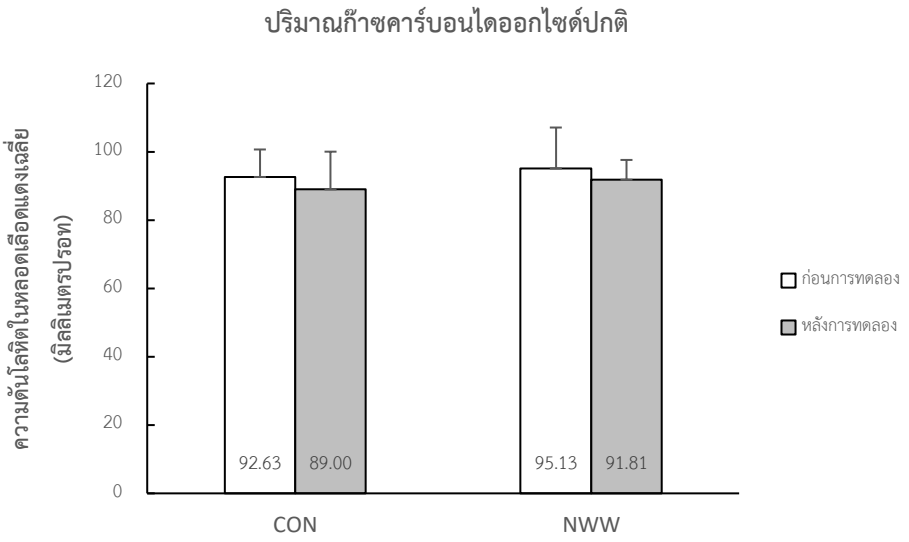
จากตารางที่ 7 และรูปที่ 41 ถึง 43 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านความดันในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตในหลอดเลือดแดงเฉลี่ย ไม่แตกต่างกันในระหว่างกลุ่มของทุกสภาวะ

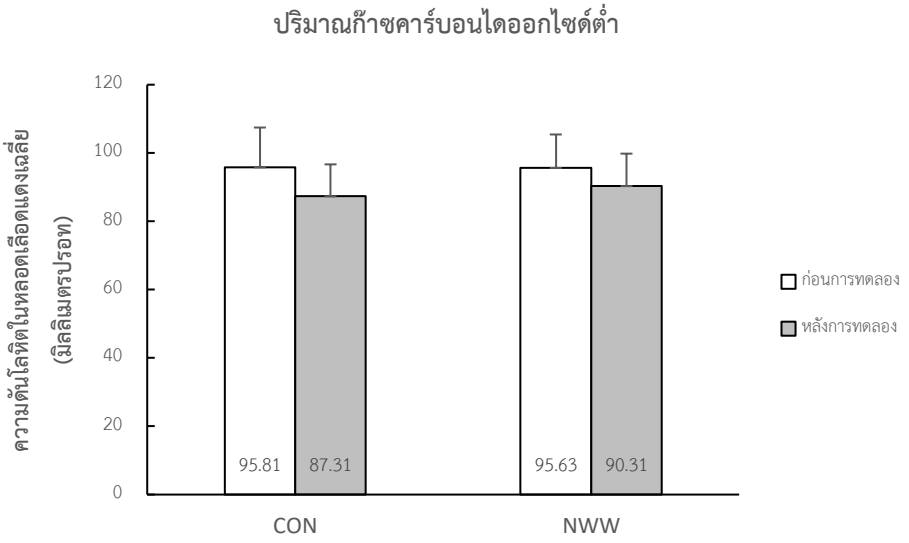
เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่ม ของค่าความดันโลหิตในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยในทุกสภาวะ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) พบว่า ไม่พบความแตกต่างของค่าความดันโลหิตในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยในทุกสภาวะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

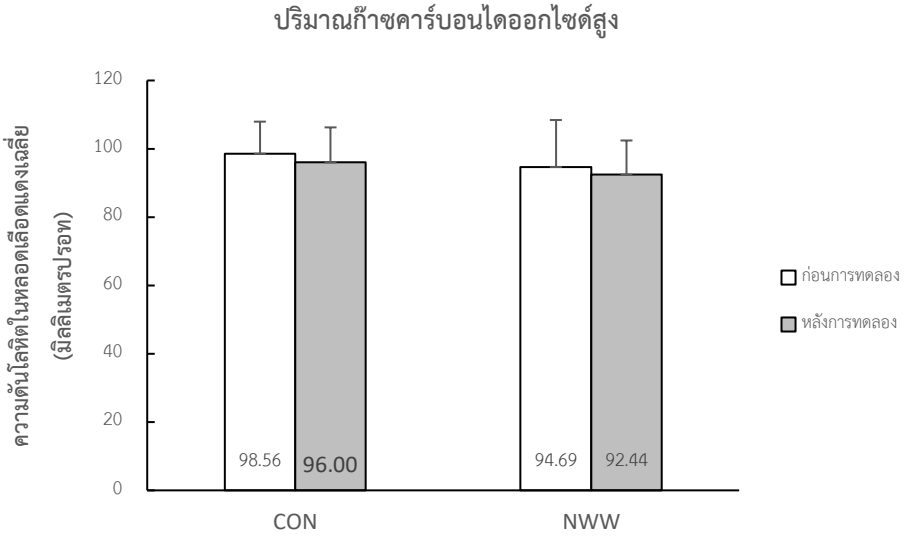
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




**รูปที่ 41** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความดันในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 42** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความดันในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 43** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความดันในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 8** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | ขนาดอิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการฝึก | หลังการฝึก | ก่อนการฝึก | หลังการฝึก | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม* เวลา | |
| ความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (เซนติเมตรต่อวินาที) | 37.68±10.97 | 34.09±7.33 | 39.63±12.79 | 39.69±7.8 | 0.350 | 0.228 | 0.334 | 0.032 |
| ความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (เซนติเมตรต่อวินาที) | 28.39±7.19 | 27.64±6.88 | 33.44±13.04 | 30.61±8.08 | 0.368 | 0.136 | 0.599 | 0.010 |
| ความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง (เซนติเมตรต่อวินาที) | 38.18±6.33 | 37.32±6.79 | 42.65±14.44 | 45.51±11.55 | 0.472 | 0.077 | 0.185 | 0.050 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

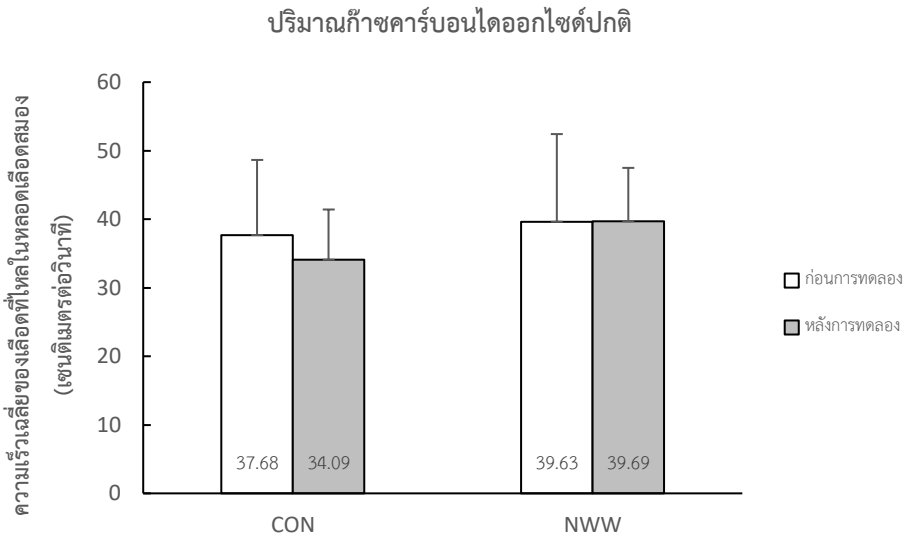
จากตารางที่ 8 และรูปที่ 44 ถึง 46 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมอง ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมอง ไม่แตกต่างกันในระหว่างกลุ่มของทุกสภาวะ

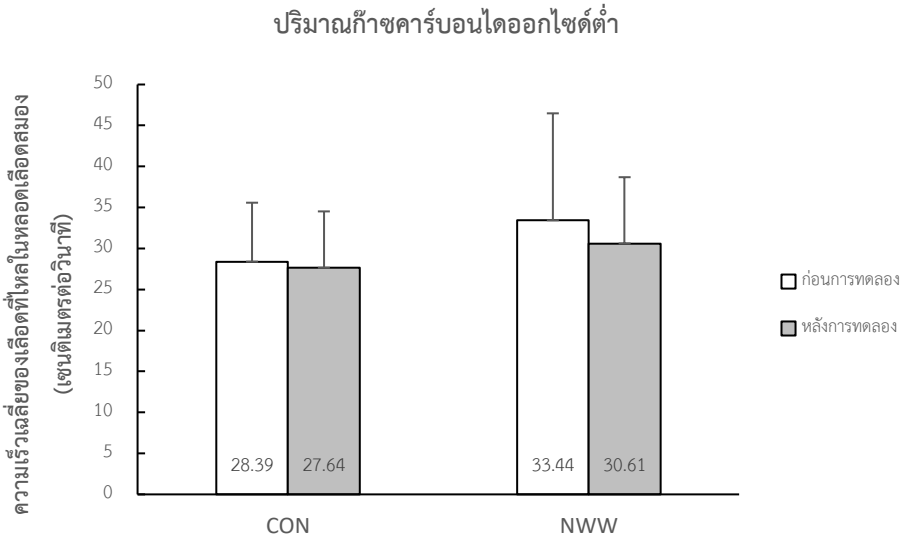
เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่ม ของค่าความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองในทุกสภาวะ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) พบว่า ไม่พบความแตกต่างของค่าความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองในทุกสภาวะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

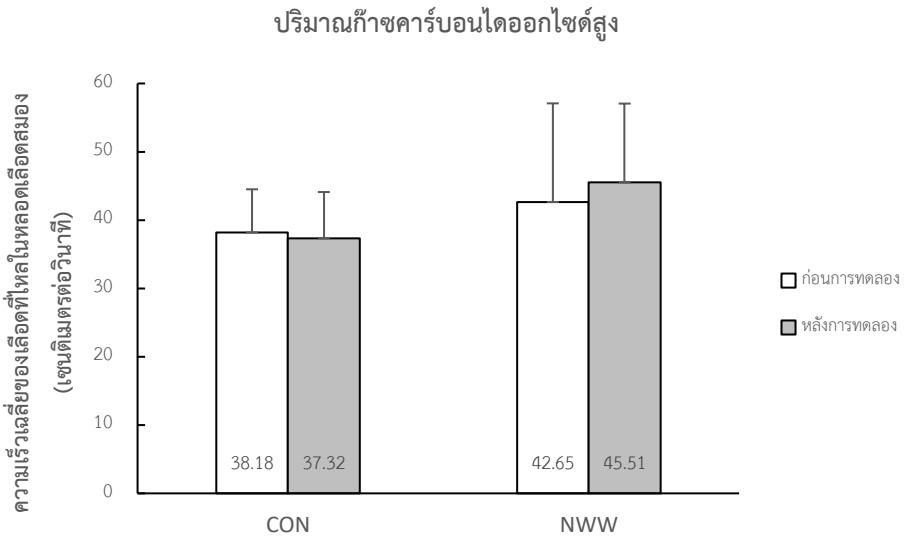
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




**รูปที่ 44** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 45** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 46** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Hypercapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 9** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการฝึก | หลังการฝึก | ก่อนการฝึก | หลังการฝึก | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (มิลลิเมตรปรอท) | 40.75±11.99 | 33.73±9.79* | 38.77±8.17 | 39.03±6.26† | 0.07 | 0.546 | 0.052 | 0.116 |
| ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (มิลลิเมตรปรอท) | 31.04±10.73 | 25.15±8.15* | 29.47±6.52 | 30.14±5.07† | 0.077 | 0.478 | 0.028 | 0.146 |
| ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง (มิลลิเมตรปรอท) | 56.35±9.5 | 46.88±8.94* | 50.96±7.85 | 49.85±4.6 | 0.000 | 0.629 | 0.002 | 0.263 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

*$p<0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน; †$p<0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

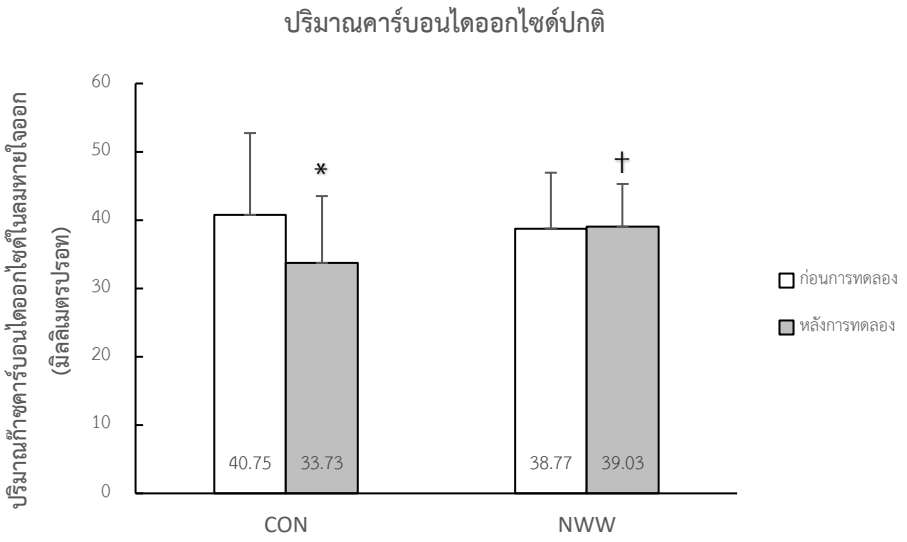
จากตารางที่ 9 และรูปที่ 47 ถึง 49 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก ไม่แตกต่างกันในระหว่างกลุ่มของทุกสภาวะ

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) มีค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกในทุกสภาวะ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ในขณะที่กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มในทุกสภาวะ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกภายใต้สภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติและสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

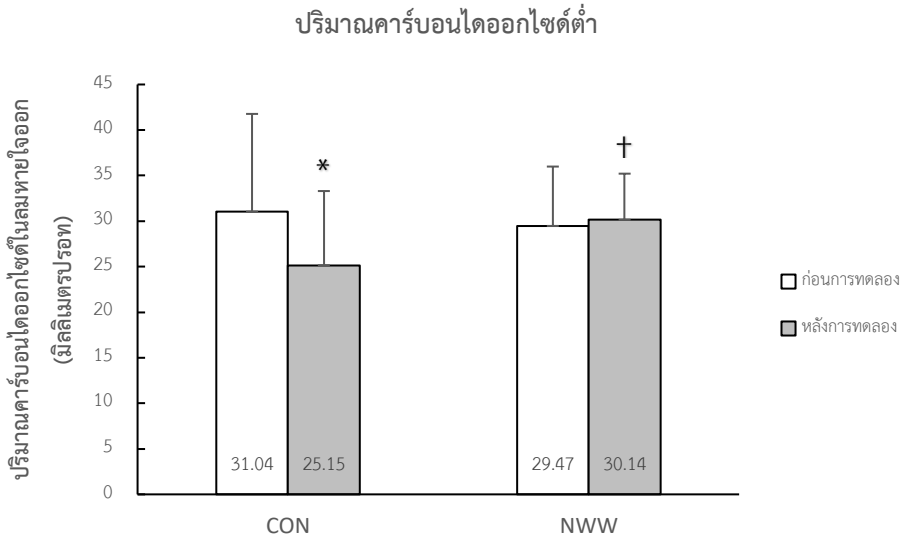



**รูปที่ 47** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกภายใต้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

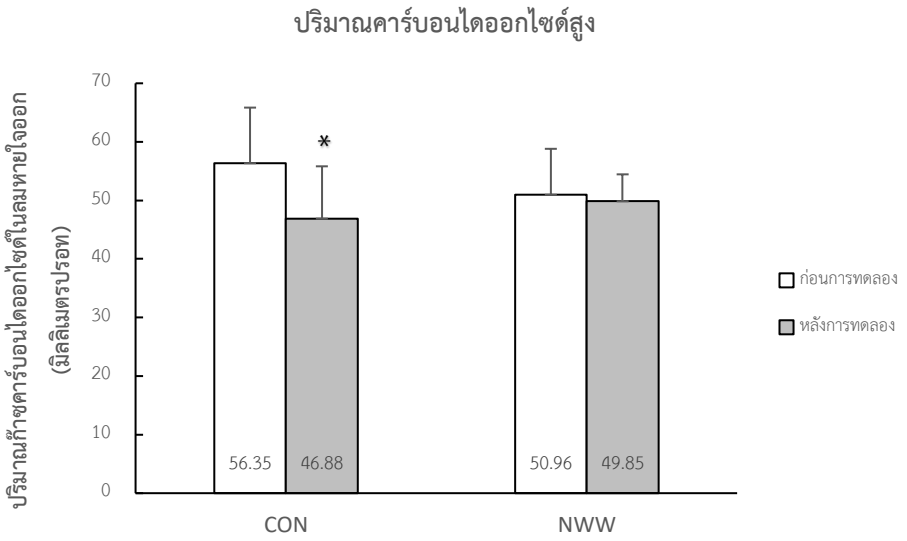



**รูปที่ 48** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกภายใต้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




**รูปที่ 49** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกภายใต้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Hypercapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 10** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิลเซเรบรอล อาร์เทอร์รี่ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิลเซเรบรอลอาร์เทอร์รี่ภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ | 1.33±0.20 | 1.38±0.22 | 1.25±0.15 | 1.16±0.10*† | 0.464 | 0.015 | 0.003 | 0.255 |
| ความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิลเซเรบรอลอาร์เทอร์รี่ภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ | 2.06±0.51 | 2.08±0.44 | 1.91±0.30 | 1.78±0.17† | 0.604 | 0.022 | 0.482 | 0.017 |
| ความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิลเซเรบรอลอาร์เทอร์รี่ภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง | 1.29±0.20 | 1.27±0.21 | 1.18±0.19 | 1.09±0.15† | 0.105 | 0.016 | 0.286 | 0.037 |

**แสดงข้อมูล**เป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน; †p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

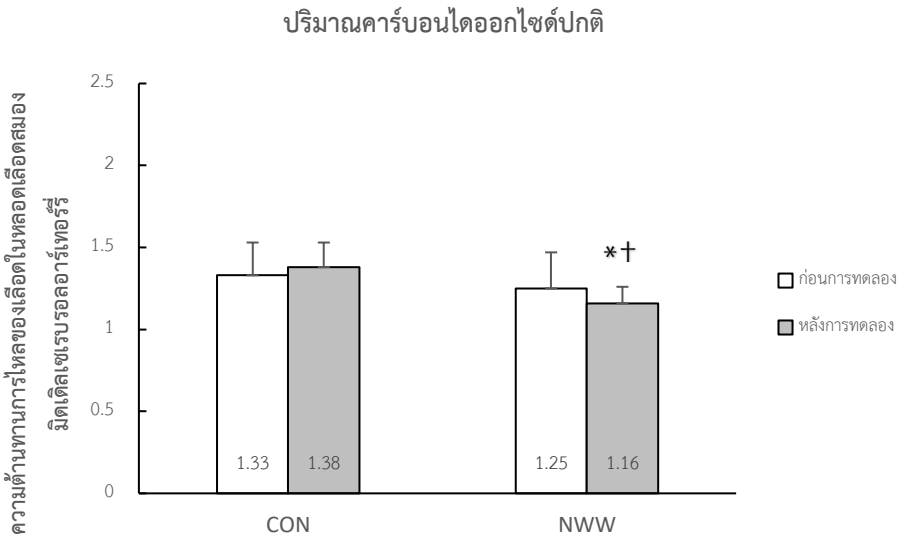
จากตารางที่ 10 และรูปที่ 50 ถึง 52 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาร์เทอร์รี่ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาร์เทอร์รี่ ในทุกสภาวะ ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาร์เทอร์รี่ ภายใต้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาร์เทอร์รี่ ในทุกสภาวะลดลงแตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

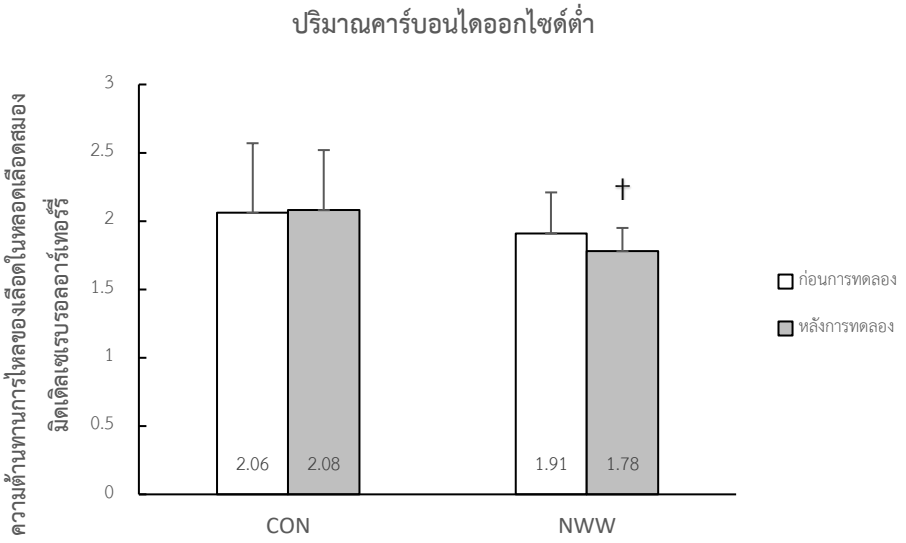



**รูปที่ 50** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความต้านทานการไหลเวียนเลือดภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

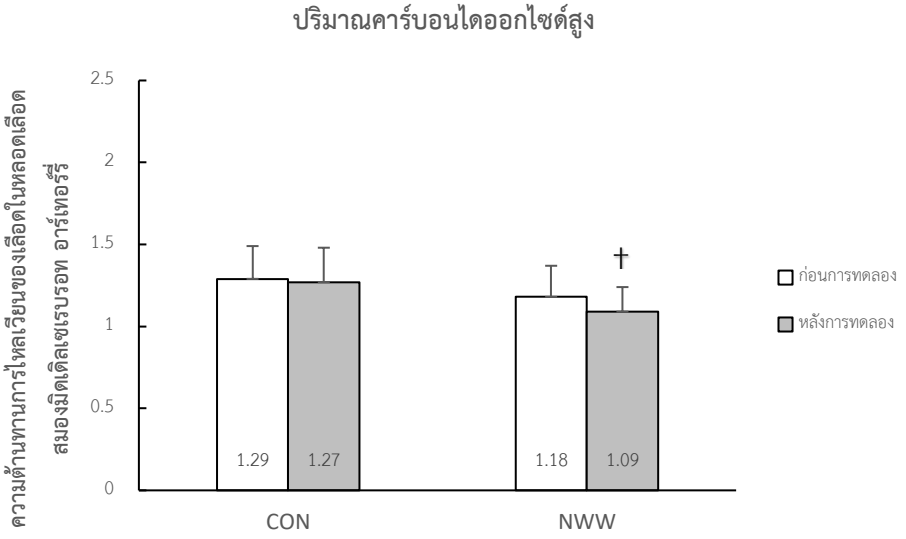
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY




**รูปที่ 51** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความต้านทานการไหลเวียนเลือดภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY




**รูปที่ 52** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความต้านทานการไหลเวียนเลือดภายใต้สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Hypercapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

†$p<0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 11** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (เซนติเมตร/วินาที*มิลลิเมตรปรอท) | 0.39±0.08 | 0.38±.080 | 0.40±0.10 | 0.43±0.08 | 0.542 | 0.297 | 0.193 | 0.058 |
| ดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (เซนติเมตร/วินาที*มิลลิเมตรปรอท) | 0.32±0.1 | 0.30±0.08 | 0.35±0.11 | 0.35±0.08 | 0.621 | 0.204 | 0.597 | 0.009 |
| ดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองภายใต้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง (เซนติเมตร/วินาที*มิลลิเมตรปรอท) | 0.38±0.08 | 0.35±0.09 | 0.42±0.09 | 0.47±0.13*† | 0.255 | 0.019 | 0.006 | 0.223 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน; †p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

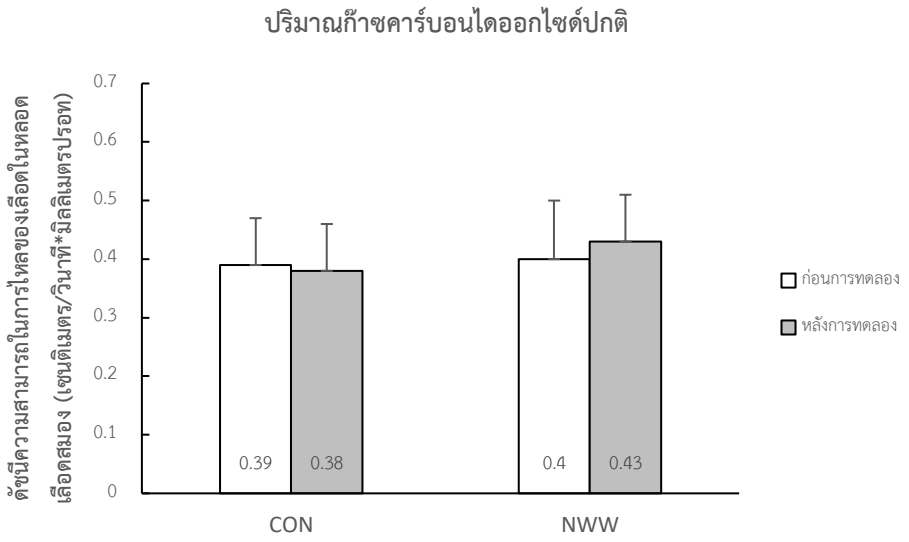
จากตารางที่ 11 และรูปที่ 53 ถึง 55 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ในทุกสภาวะ ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ภายใต้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่ม

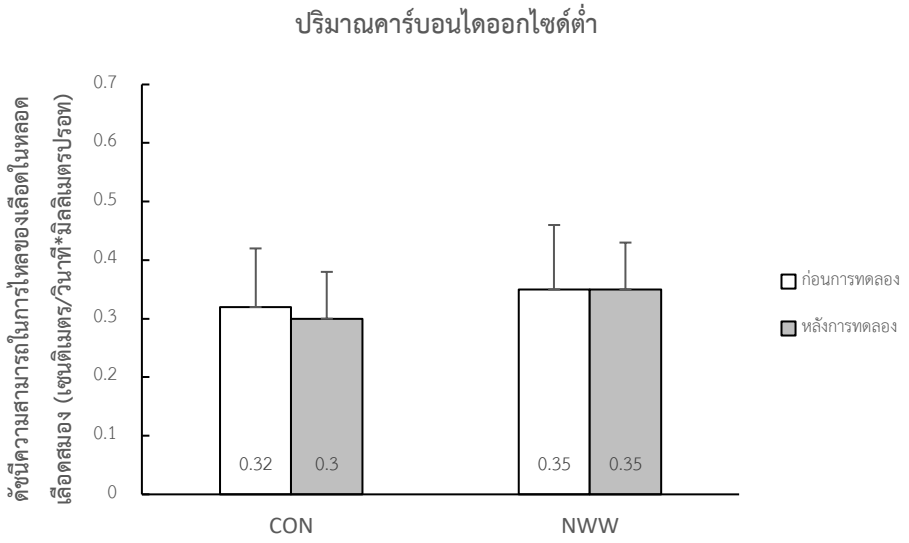
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ภายใต้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



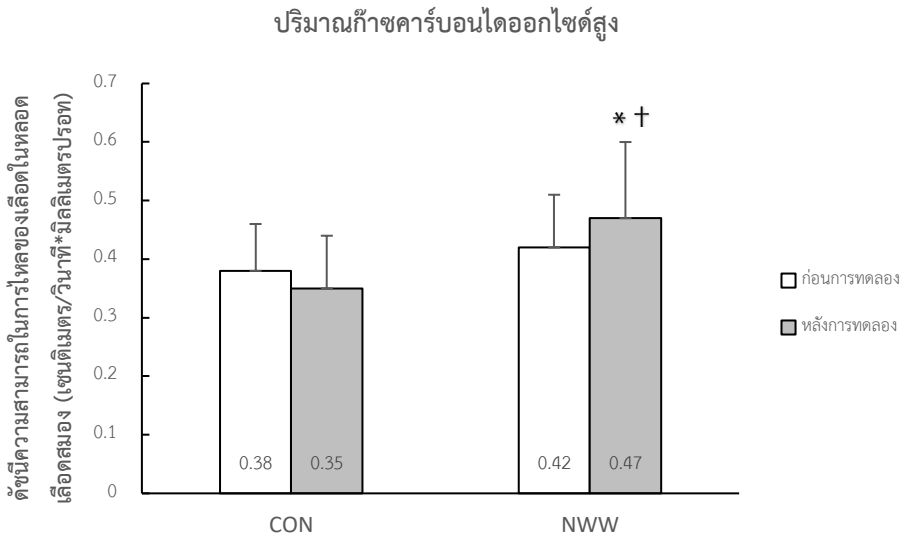

**รูปที่ 53** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ภายใต้คาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




**รูปที่ 54** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ภายใต้คาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




**รูปที่ 55** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; CVCi) ภายใต้คาร์บอนไดออกไซด์สูง (Hypercapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตารางที่ 12** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic - Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดระหว่างช่วงสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (%เซนติเมตร/วินาที*มิลลิเมตรปรอท) | 2.7±2.07 | 2.11±1.56 | 3.33±2.24 | 3.66±1.48† | 0.788 | 0.032 | 0.350 | 0.031 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

†p<0.05 แตกต่างจากควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

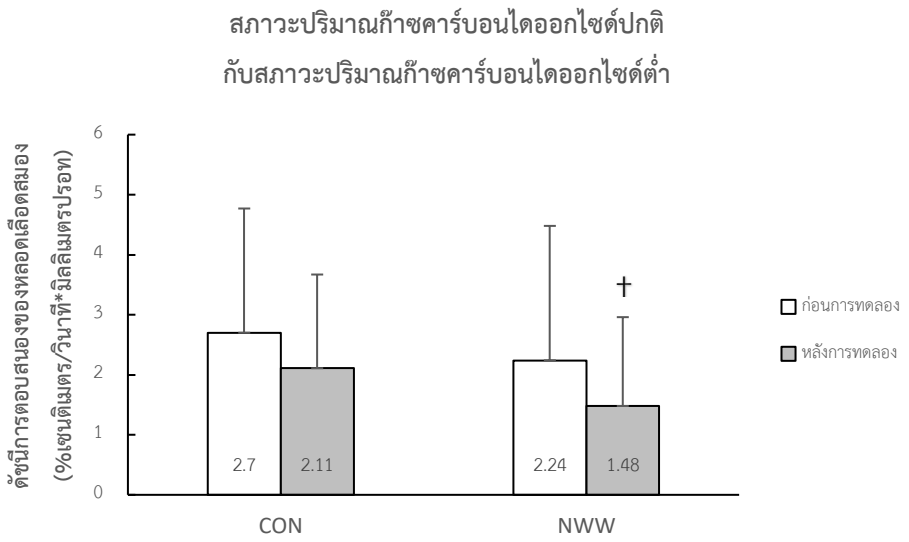
จากตารางที่ 12 และรูปที่ 56 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic - Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic - Hypocapnic) ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic - Hypocapnic)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic - Hypocapnic) มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



**รูปที่ 56** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; **Δ**CBFV/**Δ**EtCO2) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic - Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)
†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตารางที่ 13** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับปกติ (Hypercapnic - Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดระหว่างช่วงสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (%เซนติเมตร/วินาที*มิลลิเมตรปรอท) | 0.36±1.03 | 0.65±1.04 | 1.09±1.27 | 1.25±1.91 | 0.549 | 0.056 | 0.863 | 0.001 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

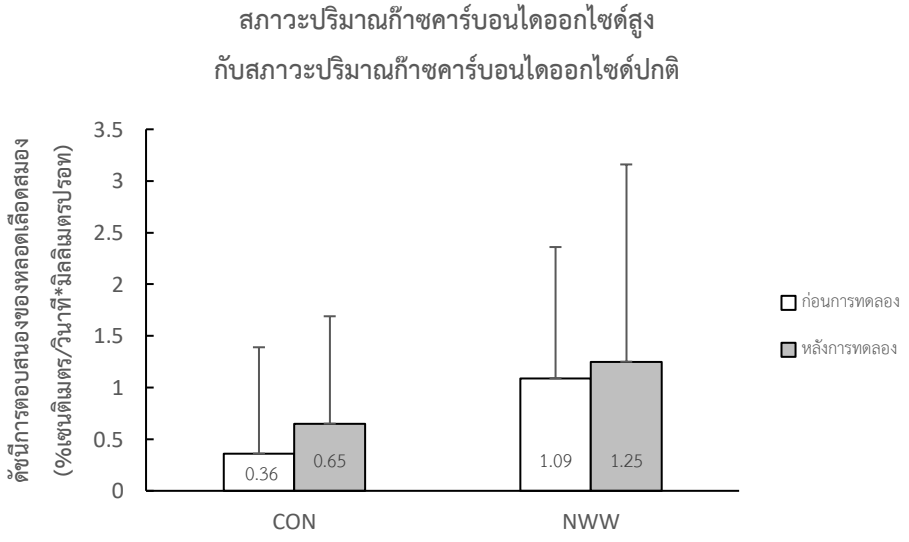
จากตารางที่ 13 และรูปที่ 57 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับปกติ (Hypercapnic - Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับปกติ (Hypercapnic - Normocapnic) ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับปกติ (Hypercapnic - Normocapnic)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มของค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับปกติ (Hypercapnic - Normocapnic)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



**รูปที่ 57** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับปกติ (Hypercapnic - Normocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 14** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta CBFV/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic - Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดระหว่างช่วงสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (%เซนติเมตร/วินาที* มิลลิเมตรปรอท) | 1.7±1.19 | 1.85±1.39 | 1.62±1.42 | 2.56±1.74 | 0.099 | 0.436 | 0.224 | 0.049 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

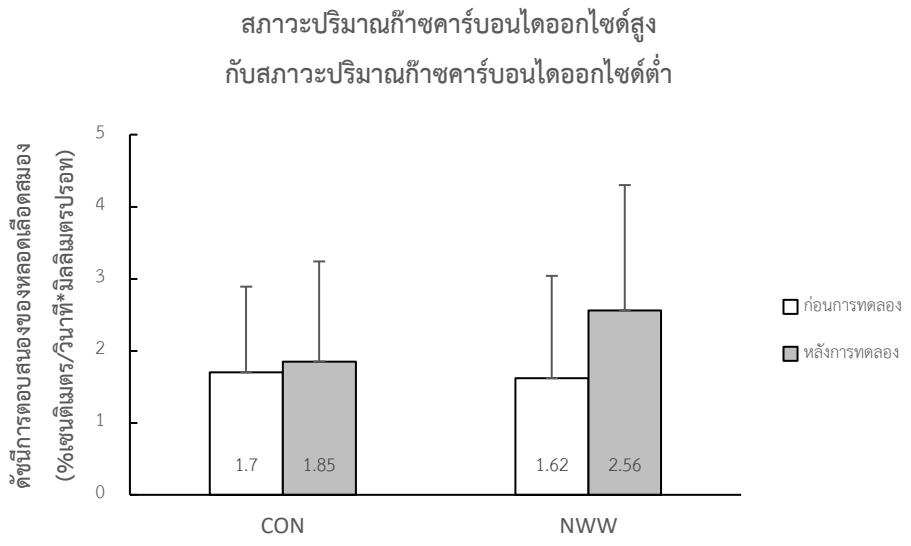
จากตารางที่ 14 และรูปที่ 58 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic – Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic – Hypocapnic) ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic – Hypocapnic)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มของค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic – Hypocapnic)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



**รูปที่ 58** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; $\Delta$CBFV/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic – Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 15** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; %$\Delta$CVCi/$\Delta$$EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic – Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ดัชนีความสามารถการไหลในหลอดเลือดสมองระหว่างช่วงสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (%เซนติเมตร/วินาที*มิลลิเมตรปรอท) | 1.82±2.34 | 1.76±3.34 | 1.82±2.06 | 3.41±1.32 | 0.223 | 0.155 | 0.188 | 0.055 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

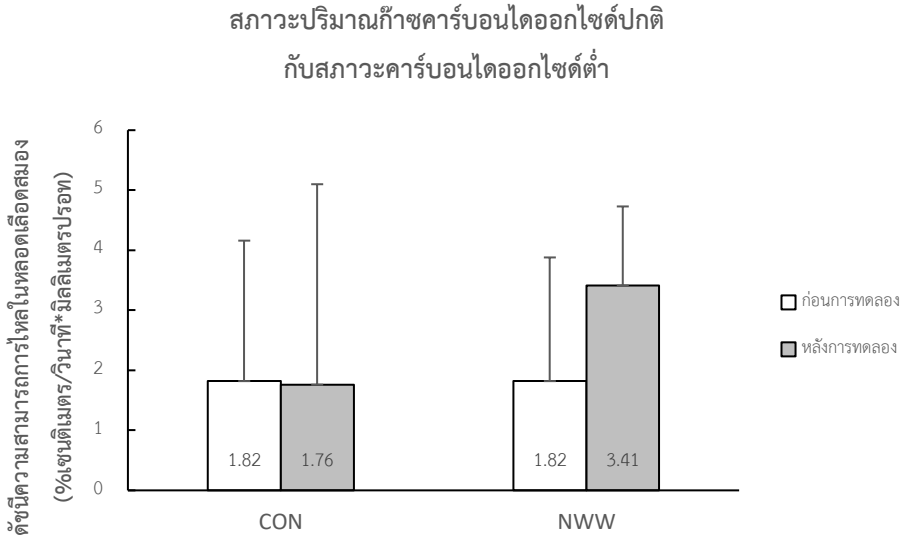
จากตารางที่ 15 และรูปที่ 59 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic – Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic – Hypocapnic) ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic – Hypocapnic)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มของค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับต่ำ (Normocapnic – Hypocapnic)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




**รูปที่ 59** การเปรียบเทียบค่าดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิล ซีรีบรอล อาเทอร์รี่ ($\Delta$CVCi/$\Delta$EtCO$_2$) ระหว่างสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ ระหว่างก่อนและหลังฝึก 12 สัปดาห์ ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 16** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; %$\Delta$CVCi/$\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสูง (Normocapnic – Hypercapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ดัชนีความสามารถการไหลในหลอดเลือดสมองระหว่างช่วงสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ(%เซนติเมตร/วินาที* มิลลิเมตรปรอท) | 0.64±1.64 | 0.76±1.38 | 1.13±1.97 | 1.15±1.77 | 0.886 | 0.217 | 0.919 | 0.000 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

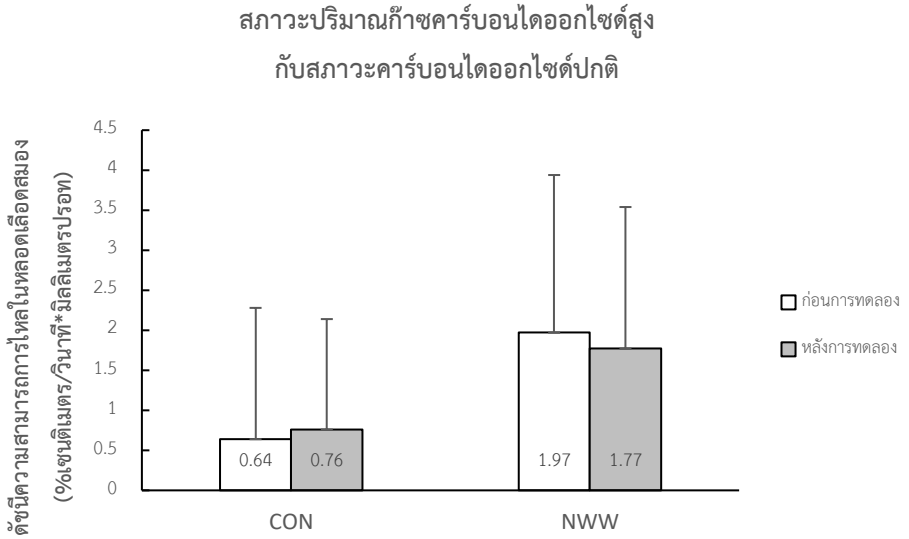
จากตารางที่ 16 และรูปที่ 60 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสูง (Normocapnic – Hypercapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสูง (Normocapnic – Hypercapnic) ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสูง (Normocapnic – Hypercapnic)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มของค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสูง (Normocapnic – Hypercapnic)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




**รูปที่ 60** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta$CVCi/$\Delta$EtCO$_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสูง (Normocapnic – Hypercapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตารางที่ 17** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta$CVCi/$\Delta$EtCO$_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic – Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ดัชนีความสามารถการไหลในหลอดเลือดระหว่างช่วงสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (%เซนติเมตร/วินาที* มิลลิเมตรปรอท) | 1.7±1.19 | 1.85±1.39 | 1.62±1.42 | 2.56±1.74 | 0.099 | 0.436 | 0.224 | 0.049 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

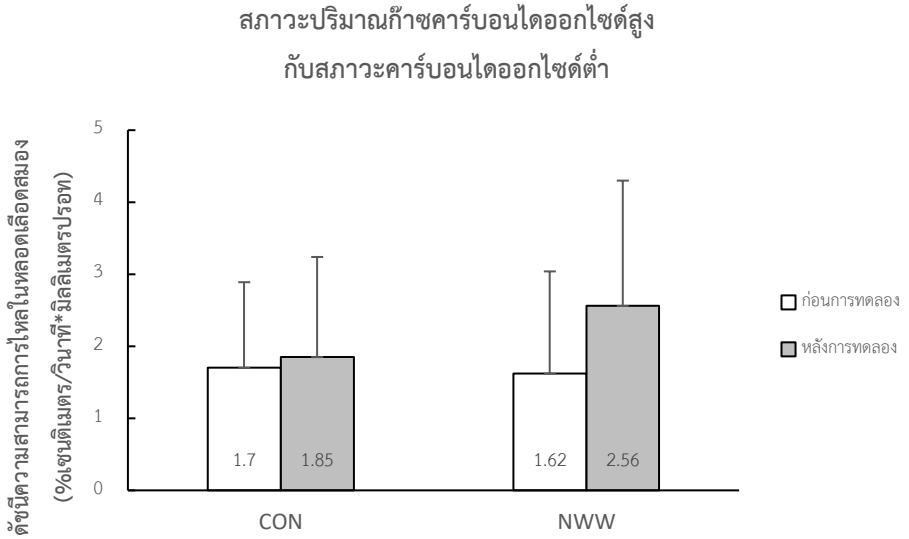
จากตารางที่ 17 และรูปที่ 61 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypecapnic – Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypecapnic – Hypocapnic) ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypecapnic – Hypocapnic)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มของค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypecapnic – Hypocapnic)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




**รูปที่ 61** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; $\Delta$CVCi/$\Delta$EtCO$_2$) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับต่ำ (Hypercapnic - Hypocapnic) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตอนที่ 4** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านพุทธิปัญญาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

**ตารางที่ 18** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านพุทธิปัญญาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปรแบบทดสอบ | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) | Kruskal-Wallis test | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | | H | d.f. | p-value |
| ภาวะพุทธิปัญญา (คะแนน) | 21.53±2.15 | 21.24±2.75 | 22.25±1.48 | 25.63±1.8*† | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.458 | - | - | - |
| มิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ (คะแนน) | 4 (3–4.5) | 4 (2.5-4) | 3.5 (3-4) | 5 (4-5)*† | - | - | - | - | 13.15 | 1 | 0.001 |
| การเรียกชื่อ (คะแนน) | 3 (3-3) | 3 (3-3) | 3 (3-3) | 3 (3-3) | - | - | - | - | 1.94 | 1 | 0.163 |
| สมาธิ (คะแนน) | 5 (4-5) | 5 (4-5.5) | 5 (4-5) | 5 (4-6) | - | - | - | - | 1.03 | 1 | 0.311 |
| การใช้ภาษา (คะแนน) | 2 (1-2) | 1 (1-2) | 2 (1-2) | 2 (1-2) | - | - | - | - | 3.18 | 1 | 0.075 |
| ความคิดเชิงนามธรรม (คะแนน) | 1 (0.5-1) | 1 (0-1) | 1 (1-1) | 2 (1-2)*† | - | - | - | - | 9.51 | 1 | 0.002 |
| การทวนซ้ำ(คะแนน) | 2 (0.5-3) | 3 (2-4) | 3 (2-3) | 4 (3-4)*† | - | - | - | - | 4.55 | 1 | 0.033 |
| การรับรู้สภาวะรอบตัว (คะแนน) | 6 (5.5-6) | 6 (5-6) | 6 (6-6) | 6 (6-6)† | - | - | - | - | 6.69 | 1 | 0.010 |
| สภาพสมอง (คะแนน) | 26.82±2.58 | 26.76±1.92 | 27.69±1.4 | 28.5±1.0† | 0.279 | 0.023 | 0.212 | 0.050 | - | - | - |
| สทรูป | | | | | | | | | | | |
| เวลาในการทำการทดสอบสทรูปทั้งหมด (วินาที) | 216.52±45.2 | 227.53±50 | 213.31±37.6 | 205.2±28.8 | 0.774 | 0.350 | 0.066 | 0.105 | - | - | - |
| สมาธิ (วินาที) | | | | | | | | | | | |
| เวลาในการทำการทดสอบสมาธิ (วินาที) | 175.52±52.5 | 176±56 | 160.38±63.9 | 144.9±62.6 | 0.416 | 0.217 | 0.372 | 0.026 | - | - | - |

ค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และ ค่ามัธยฐาน (ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน; †p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

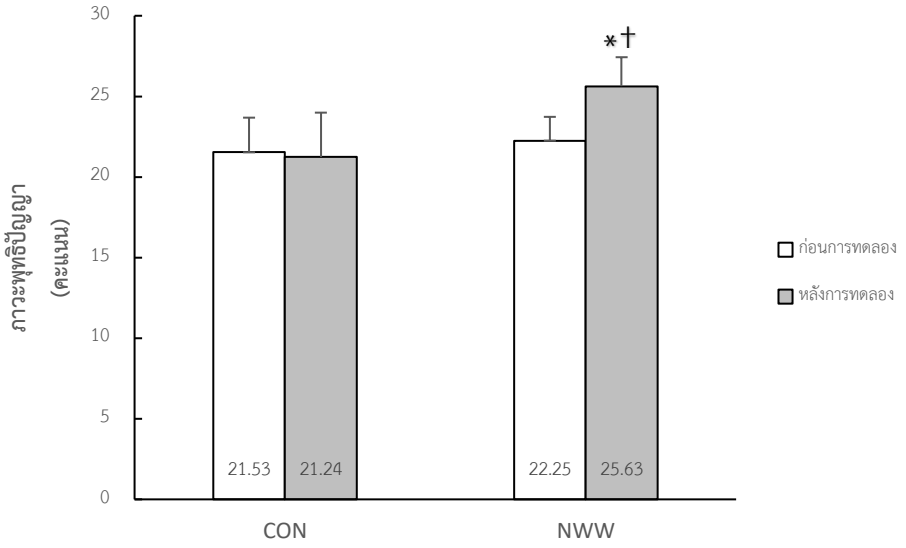
จากตารางที่ 18 และรูปที่ 62 ถึง 72 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของตัวแปรด้านพุทธิปัญญาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยภาวะพุทธิปัญญา มิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ การเรียกชื่อ สมาธิ การใช้ภาษา ความคิดเชิงนามธรรม การทวนซ้ำ การรับรู้สภาวะรอบตัว สภาพสมอง เวลาในการทำการทดสอบสทรูปทั้งหมด เวลาในการทำการทดสอบสมาธิ ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) มีค่าเฉลี่สภาพสมอง เวลาในการทำการทดสอบสทรูปทั้งหมด เวลาในการทำการทดสอบสมาธิ และค่ามัธยฐานของการเรียกชื่อ สมาธิ การใช้ภาษา และการรับรู้สภาวะรอบตัว ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยภาวะพุทธิปัญญา ค่ามัธยฐานของมิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ ความคิดเชิงนามธรรม และการทวนซ้ำ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มกลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) พบว่า มีค่าเฉลี่ยภาวะพุทธิปัญญา สภาพสมอง และค่ามัธยฐานของมิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ ความคิดเชิงนามธรรม การทวนซ้ำ และการรับรู้สภาวะรอบตัว มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

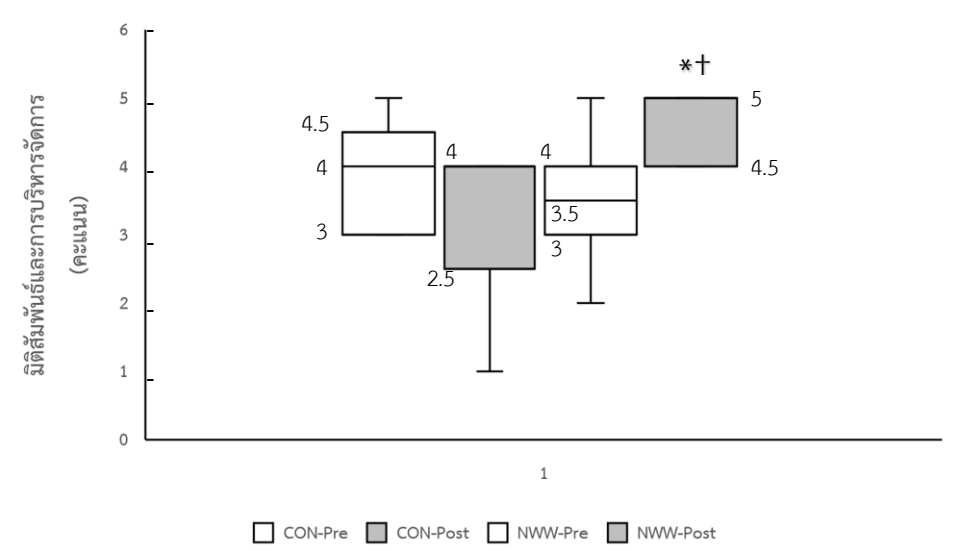



**รูปที่ 62** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของภาวะพุทธิปัญญาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

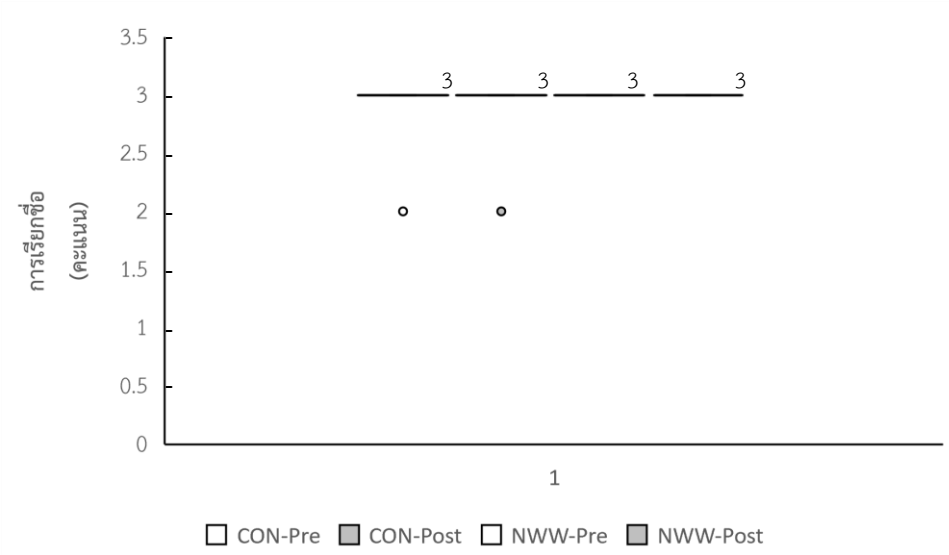



**รูปที่ 63** การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของมิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

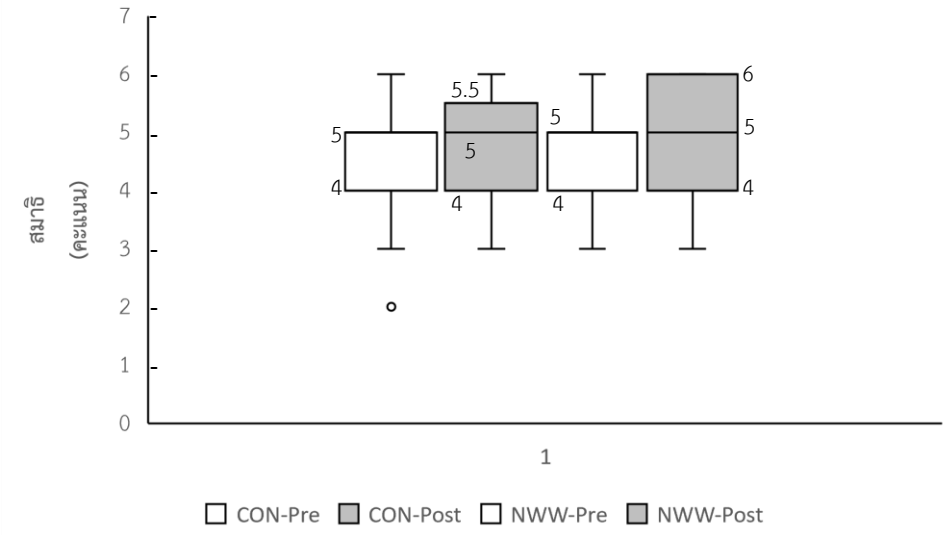
*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

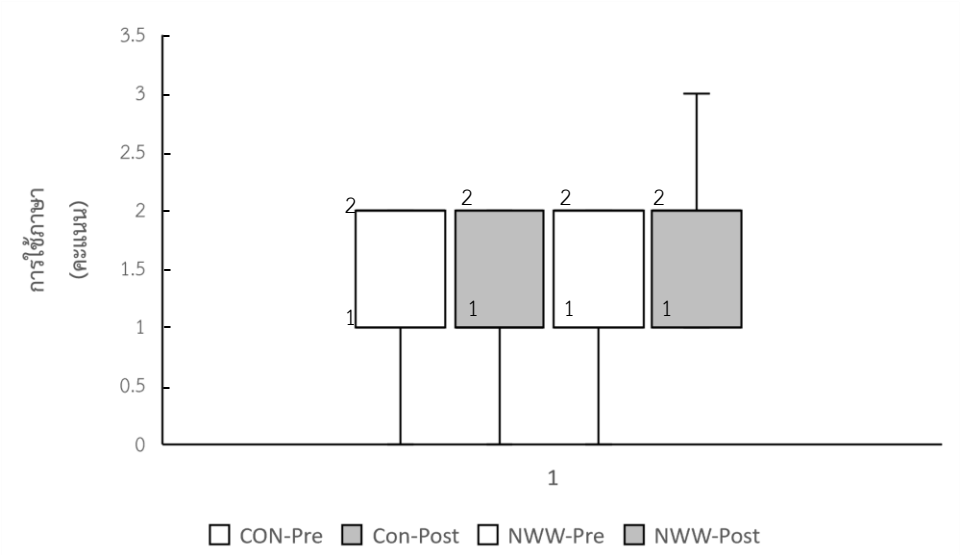
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



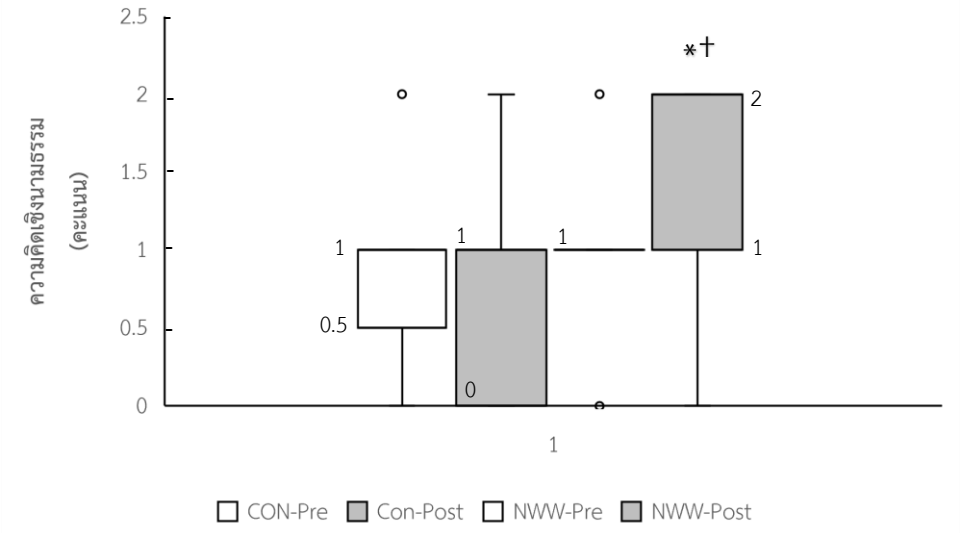

**รูปที่ 64** การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของการเรียกชื่อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



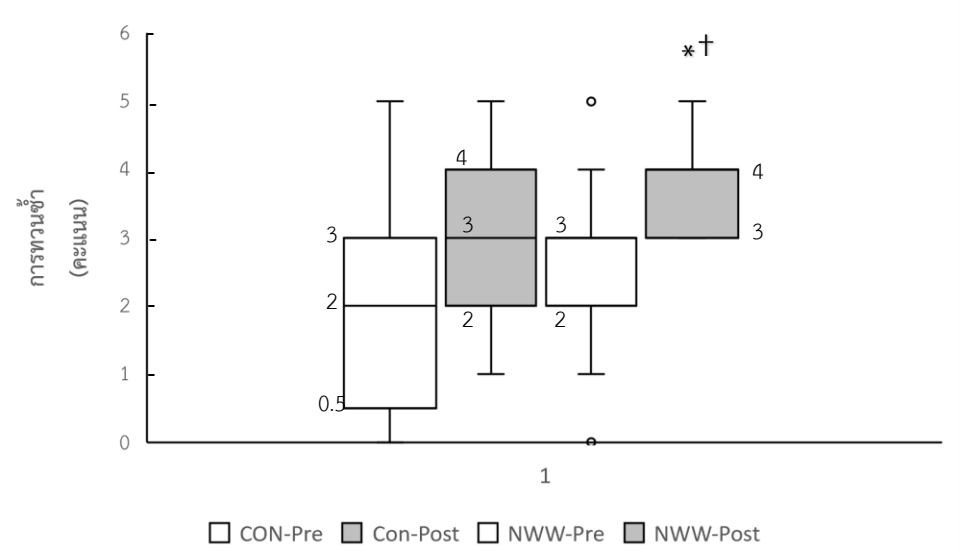

**รูปที่ 65** การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของด้านสมาธิระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 66** การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของด้านการใช้ภาษาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



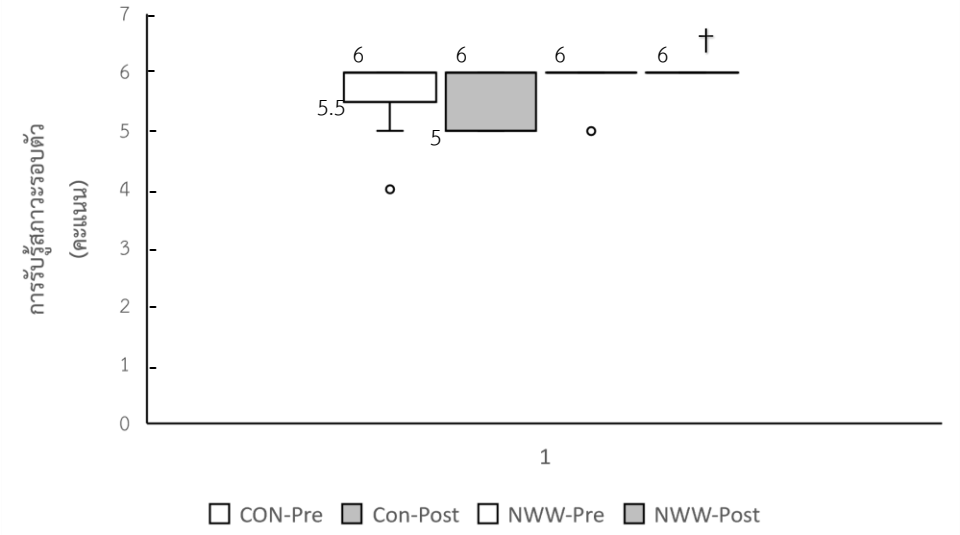

**รูปที่ 67** การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของความคิดเชิงนามธรรมระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)
*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน
†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 68** การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของด้านการทวนซ้ำระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

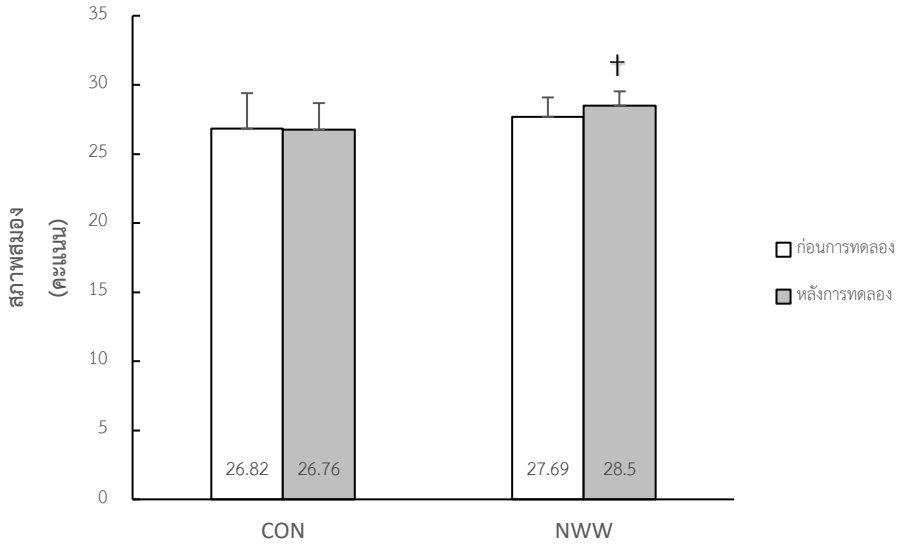
*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

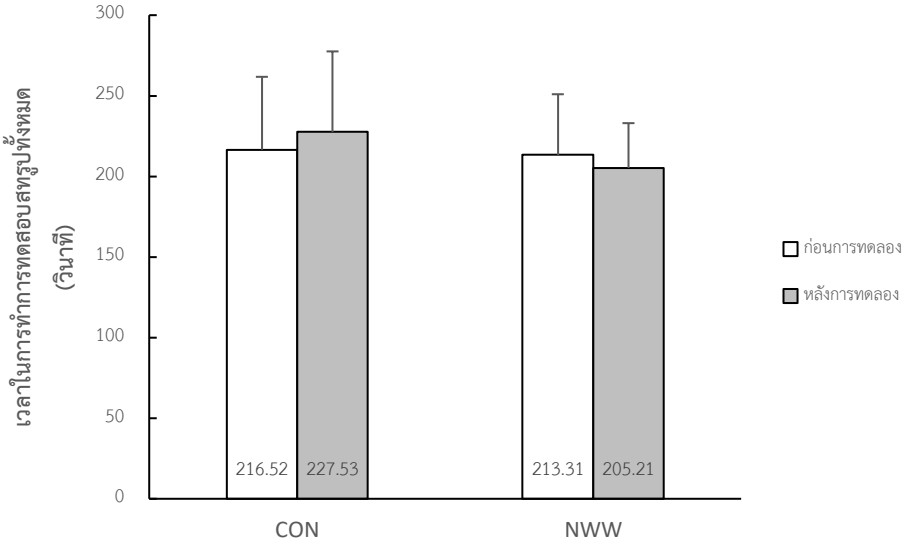



**รูปที่ 69** การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทส์ (Interquartile range) ของด้านการรับรู้สภาวะรอบตัวระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

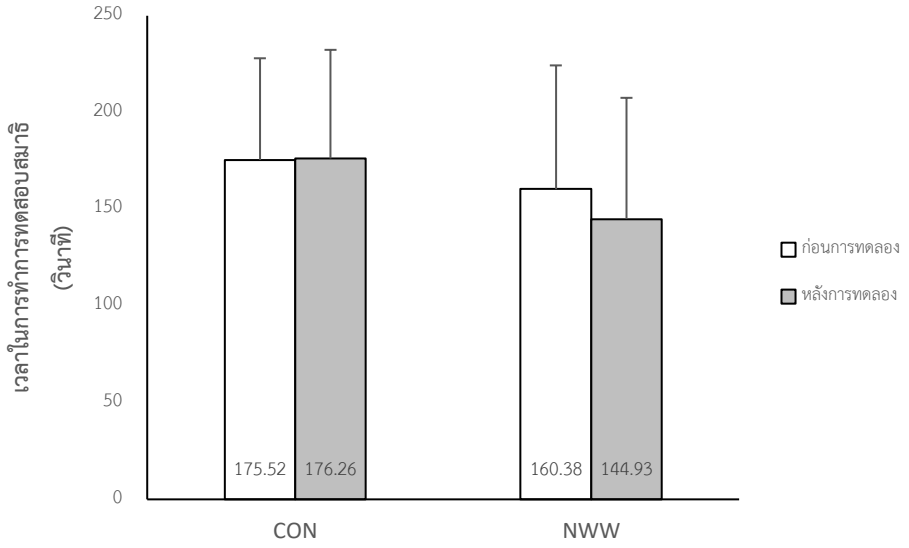
†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 70** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของสภาพสมอง ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)
†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 71** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาในการทำการทดสอบสทรูปทั้งหมด ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 72** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาในการทำการทดสอบสมาธิ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตอนที่ 5** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสุขสมรรถนะระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 19** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสุขสมรรถนะทางกายระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปร | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| ความยืดหยุ่น | | | | | | | | |
| ระยะที่ทำได้ในการนั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้า (เซนติเมตร) | 5.15±7.83 | 4.53±8.87 | 1.91±8.78 | 6.37±9.45* | 0.026 | 0.811 | 0.004 | 0.236 |
| ระยะที่ทำได้ในการเอื้อมแตะหลัง (เซนติเมตร) | -6.25±15.8 | -7.65±14.68 | -9.7±10.85 | -6.32±10.56* | 0.336 | 0.815 | 0.025 | 0.152 |
| ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ | | | | | | | | |
| จำนวนลุกนั่งใน 30 วินาที (ครั้ง) | 15.53±3.66 | 15.65±4.29 | 15.25±2.57 | 19.56±3.24*† | 0.000 | 0.115 | 0.000 | 0.37 |
| จำนวนงอแขนใน 30 วินาที (ครั้ง) | 16.35±3.43 | 17.18±4.54 | 17.69±2.18 | 20.56±2.53*† | 0.002 | 0.028 | 0.067 | 0.104 |
| การทรงตัว | | | | | | | | |
| เวลาในการเดินและกลับตัว 3 เมตร (วินาที) | 7.25±1.37 | 7.95±1.46* | 7.39±0.9 | 6.8±0.82*† | 0.617 | 0.212 | 0.000 | 0.573 |
| สมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและการหายใจ | | | | | | | | |
| จำนวนครั้งในการยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที (ครั้ง) | 168±25 | 173.63±29 | 170.81±26 | 192.5±23* | 0.009 | 0.171 | 0.109 | 0.083 |
| ระยะทางในการเดิน 6 นาที (เมตร) | 496.34±95.87 | 470.75±87.98* | 451.78±60.85 | 492.29±72.9* | 0.286 | 0.677 | 0.000 | 0.428 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

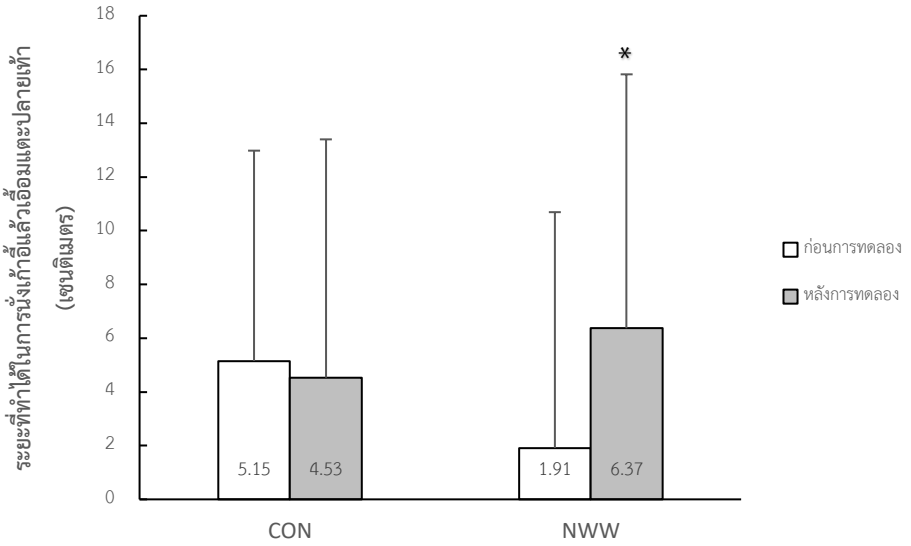
*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน; †p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จากตารางที่ 19 และรูปที่ 73 ถึง 79 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสุขสมรรถนะระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยระยะที่ทำได้ในการนั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้า ระยะที่ทำได้ในการเอื้อมแตะหลัง จำนวนการลุกนั่งใน 30 วินาที จำนวนการงอแขนใน 30 วินาที เวลาในการเดินและกลับตัว 3 เมตร จำนวนครั้งในการยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที และระยะทางในการเดิน 6 นาที ที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

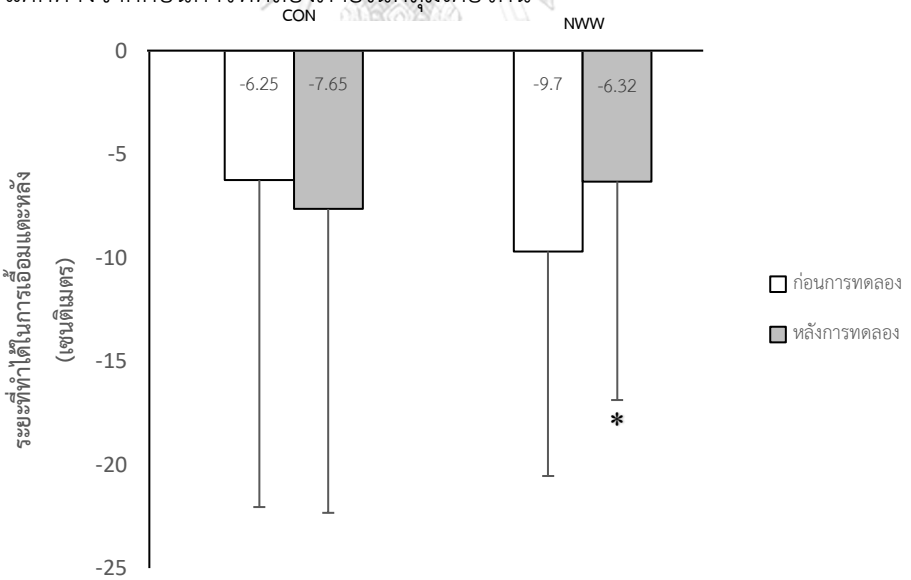
เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) มีค่าเฉลี่ยระยะที่ทำได้ในการนั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้า ระยะที่ทำได้ในการเอื้อมแตะหลัง จำนวนการลุกนั่งใน 30 วินาที จำนวนการงอแขนใน 30 วินาที จำนวนครั้งในการยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที และระยะทางในการเดิน 6 นาที เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าเฉลี่ยเวลาในการเดินและกลับตัว 3 เมตร ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) มีค่าเฉลี่ยการเดินและกลับตัว 3 เมตร เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าเฉลี่ยการเดิน 6 นาที ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) พบว่า มีค่าเฉลี่ยจำนวนการลุกนั่ง 30 วินาที และจำนวนการงอแขนใน 30 วินาที มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าเฉลี่ยเวลาในการเดินและกลับตัว 3 เมตร น้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับค่าเฉลี่ยระยะที่ทำได้ในการนั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้า ระยะที่ทำได้ในการเอื้อมแตะหลัง จำนวนครั้งในการยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 ครั้ง และระยะทางในการเดิน 6 นาที ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



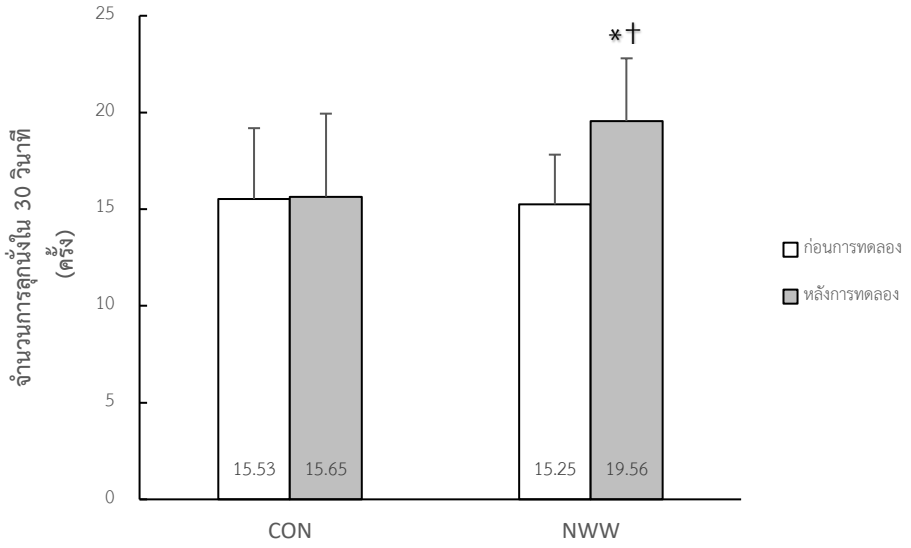

**รูปที่ 73** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของระยะที่ทำได้ในการนั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้าข้างที่ถนัดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน




**รูปที่ 74** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของระยะที่ทำได้ในการเอื้อมแตะหลังระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

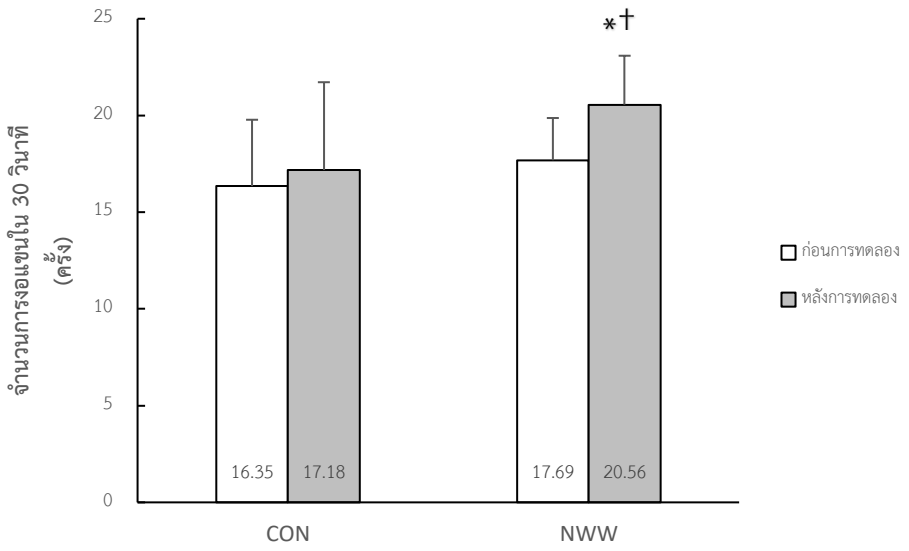



**รูปที่ 75** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของจำนวนการลุกนั่งใน 30 วินาที ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

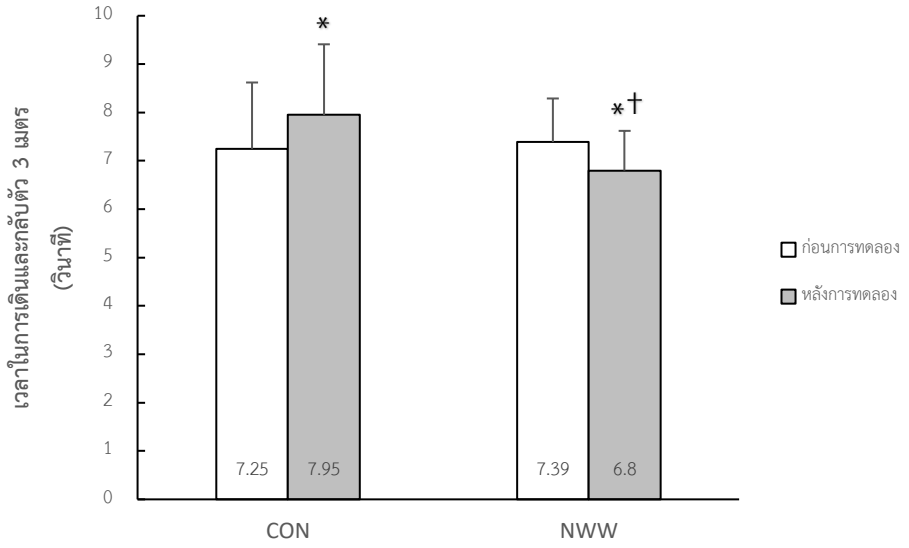



**รูปที่ 76** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของจำนวนการงอแขนใน 30 วินาที ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

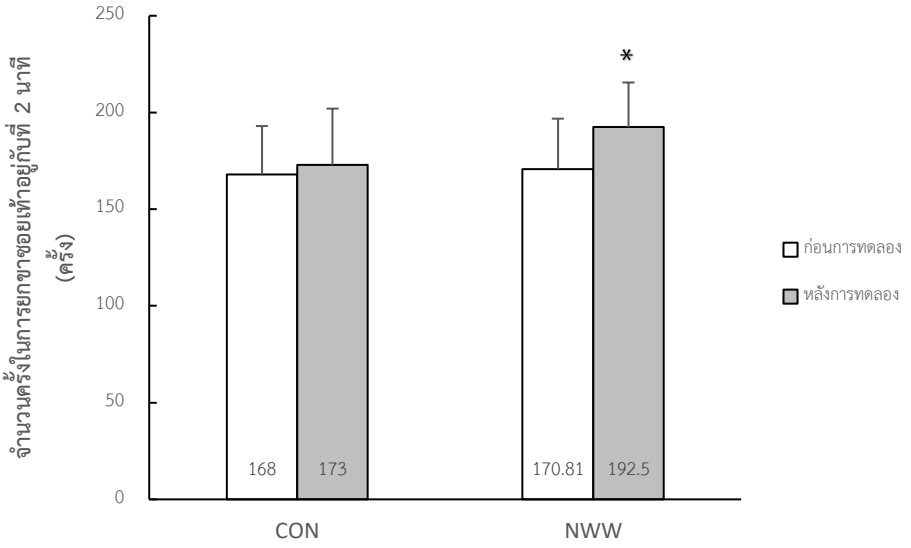



**รูปที่ 78** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาในการเดินกลับตัว 3 เมตร ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

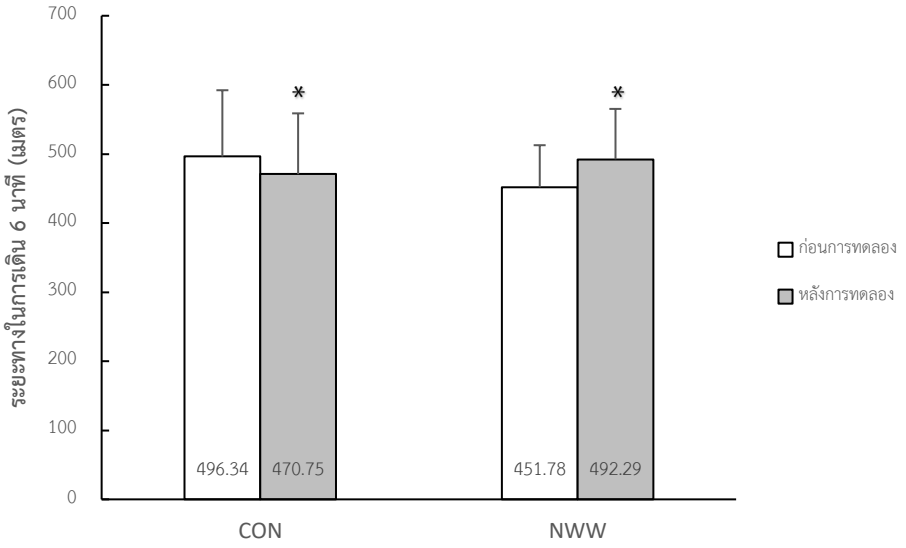
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY




**รูปที่ 77** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของจำนวนครั้งในการยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY




**รูปที่ 79** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของระยะทางในการเดิน 6 นาที ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)
*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตอนที่ 6** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

**ตารางที่ 20** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | ก่อนการทดลอง | หลังการทดลอง | p-value ของเวลา | p-value ของกลุ่ม | p-value ของกลุ่ม*เวลา | |
| WBC ($10^3$ /ul) | 7.07±1.62 | 7.06±1.78 | 6.75±1.61 | 6.24±1.29 | 0.128 | 0.288 | 0.140 | 0.069 |
| RBC ($10^6$ /ul) | 4.56±0.46 | 4.47±0.43 | 4.55±0.35 | 4.5±0.48 | 0.119 | 0.952 | 0.536 | 0.012 |
| Hb (g/dl) | 13.22±0.97 | 12.86±0.77* | 13.19±0.49 | 12.94±0.89 | 0.019 | 0.914 | 0.641 | 0.007 |
| HCT (%) | 40.38±2.83 | 39.52±2.27 | 40.18±1.81 | 39.9±2.7 | 0.134 | 0.906 | 0.454 | 0.018 |
| FPG (mg/dl) | 147±25.17 | 152.25±40.27 | 134.93±20.55 | 116.87±21.51*† | 0.264 | 0.009 | 0.047 | 0.129 |
| HbA1c (%) | 7.85±0.71 | 7.78±0.71 | 7.59±0.63 | 7.00±0.73*† | 0.001 | 0.145 | 0.023 | 0.156 |
| Insulin (uU/mL) | 7.35±2.59 | 6.83±2.66 | 6.45±1.87 | 7.67±2.88 | 0.484 | 0.966 | 0.087 | 0.101 |
| HOMA-IR (units) | 2.94±1.15 | 3.41±1.56 | 2.76±1.25 | 2.17±1.03*† | 0.754 | 0.097 | 0.012 | 0.203 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

*$p<0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน; †$p<0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

**ตารางที่ 20** (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

| ตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด | CON (n=17) | | NWW (n=16) | | สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ | | | อิทธิพล (ES) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อนการฝึก | หลังการฝึก | ก่อนการฝึก | หลังการฝึก | เวลา (p value) | กลุ่ม (p value) | กลุ่ม*เวลา (p value) | เวลาและกลุ่ม |
| Cholesterol (mg/dl) | 163.82±26.01 | 165.00±22.3 | 176.00±43.69 | 170.56±35.13 | 0.536 | 0.419 | 0.339 | 0.030 |
| Triglyceride (mg/dl) | 110.19±46.5 | 110.44±45.9 | 109.73±33.19 | 96.07±30.89 | 0.395 | 0.557 | 0.378 | 0.027 |
| HDL (mg/dl) | 49.47±11.07 | 51.82±8.57 | 50.88±10.51 | 52.88±12.43 | 0.033 | 0.735 | 0.858 | 0.001 |
| LDL (mg/dl) | 97.63±21.35 | 105.44±23.56 | 103.4±33.14 | 96.33±28.07 | 0.928 | 0.850 | 0.081 | 0.101 |
| CRP (mg/L) | 1.74±1.1 | 1.82±1.33 | 1.77±2.38 | 1.74±2.24 | 0.093 | 0.966 | 0.797 | 0.002 |
| Il-1b (pg/ml) | 0.52±0.02 | 0.51±0.02 | 0.53±0.04 | 0.52±0.02 | 0.123 | 0.047 | 0.916 | 0.001 |
| IL-6 (pg/ml) | 39.75±2.29 | 39.57±2.80 | 39.11±3.84 | 39.81±2.94 | 0.750 | 0.795 | 0.590 | 0.010 |
| Nitric oxide (μM) | 6.66±2.16 | 6.65±2.13 | 7.17±3.23 | 10.2±3.91*† | 0.009 | 0.076 | 0.045 | 0.141 |
| Adiponectin (ng/ml) | 13.80±5.08 | 12.67±4.73 | 12.19±5.18 | 11.10±4.76 | 0.255 | 0.286 | 0.987 | 0.000 |
| MDA (μM) | 1.83±0.57 | 1.82±0.48 | 1.91±0.53 | 1.72±0.38 | 0.184 | 0.943 | 0.273 | 0.039 |
| TNF-a (pg/ml) | 84.71±11.91 | 86.42±13.83 | 84.00±13.46 | 80.75±6.27 | 0.759 | 0.387 | 0.323 | 0.036 |
| BDNF (ng/ml) | 241.07±15.64 | 216.41±44.55 | 224.78±31.53 | 248.56±26.20*† | 0.952 | 0.375 | 0.002 | 0.284 |

แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน; †p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

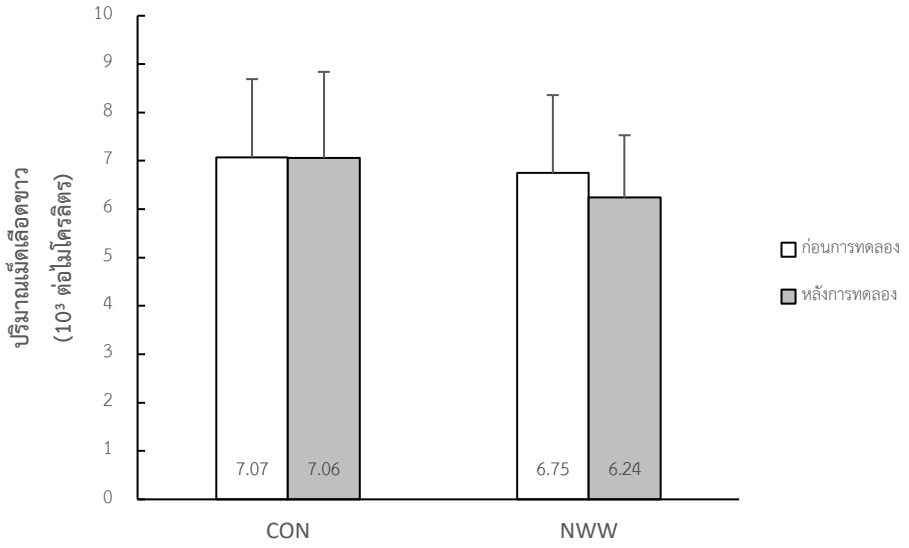
จากตารางที่ 20 และรูปที่ 80 ถึง 99 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณเม็ดเลือดขาว ปริมาณเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตรคริต ระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร น้ำตาลสะสม อินซูลิน ภาวะดื้อต่ออินซูลิน โคลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน โลเดนซิตี้ไลโปโปรตีน ซีรีเอคทีฟโปรตีน อินเตอร์ลิวคินวัน อินเตอร์ลิวคินซิก ไนตริกออกไซด์ อดิโพเนคติน มาลอนไดอัลดีไฮด์ ทูเมอร์เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF-$\alpha$) และบีดีเอ็นเอฟ ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

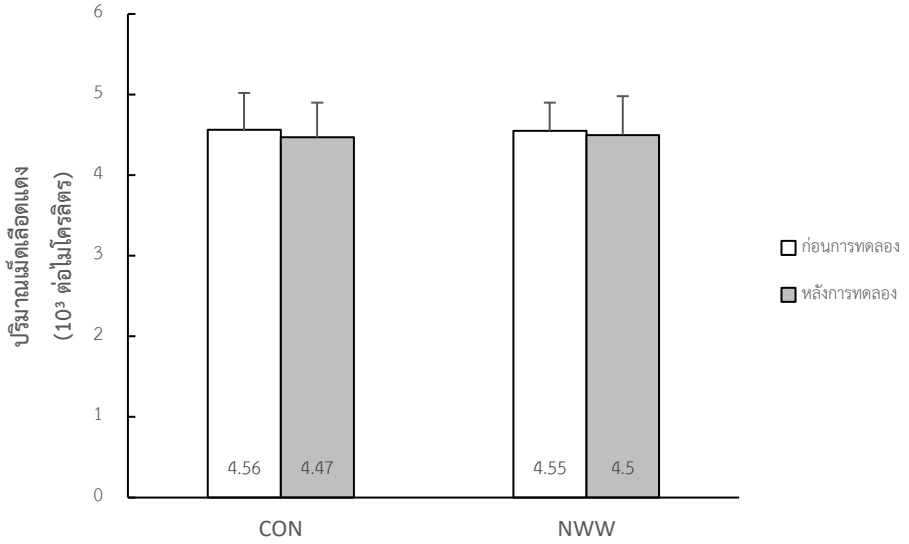
เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร น้ำตาลสะสม ภาวะดื้อต่ออินซูลินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ ไนตริกออกไซด์และบีดีเอ็นเอฟ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ ปริมาณเม็ดเลือดขาว ปริมาณเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตรคริต อินซูลิน โคลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน โลเดนซิตี้ไลโปโปรตีน ซีรีเอคทีฟ โปรตีน อินเตอร์ลิวคินวัน อินเตอร์ลิวคินซิก อดิโพเนคติน มาลอนไดอัลดีไฮด์ ทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF-$\alpha$) ไม่พบความแตกต่าง ในขณะกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) มีค่าเฉลี่ยฮีโมโกลบินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณเม็ดเลือดขาว ปริมาณเม็ดเลือดแดง ฮีมาโตรคริต อินซูลิน โคลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน โลเดนซิตี้ไลโปโปรตีน ซีรีเอคทีฟ โปรตีน อินเตอร์ลิวคินวัน อินเตอร์ลิวคินซิก อดิโพเนคติน มาลอนไดอัลดีไฮด์ ทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF-$\alpha$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

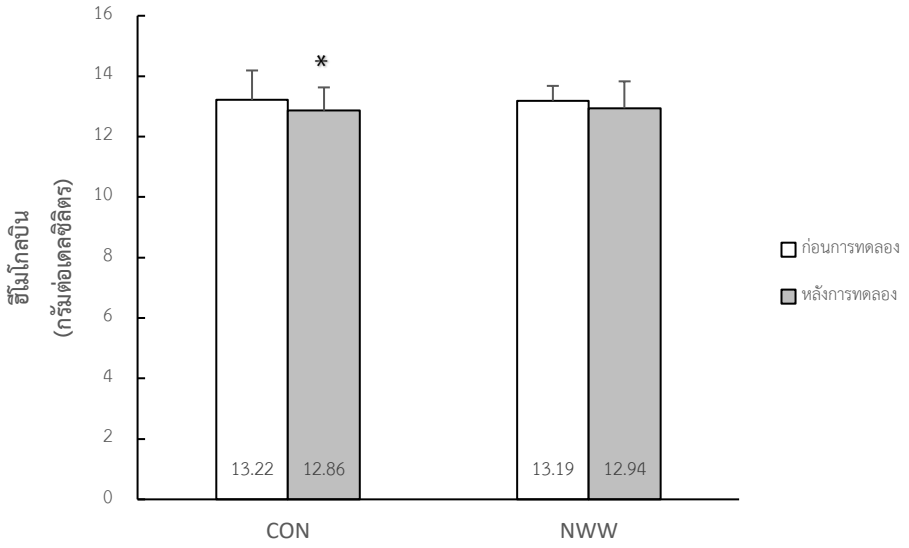
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร น้ำตาลสะสมและภาวะดื้อต่ออินซูลิน น้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และไนตริกออกไซด์และบีดีเอนเอฟ สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของ ปริมาณเม็ดเลือดขาว ปริมาณเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตรคริต อินซูลิน โคลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน โลเดนซิตี้ไลโปโปรตีน ซีรีเอคทีฟ โปรตีน อินเตอร์ลิวคินวัน อินเตอร์ลิวคินซิก อดิโพเนคติน มาลอนไดอัลดีไฮด์ ทูเมอร์ เนโครซิ สแฟกเตอร์ แอลฟา (TNF-$\alpha$)



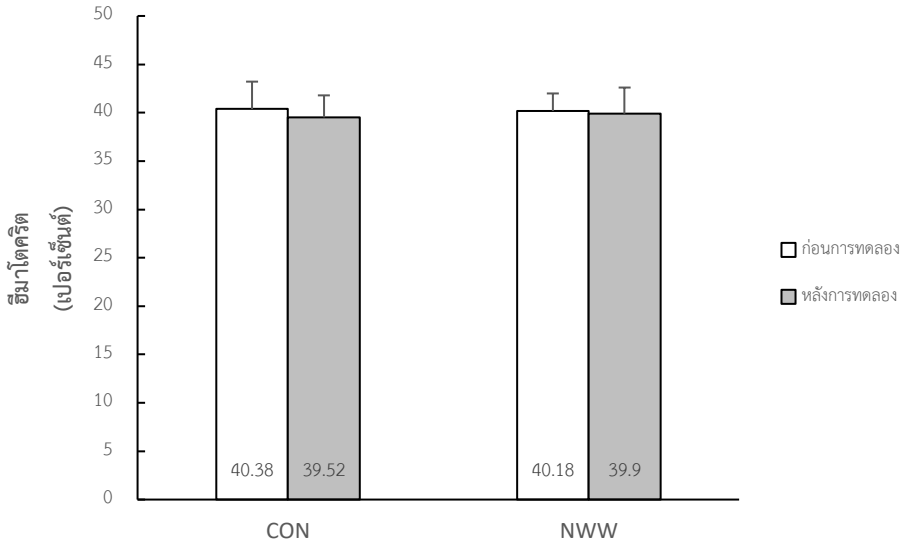

**รูปที่ 80** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ปริมาณเม็ดเลือดขาว ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



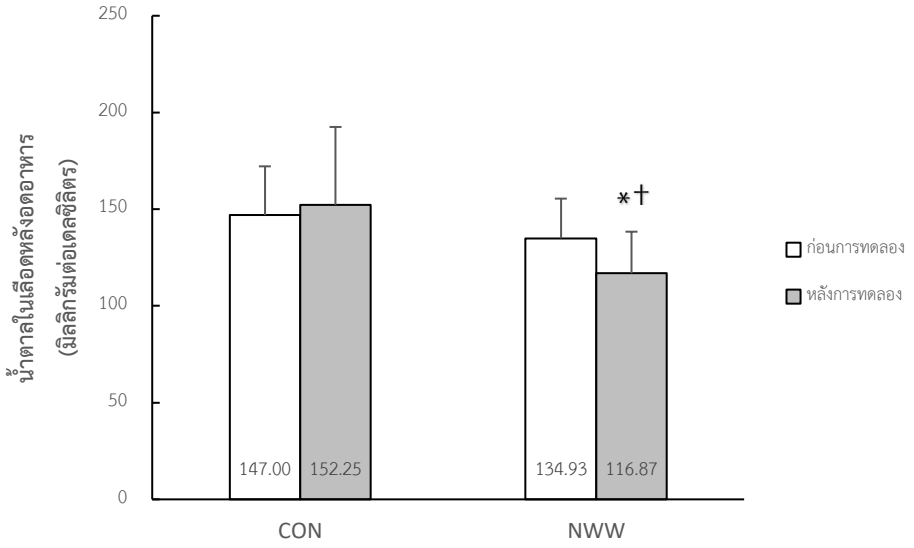

**รูปที่ 81** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ปริมาณเม็ดเลือดแดง ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 82** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ฮีโมโกลบินระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 83** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ฮีมาโตคริตระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

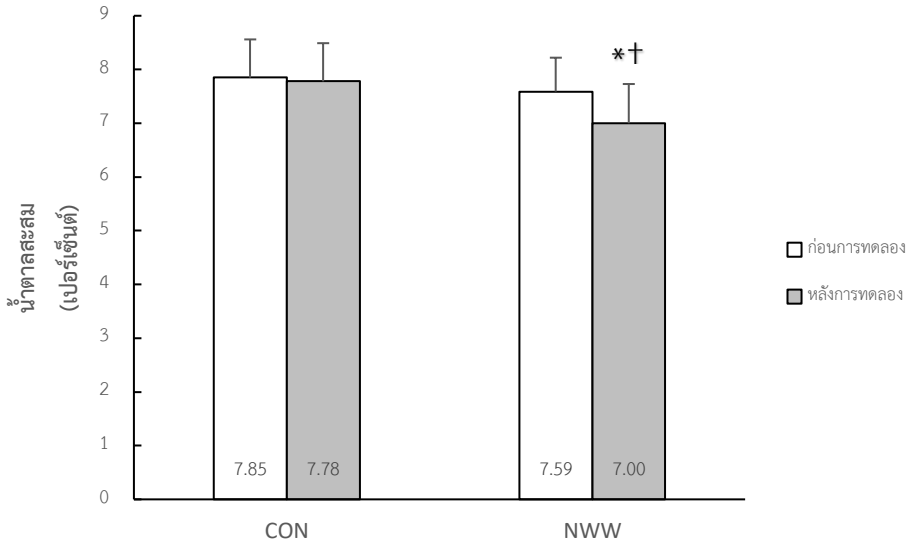



**รูปที่ 84** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

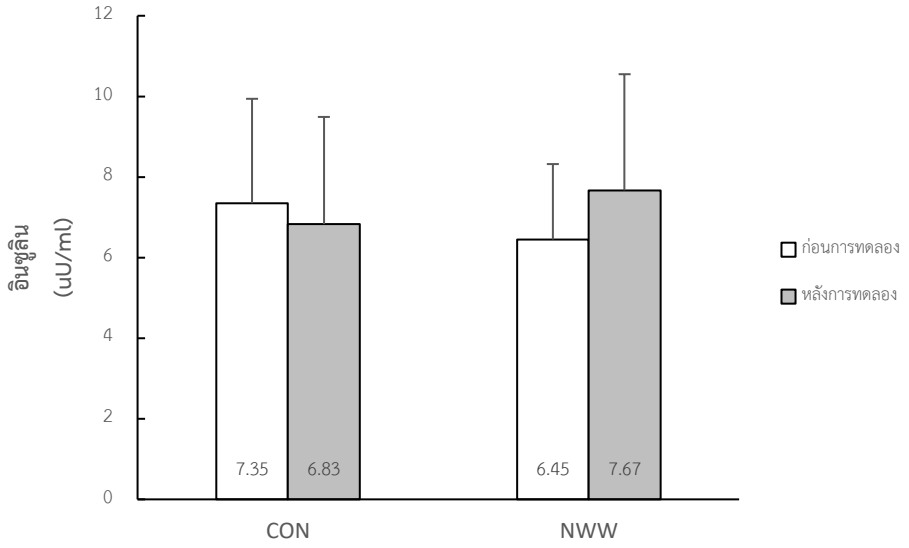



**รูปที่ 85** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) น้ำตาลสะสมระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

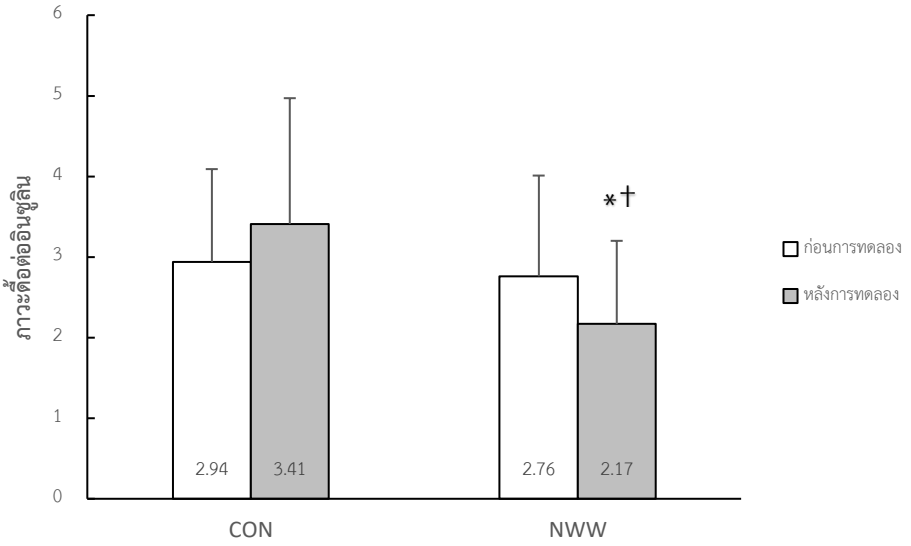
*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



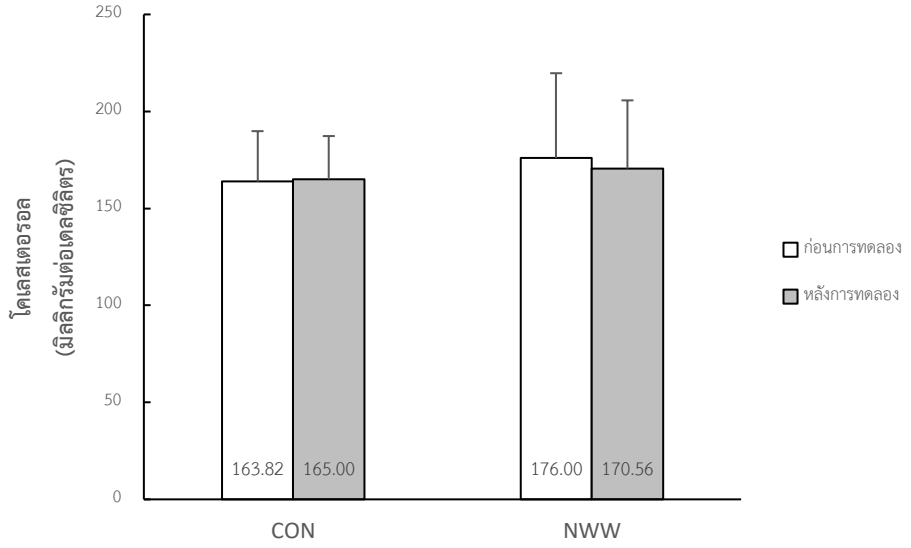

**รูปที่ 86** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อินซูลินระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



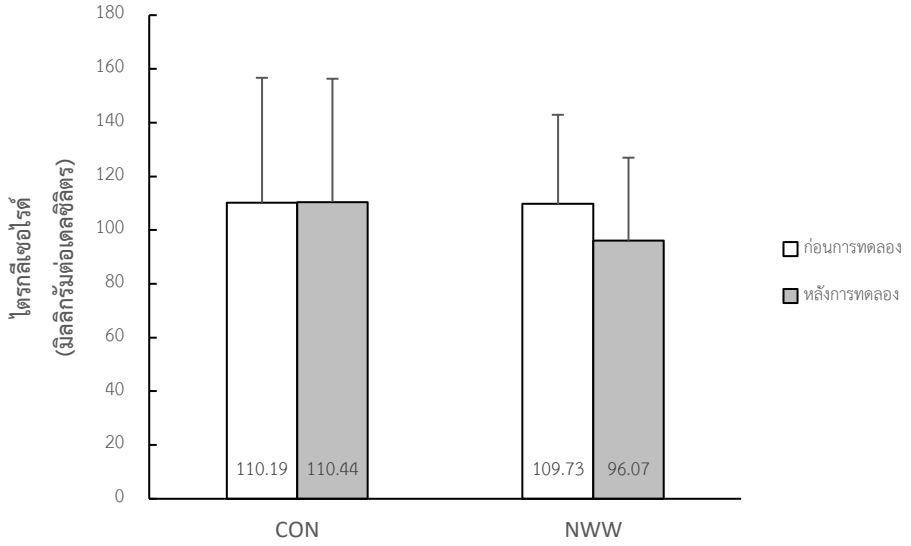

**รูปที่ 87** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ภาวะดื้อต่ออินซูลินระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

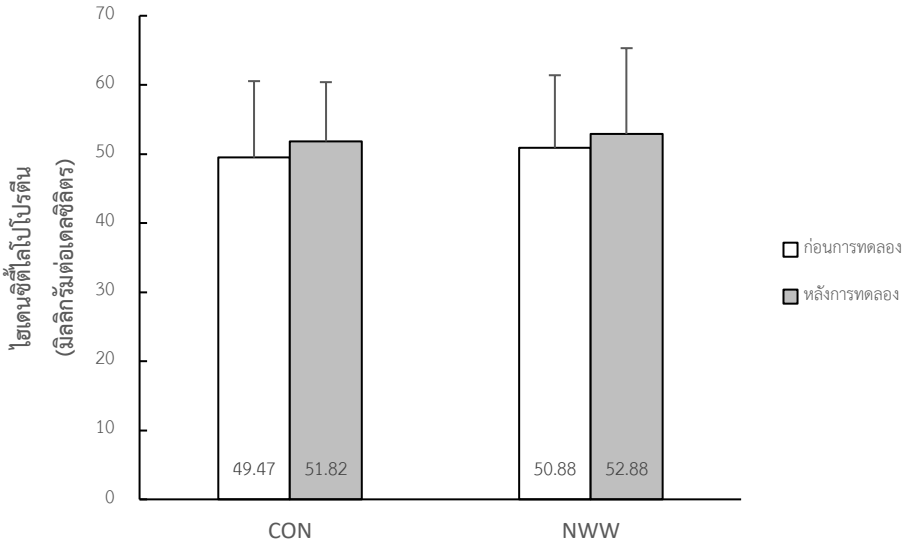
†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



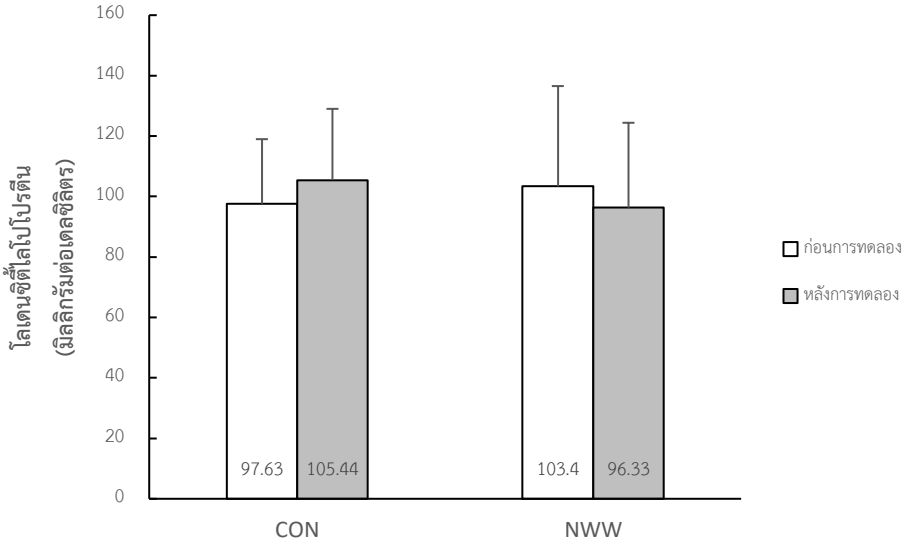

**รูปที่ 88** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โคเลสเตอรอล ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



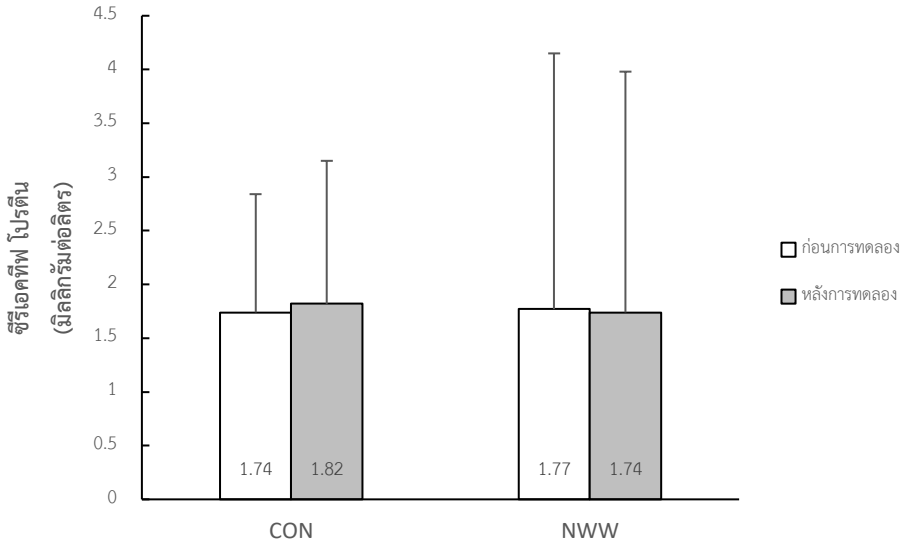

**รูปที่ 89** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไตรกลีเซอไรด์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



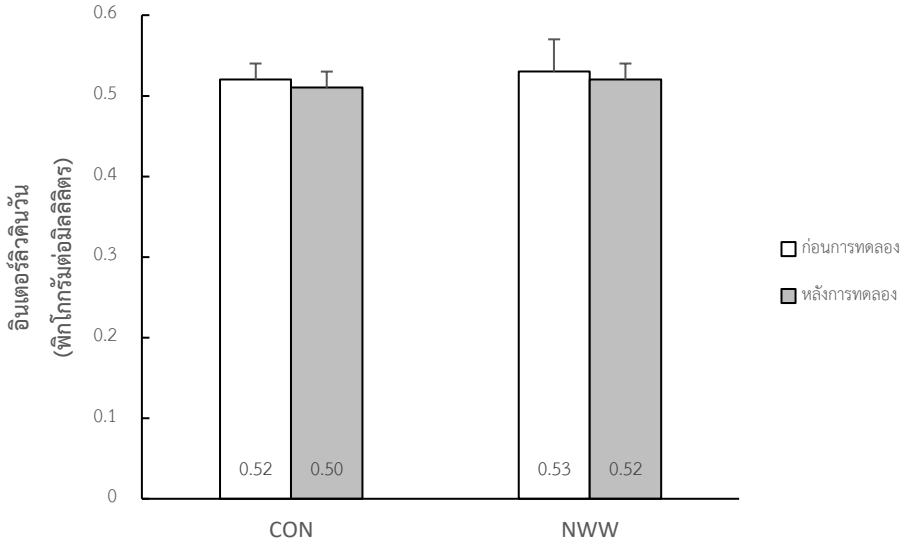

**รูปที่ 90** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีนระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



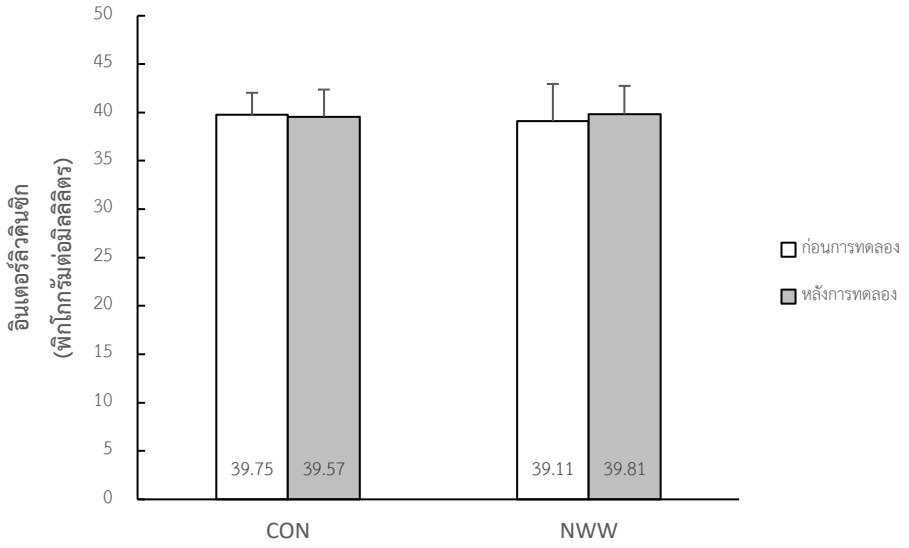

**รูปที่ 91** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โลเดนซิตี้ไลโปโปรตีนระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



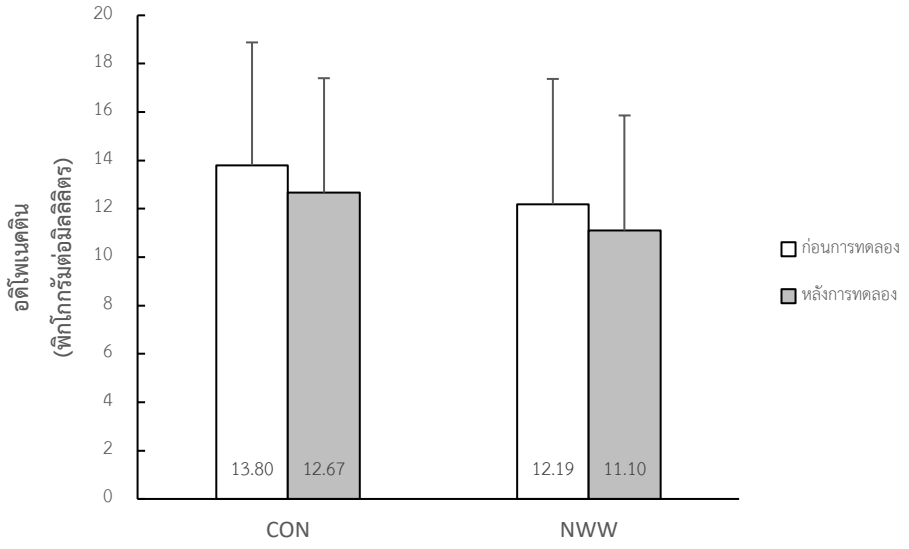

**รูปที่ 92** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ซีรีเอคทีฟ โปรตีน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



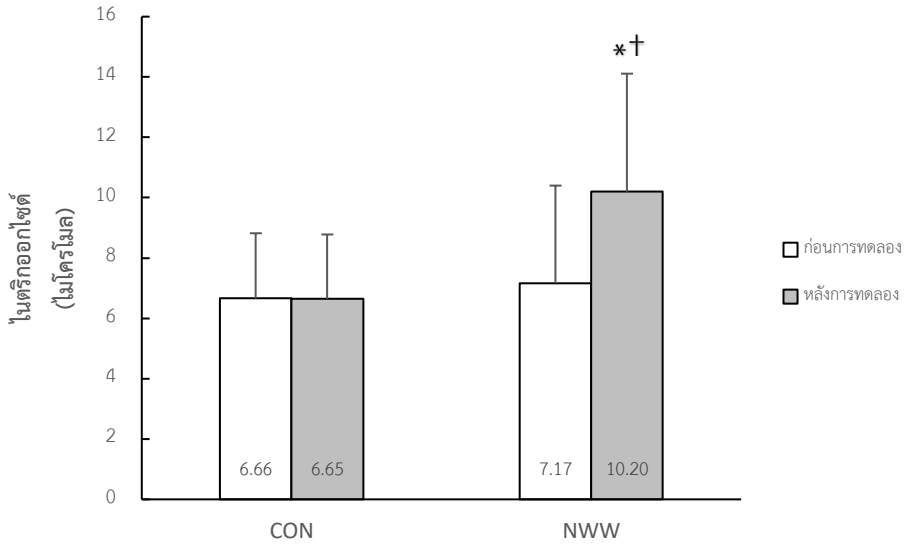

**รูปที่ 93** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อินเตอร์ลิวคินวัน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 94** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อินเตอร์ลิวคินซิก ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 95** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อดิโพเนคตินระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

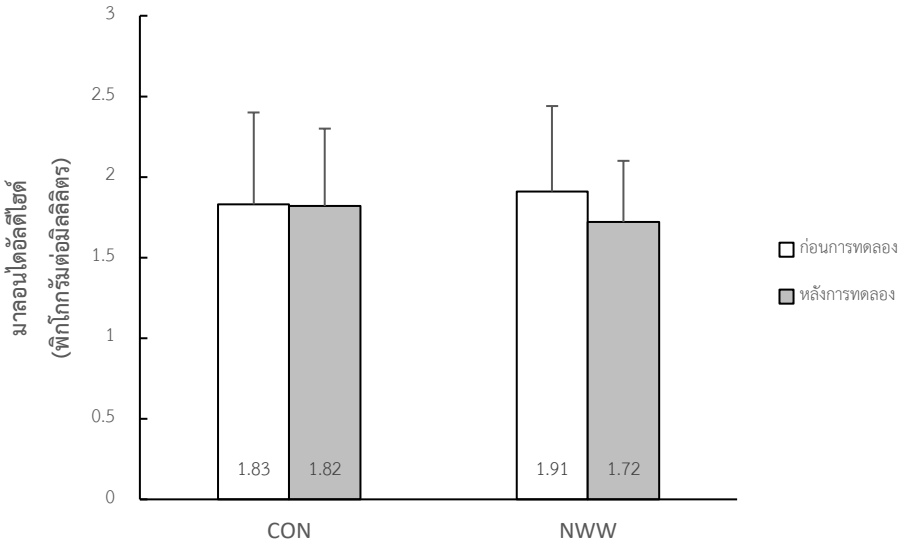



**รูปที่ 96** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไนตริกออกไซด์ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

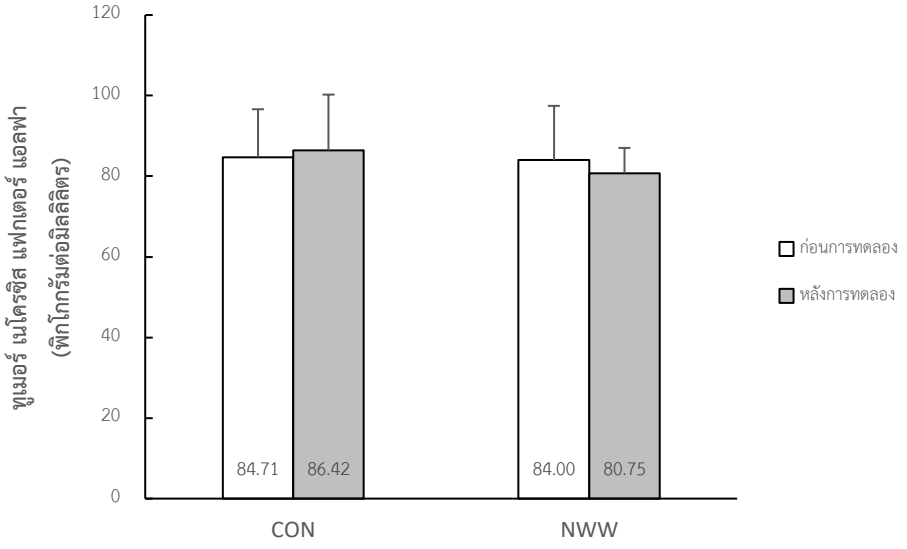
*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

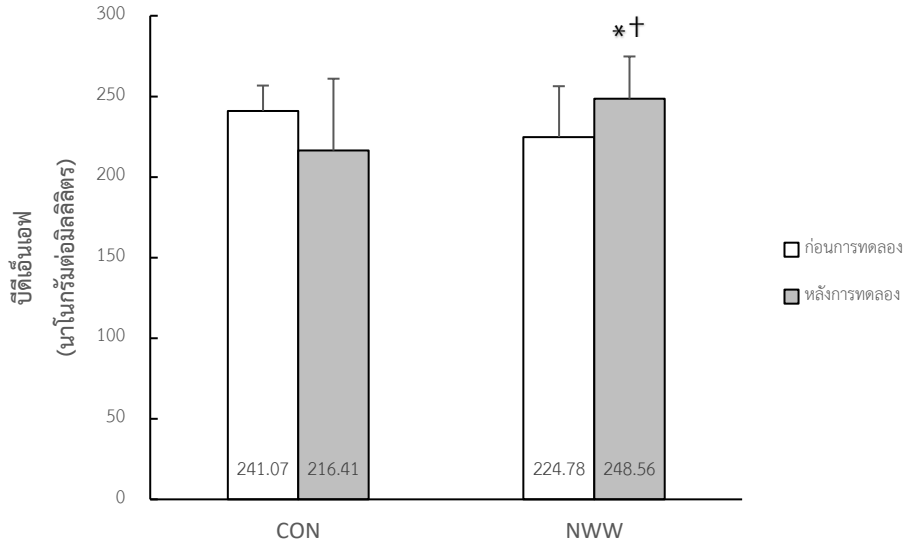
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY




**รูปที่ 97** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) มาลอนไดอัลดีไฮด์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)




**รูปที่ 98** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF-$\alpha$) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)



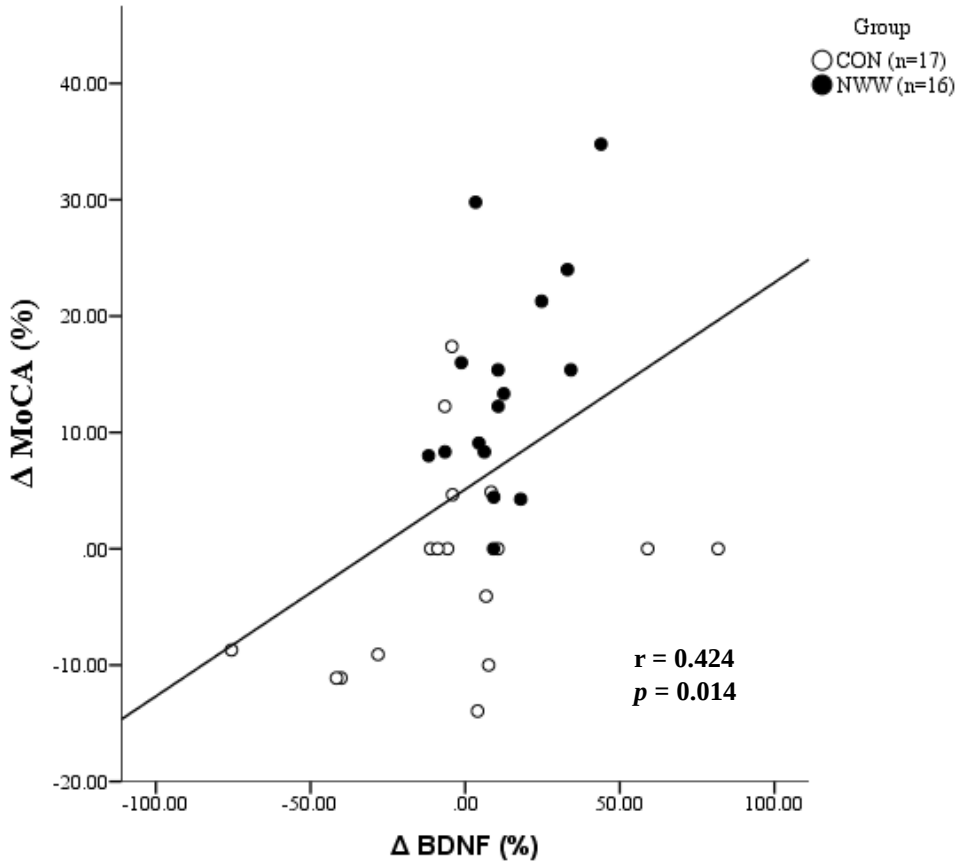

**รูปที่ 99** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) บีดีเอ็นเอฟระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

*p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

†p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

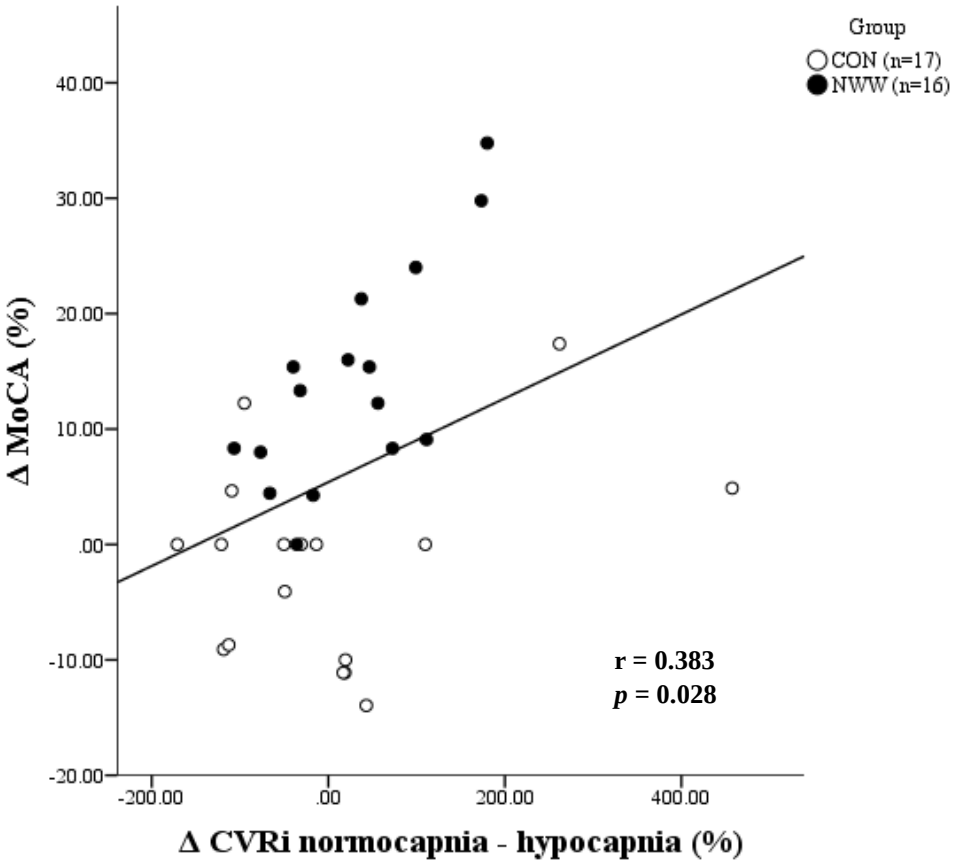
**ตอนที่ 7** การทดสอบความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของพุทธิปัญญาและการตอบสนองหลอดเลือดสมอง ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2




ชุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**รูปที่ 100** การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญา (Δ MoCA-T) และบีดีเอ็นเอฟ (Δ BDNF) ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

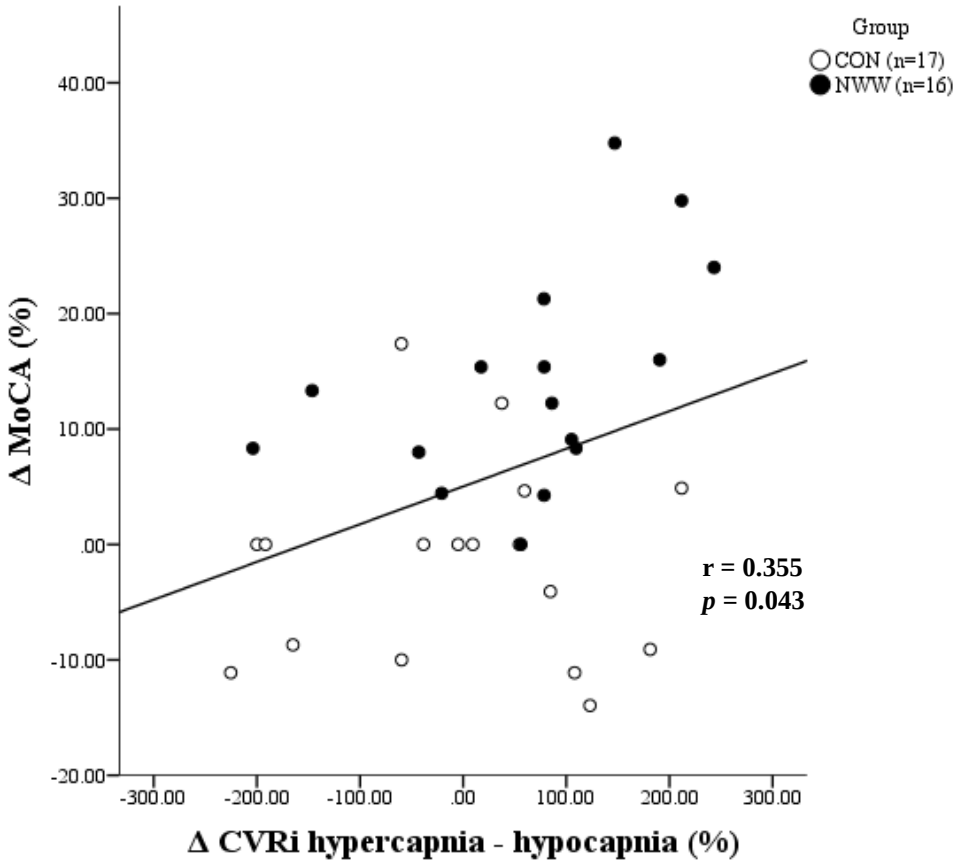
จากรูปที่ 100 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของบีดีเอ็นเอฟ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.424 พบว่า เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญา มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของบีดีเอ็นเอฟ ของกลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.014) หมายถึง บีดีเอ็นเอฟเพิ่มขึ้นจะทำให้คะแนนประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทยมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน




**รูปที่ 101** การทดสอบความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างแบบประเมินพุทธิปัญญา (Δ MoCA-T) และดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Δ CVRi normocapnia - hypocapnia) ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

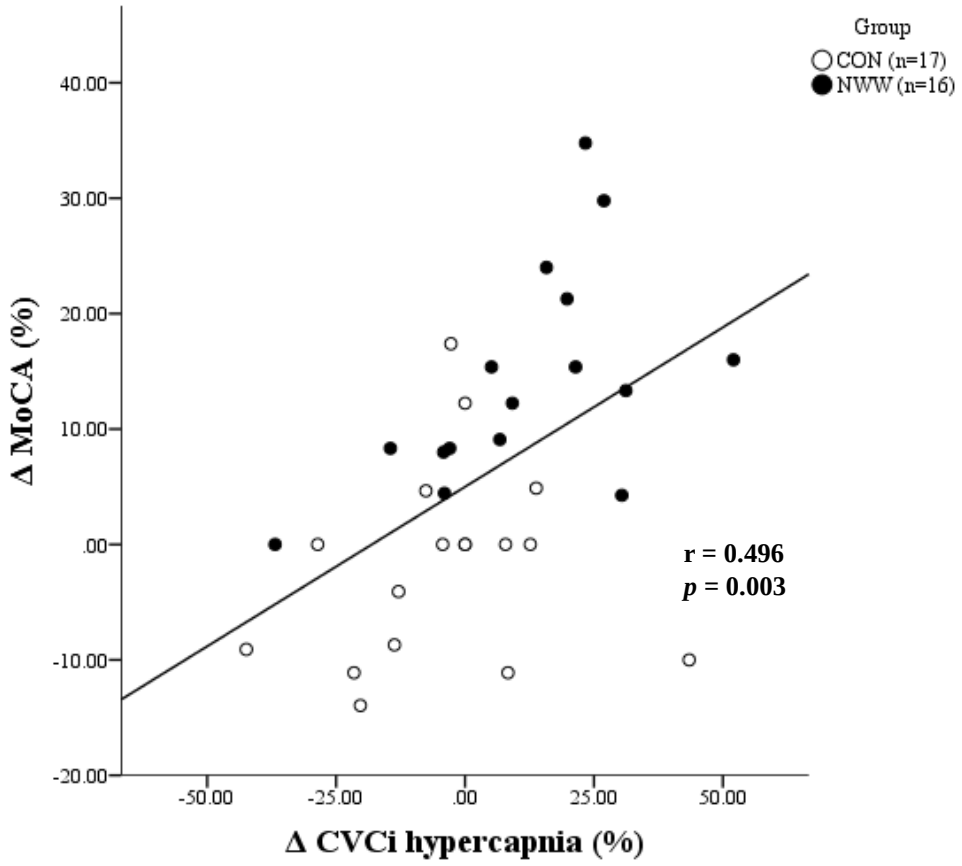
จากรูปที่ 101 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.383 พบว่า เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญา มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ ของกลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.028) หมายถึง ดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำเพิ่มขึ้นจะทำให้คะแนนประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทยมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน




**รูปที่ 102** การทดสอบความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างแบบประเมินพุทธิปัญญา (Δ MoCA-T) และดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Δ CVRi hypercapnia - hypocapnia) ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

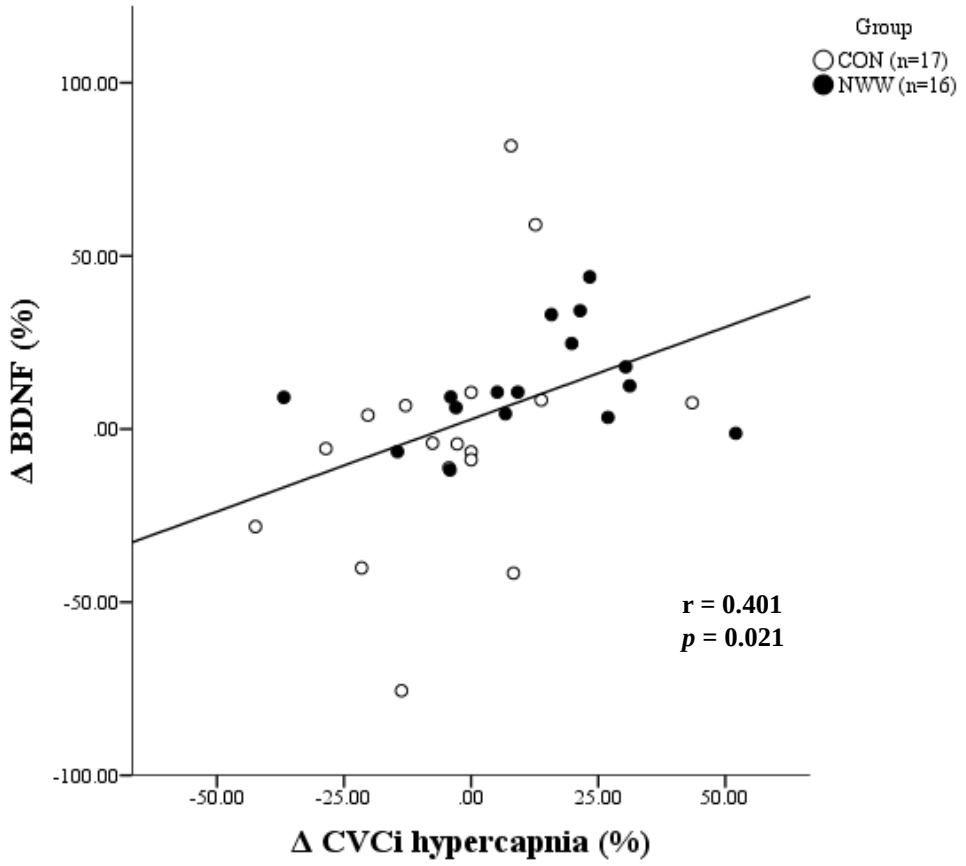
จากรูปที่ 102 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญากับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.355 พบว่า เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญา มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ ของกลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.043) หมายถึง ดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำเพิ่มขึ้นจะทำให้คะแนนประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทยมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน




**รูปที่ 103** การทดสอบความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างแบบประเมินพุทธิปัญญา ( Δ MoCA-T) และดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Δ CVCi hypercapnia) ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 103 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.496 พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญา มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง ของกลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.003) หมายถึง ดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงเพิ่มขึ้นจะทำให้คะแนนประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทยมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน




**รูปที่ 104** การทดสอบความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระหว่างบีดีเอ็นเอฟ ( Δ BDNF) และดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Δ CVCi hypercapnia) ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 104 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของบีดีเอ็นเอฟกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.401 พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของบีดีเอ็นเอฟมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง ของกลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.021) หมายถึง ดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงเพิ่มขึ้นจะทำให้บีดีเอ็นเอฟมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Cause - effect method) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่มีต่อตัวแปรด้านสรีรวิทยา การทำงานของหลอดเลือด การทำงานของหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาเทอรี่ พุทธิปัญญา สุขสมรรถนะ และสารชีวเคมีในเลือด กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อายุระหว่าง 60 ถึง 74 ปี จำนวน 33 คน ที่มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ ได้แก่ เป็นเบาหวานมาแล้ว 5 ถึง 10 ปี มีระดับน้ำตาลสะสมเฉลี่ย 7% และไม่มากกว่า 9% เป็นผู้ไม่ได้รับการฉีดอินซูลิน เป็นผู้ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่มีคะแนนการประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย (Montreal Cognitive Assessment; MoCA-T) ระหว่าง 18 – 24 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ไม่มีความเสี่ยงการล้ม สามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้ เป็นผู้ที่ไม่ได้รับอาหารเสริมที่เกี่ยวข้องกับความจำ ไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร การมองเห็น หรือการได้ยิน และไม่เคยออกกำลังกายมาก่อน 6 เดือน ผู้วิจัยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นในขั้นแรก (Stratified random assignment) โดยเรียงลำดับการแบ่งชั้นตามอายุ เพศ และคะแนนของการประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย จากนั้นใช้การสุ่มแบบง่าย (Simple random sampling) โดยวิธีการจับฉลากเพื่อสุ่มเข้ากลุ่มการทดลอง ได้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่มีลักษณะเหมือนกัน (Homogeneous) กลุ่มละ 18 คน ซึ่งภายหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ มีผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย 3 คน ได้แก่ กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ 2 คน เนื่องจากมีนัดผ่าตา และไม่ยินยอมเข้าร่วมการศึกษาต่อ และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก 1 คน เนื่องจากติดโควิด ทำให้เกิดความกลัวในการเดิน จึงทำให้เหลือทั้งสิ้น 33 คน คือ กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (Nordic walking in water group; NWW) 16 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (Control group; CON) 17 คน

การฝึกซ้อมของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) จะทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เริ่มแรกอาสาสมัครทำความคุ้นเคยการเดินแบบนอร์ดิกบนบกเพื่อสร้างความคุ้นเคย โดยมีระยะเวลาการฝึกต่อครั้งนาน 30 นาที รวมทั้งสิ้น 2 ครั้ง ต่อมาผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ 20 นาทีต่อครั้ง อย่างน้อย 2 ครั้ง โปรแกรมการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำแต่ละครั้งให้มีการอบอุ่นร่างกายก่อนลงน้ำ ใช้เวลา 5 นาที จากนั้นให้อาสาสมัครอบอุ่นร่างกายโดยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ที่ความหนักอัตราการเต้าของหัวใจ 30% ของอัตราการเต้น

ของหัวใจสำรอง (HRR) ใช้เวลา 5 นาที การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำในช่วง 6 สัปดาห์แรก ให้ฝึกที่ความหนักอัตราการเต้นของหัวใจ 40 – 50 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (HRR) ในสัปดาห์ที่ 7 ถึง 12 ให้ฝึกที่ความหนักอัตราการเต้นของหัวใจ 50% ถึง 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง โดยใช้ polar ติดที่หน้าอกเพื่อแสดงอัตราการเต้นของหัวใจตลอดระยะเวลาของการฝึก และใช้เครื่องกำหนดจังหวะในการให้อาสาสมัครเดินตามจังหวะ คิดเป็นความเร็วเฉลี่ย 1.2 ถึง 1.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้ระยะเวลาในการฝึก 40 นาที และภายหลังการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำในแต่ละครั้งมีการคลายอุ่น 10 นาที รวมทั้งสิ้น 60 นาทีต่อครั้ง สำหรับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) จะยังคงให้ปฏิบัติตามแผนการรักษาของแพทย์

ก่อนฝึกและหลังฝึก 12 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการทดสอบตัวแปรด้านสรีรวิทยา ด้านการทำงานของหลอดเลือด ด้านการทำงานของหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาเทอรี่ ด้านพุทธิปัญญา ด้านสุขสมรรถนะทางกาย และด้านสารชีวเคมีในเลือด นำผลการทดสอบทั้ง 2 ครั้งมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบียนมาตรฐาน (SD) วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างก่อนและหลังฝึกของแต่ละกลุ่ม และระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 2 กลุ่ม สำหรับข้อมูลที่มีการกระจายตัวตามปกติ จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางชนิดวัดซ้ำ (Two-way ANOVA with repeated measures) หากพบความแตกต่างจึงทำการเปรียบเทียบแบบรายคู่ โดยใช้สถิติแอลเอชดี (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และสำหรับข้อมูลที่มีการกระจายตัวไม่ปกติ ได้แก่ มิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ การเรียกชื่อ สมาธิ การใช้ภาษา ความคิดเชิงนามธรรม การทวนซ้ำ และการรับรู้สภาวะรอบตัว จะใช้สถิติครัสคัล วอลลิส (Kruskal wallis test) ในการดูความแตกต่างระหว่างกลุ่ม และสถิติฟรีดแมน (The Friedman test) ในการดูความแตกต่างภายในกลุ่มการทดลอง ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และ วิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

**สรุปผลการวิจัย**

1. ผลของกลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ที่มีต่อตัวแปรด้านต่าง ๆ ในผู้สูงอายุที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ด้านสรีรวิทยา

1) ภายหลัง 12 สัปดาห์ ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว และความดันโลหิตเฉลี่ยของหลอดเลือดแดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างของค่ามวลร่างกายปราศจากไขมัน มวลกระดูกและเส้นรอบเอว สำหรับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างของทุกตัวแปร

2) การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันของของร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ มวลกระดูก เส้นรอบเอว อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวและความดันโลหิตเฉลี่ยของหลอดเลือดแดง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 ด้านการทำงานของหลอดเลือด

1) ภายหลัง 12 สัปดาห์ ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีความหนาของผนังหลอดเลือด คลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียล และความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สำหรับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างของทุกตัวแปร

2) การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียล และความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือด สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าความหนาของผนังหลอดเลือดและคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า

1.3 ด้านการทำงานของหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาเทอรี่

1) ภายหลัง 12 สัปดาห์ ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิลเซเรบรอล อาร์เทอร์รี่ ในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีค่าดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ ความดันในหลอดเลือด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แดงเฉลี่ยในทุกสภาวะ ความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองในทุกสภาวะ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกในทุกสภาวะ ความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาร์เทอร์รี่ ในสสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำและสูง ดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง ในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติและต่ำ ดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index; ΔCBFV/ΔEtCO2) ในทุกสภาวะ ดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index; ΔCVCi/ΔEtCO2) ในทุกสภาวะ สำหรับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) พบว่า ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกในทุกสภาวะ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่ไม่พบการเปลี่ยนของตัวแปรอื่น ๆ

2) การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติและคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ ดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง และดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนับสำคัญทางสถิติที่ .05 และความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาร์เทอร์รี่ ในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ในทุกสภาวะ น้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนับสำคัญทางสถิติที่ .05 สำหรับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) พบว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทุก ๆ ตัวแปร

1.4 ด้านพุทธิปัญญา

1) ภายหลัง 12 สัปดาห์ ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าแบบประเมินพุทธิปัญญา มิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ ความคิดเชิงนามธรรม และการทวนซ้ำ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย แบบทดสอบสทรูป แบบทดสอบสมาธิ ในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของทุกตัวแปร

2) การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) ค่าแบบประเมินพุทธิปัญญา มิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ ความคิดเชิงนามธรรม การทวนซ้ำ การรับรู้สภาวะรอบตัว สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฝึก (CON) แต่ไม่พบความแตกต่างของทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย แบบทดสอบสทรูป แบบทดสอบสมาธิ

1.5 ด้านสุขสมรรถนะทางกาย

1) ภายหลัง 12 สัปดาห์ ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่านั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้า เอื้อมแตะหลัง ลุกนั่ง งอแขน ยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที และเดิน 6 นาที เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีค่าการเดินและกลับตัว 3 เมตร ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สำหรับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) พบว่า มีค่าการเดินและกลับตัว เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 การเดิน 6 นาที ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่านั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้า เอื้อมแตะหลัง ลุกนั่ง งอแขน ยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที

2) การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าลุกนั่ง และงอแขน สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าการเดินและกลับตัว 3 เมตร น้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างของค่านั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้า เอื้อมแตะหลัง ยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที และเดิน 6 นาที

1.6 ด้านชีวเคมีในเลือด

1) ภายหลัง 12 สัปดาห์ ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่ามีค่าน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร น้ำตาลสะสม และภาวะดื้อต่ออินซูลินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีไนตริกออกไซด์และบีดีเอนเอฟ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณเม็ดเลือดขาว ปริมาณเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตรคริต อินซูลิน โคลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน โลเดนซิตี้ไลโปโปรตีน ซีรีเอคทีฟ โปรตีน ที่อินเตอร์ลิวคินวัน อินเตอร์ลิวคินซิก อดิโพเนคติน มาลอนไดอัลดีไฮด์ และทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF- $\alpha$) สำหรับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) พบว่า มีค่าฮีโมโกลบินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเม็ดเลือดขาว ปริมาณเม็ดเลือดแดง ฮีมาโตรคริต น้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร น้ำตาลสะสม อินซูลิน ภาวะดื้อต่ออินซูลิน โคลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน โลเดนซิตี้ไลโป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โปรตีน ซีรีเอคทีฟ โปรตีน อินเตอร์ลิวคินวัน อินเตอร์ลิวคินซิก ไนตริกออกไซด์ อดิโพเนคติน มาลอนไดอัลดีไฮด์ ทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF- $\alpha$) และบีดีเอ็นเอฟ

1.7 การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร น้ำตาลสะสม และภาวะดื้อต่ออินซูลิน กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าไนตริกออกไซด์และบีดีเอนเอฟ สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าปริมาณเม็ดเลือดขาว ปริมาณเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตรคริต อินซูลิน โคลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน โลเดนซิตี้ไลโปโปรตีน ซีรีเอคทีฟ โปรตีน อินเตอร์ลิวคินวัน อินเตอร์ลิวคินซิก อดิโพเนคติน มาลอนไดอัลดีไฮด์ และทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF- $\alpha$)

1.8 ผลทดสอบความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของพุทธิปัญญาและการตอบสนองหลอดเลือดสมอง ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ

1) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญา มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของบีดีเอ็นเอฟ ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญา มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญา มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมองระหว่างสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของแบบประเมินพุทธิปัญญา มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของบีดีเอ็นเอฟ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง ของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**อภิปรายผลการวิจัย**

**1. ผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่มีต่อตัวแปรด้านสรีรวิทยา (Physiological variables)**

ก่อนการทดลอง พบว่า ค่าของน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (%body fat) มวลร่างกายปราศจากไขมัน มวลกระดูก เส้นรอบเอว อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว และความดันโลหิตเฉลี่ยของหลอดเลือดแดง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ของทั้ง 2 กลุ่ม ภายหลังอาสาสมัครที่เป็นผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้เข้าร่วมการฝึกในกลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) และควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ มีการลดลงของน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน ไขมันของร่างกาย (%body fat) อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว และความดันโลหิตเฉลี่ยของหลอดเลือดแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่ไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมวลร่างกายปราศจากไขมัน มวลกระดูก และเส้นรอบเอว สำหรับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างของตัวแปรทางด้านสรีรวิทยา อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ได้รับการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีแนวโน้มของมวลร่างกายปราศจากไขมันและมวลกระดูกเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แม้ว่าการเพิ่มขึ้นของอายุและการพัฒนาการของโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จะส่งผลต่อการทำงานของหัวใจเสื่อมลง ที่เป็นผลมาจากหัวใจมีการบีบตัวถี่มากขึ้น ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเพิ่มสูงขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดลดลง และส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิต ทำให้เกิดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด และเพิ่มความเสี่ยงของการเสียชีวิต (Schernthaner, 1996) แต่ผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) บ่งชี้ว่า สามารถช่วยรักษาองค์ประกอบของร่างกาย เช่น ดัชนีมวลกาย มวลกล้ามเนื้อ และมวลกระดูก รวมไปถึงความดันโลหิต ไม่ให้เสื่อมลงไปตามอายุและการพัฒนาการของโรคเบาหวานชนิดที่ 2

การลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และตัวแปรทางด้านความดัน ได้แก่ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว และความดันโลหิตเฉลี่ยของหลอดเลือดแดงขณะพัก ในกลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) ภายหลังจากการฝึก 12 สัปดาห์ อาจเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เพราะว่าเนื่องจากการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำเป็นรูปแบบหนึ่งของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ใช้ระยะเวลาของการฝึก 40 นาทีต่อครั้ง ความหนักระดับปานกลาง (40 ถึง 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง) ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ นาน 12 สัปดาห์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพของหัวใจให้เกิดการพัฒนา อาจเป็นไปได้ว่าการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำส่งผลต่อการลดลงของซิมพาเทติก และมีการกระตุ้นการทำงานของพาราซิมพาเทติกขณะพักเพิ่มขึ้น (Carter et al., 2003) อีกทั้งเกิดจากการลดการกระตุ้นของเบต้าแอดดีเนอร์จิก (Beta-adrenergic) นำไปสู่การลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Bahrainy et al., 2016) นอกจากนี้ผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำอาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบประสาทอัตโนมัติ โดยการเพิ่มการทำงานของ บาโรรีเซพเตอร์ (Baroreceptor) ส่งผลให้ความดันโลหิต ได้แก่ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว และความดันโลหิตเฉลี่ยของหลอดเลือดขณะพักลดลง (Robinson et al., 1966) มากไปกว่านั้นผลของความดันอุทกสถิต (Hydrostatic pressure) ของน้ำสามารถช่วยลดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เกิดจากการเพิ่มแรงดันของน้ำที่กระทำต่อรยางค์ล่างขณะยืนในน้ำ ทำให้การไหลเวียนส่วนปลาย (Peripheral blood flow) ลดลง และการกระจายเลือดไปยังพื้นที่บริเวณอกลดลง ส่งผลให้เพิ่มแรงแค้นที่หัวใจ เป็นผลให้ปริมาณเลือดขณะหัวใจบีบตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ลดอัตราการเต้นของหัวใจ (Wilcock et al., 2006) สอดคล้องกับ Cugusi และคณะ (2015) ที่ได้ทำการศึกษาการเดินแบบนอร์ดิกในผู้ป่วยพาร์กินสัน พบว่า การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ สามารถช่วยลดอัตราการเต้นของหัวใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (Cugusi et al., 2015) และการศึกษาของ Nuttamonwarakul และคณะ (2014) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเต้นแอโรบิกในน้ำในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า การเต้นแอรโรบิกในน้ำที่ความหนักปานกลางสามารถช่วยลดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักได้ (Nuttamonwarakul et al., 2014) นอกจากนี้กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) 12 สัปดาห์ สามารถช่วยลดน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน และเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (%boody fat) อาจเป็นเพราะว่าผลของการฝึกเดินแบบนอร์เป็นการเดินที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีการทำงานของกล้ามเนื้อมากถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของทั้งร่างกาย (Sharma et al., 2017) ซึ่งมากกว่าการเดินแบบปกติทั่วๆไป และการที่นำการเดินแบบนอร์ดิกมาประยุกต์ใช้ในน้ำ จะช่วยให้กล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงมีการหดตัว เพื่อการสร้างพลังงานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผลของน้ำที่ระดับหน้าอกจะมีแรงพยุงลอยตัว (Buoyancy) ช่วยพยุงน้ำหนักของร่างกายได้ 60 เปอเซ็นต์ และจากผลของความหนืด (Viscosity) ช่วยให้ร่างกายออกแรงเพิ่มมากขึ้น (Andrade et al., 2020; Colado et al., 2009) ดังนั้นการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำจะช่วยให้ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีการออกแรงเพิ่มมากขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการหดตัวและสร้างพลังงานมากขึ้น ทำให้ร่างกายเกิดการดึงเอาไขมันมาใช้สร้างพลังงานมากขึ้น นำไปสู่การลดลงของน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน และเปอเซ็นต์ไขมันของร่างกายในกลุ่มการฝึกเดิน

แบบบอร์ดิกในน้ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ Cebula และคณะ (2017) พบว่า การฝึกเดินแบบนอร์ดิกส่งผลต่อการลดองค์ประกอบของร่างกาย เช่น น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลกล้ามเนื้อ ไขมันของร่าง (%body fat) เป็นต้น (Cebula et al., 2017) อีกทั้งยังสอดคล้องกับ การศึกษาของ Nuttamonwarakul และคณะ (2014) พบว่า การออกเต้นแอโรบิกในน้ำยังส่งผลต่อการลดลงของน้ำหนักตัว ไขมันของร่างกาย (%body fat) ได้เช่นกัน (Nuttamonwarakul et al., 2014) ดังนั้นผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำและการออกกำลังกายในน้ำจะช่วยให้ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ที่เป็นผลมาจากการพัฒนาของโรคเบาหวานชนิด 2 และช่วยลดความเสี่ยงของการเสียชีวิต (Lee et al., 2017; Terada et al., 2022) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาวิจัยนี้ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของมวลร่างกายปราศจากไขมัน และมวลกระดูก อาจเป็นเพราะว่าการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำมีรูปแบบการฝึกแบบแอโรบิคมากกว่าการฝึกด้วยแรงต้าน ส่งผลทำให้ไม่สามารถพัฒนาของมวลร่างกายปราศจากไขมันและมวลกระดูก ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้ แต่สามารถช่วยรักษาหรือชะลอการสลายของมวลร่างกายปราศจากไขมัน และมวลกระดูกได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Benedetti และคณะ (2018) พบว่า รูปแบบการออกกำลังกายชนิดแอโรบิคช่วยคงสภาพมวลกล้ามเนื้อและมวลกระดูกไม่ให้ลดลงในผู้สูงอายุ (Benedetti et al., 2018) อีกทั้งการไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเส้นรอบเอวจากการศึกษานี้ อาจเป็นเพราะจากการศึกษานี้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของซีรีเอคทีฟ โปรตีน ที่ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กันกับเส้นรอบเอว(Pestana et al., 2016)

**2. ผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่มีต่อตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด (Vascular function)**

จากการศึกษา พบว่า กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) ภายหลัง 12 สัปดาห์ มีค่าความหนาของผนังหลอดเลือดและคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือดและการขยายตัวของหลอดเลือดหลังปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า และค่าความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือดและการขยายตัวของหลอดเลือดหลังปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียล สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของหลอดเลือดที่บริเวณหลอดเลือดเบรเคียล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยก่อนหน้าที่พบว่า การฝึกออกกำลังกายด้วยรูปแบบการปั่นจักรยานในน้ำระดับความหนักปานกลาง 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ช่วยให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียลเพิ่มขึ้นในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Suntraluck et al., 2017) การศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่ระดับความหนักปานกลาง 40 ถึง 60 เปอ

เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ระยะเวลา 12 สัปดาห์ เพิ่มการขยายตัวของหลอดเลือดหลังปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียล มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ซึ่งกลไกที่เกี่ยวข้องโดยตรงต่อการขยายตัวของหลอดเลือด ได้แก่ กลไกที่เกี่ยวข้องกับไนตริกออกไซด์ (NO) ซึ่งพบว่าภายหลังจากฝึก ของกลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีจำนวนไนตริกออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ซึ่งเป็นไปได้ว่า การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำช่วยให้กล้ามเนื้อของร่างกายทำงานมากยิ่งขึ้นทั้งรยางค์ส่วนบนและรยางค์ส่วนล่างของร่างกาย กระตุ้นให้เกิดการไหลเวียนเลือดปริมาณมาก เพื่อที่จะนำออกซิเจนไปส่งให้กับกล้ามเนื้อที่ออกแรง (Green et al., 2004) ส่งผลให้เกิดการตอบสนองหลอดเลือดให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดเพิ่มขึ้น นำไปสู่การเพิ่มแรงแค้น (Shear stress) ที่กระทำต่อเยื่อบุผนังหลอดเลือด ทำให้เกิดการกระตุ้นให้เกิดการหลั่งไนตริกออกไซด์เพิ่มมากขึ้น (Uematsu et al., 1995) เพิ่มการไหลเวียนเลือดที่หลอดเลือดได้ดีขึ้น นำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการขยายตัวของหลอดเลือด (Vascular vasodilation) นอกจากนี้กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ยังพบว่า ความหนาของผนังหลอดเลือด และคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้ามีแนวโน้มลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) นอกจากนี้ยังพบว่า มีค่าความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือดและการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียล สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 บ่งชี้ว่าการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีการพัฒนาการทำงานของหลอดเลือด อาจเป็นเพราะ การเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) ที่ระดับความหนัก 40 ถึง 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของเลือดออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) ทำให้เกิดการเพิ่มแรงแค้น (Shear stress) ที่กระทำต่อเยื่อบุผนังหลอดเลือด นำไปสู่การกระตุ้นให้เกิดการหลั่งไนตริกออกไซด์ (Nitrix oxide) เพิ่มมากขึ้น (Uematsu et al., 1995) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของไนตริกออกไซด์ อาจเป็นผลมาจากการลดระดับน้ำตาลในเลือด (Glucose) น้ำตาลสะสม (HbA1c) และภาวะดื้อต่ออินซูลิน (HOMA-IR) ซึ่งการที่ร่างกายสามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้ลดการสร้างสารอนุมูลอิสระกลุ่มออกซิเจน (ROS) โดยการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) (Urso & Clarkson, 2003; Vertommen & De Leeuw, 1999) การพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของเยื่อบุผนังหลอดเลือด ส่งผลให้หลอดเลือดเกิดการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น จากค่าการเพิ่มขึ้นของการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียล (FMD) และความสามารถในการขยายตัวหลอดเลือด (Arterial compliance) (Kinlay et al., 2001) การที่หลอดเลือดมีประสิทธิภาพในการขยายตัวของหลอดเลือดเพิ่มขึ้น จะทำให้การส่งสัญญาณให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle cell) ให้ทำงานได้ดีขึ้น ช่วยให้ควบคุมการแข็งตัวของหลอดเลือดและความหนา

ของผนังของหลอดเลือดให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น (Ian et al., 2004) สอดคลองกับการศึกษาของ Mitranun และคณะ (2014) พบว่า การฝึกแบบหนักสลับเบา 12 สัปดาห์ ในอาสาสมัครที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อายุ 50 ถึง 70 ปี สามารถช่วยเพิ่มการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดเบรเคียล (FMD) ที่เป็นผลมาจากการเพิ่มการหลั่งของไนส์ตริกออกไซส์ (Nitric oxide) ที่มาจากการเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมน้ำตาล ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ กลูตาไธโอน (Glutathione) และ เอสโอดี (SOD) ทำให้ลดการสร้างการสร้างสารอนุมูลอิสระกลุ่มออกซิเจน (ROS) เช่น มาลอนไดอัลดีไฮด์ (MDA) (Mitranun et al., 2014) ซึ่งจากผลของการศึกษาในครั้งนี้ ไม่พบการลดลงของมาลอนไดอัลดีไฮด์ (MDA) ดังนั้นผลของการพัฒนาตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด อาจจะมาจากการเพิ่มขึ้นของการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของเลือดออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) ที่ส่งผลต่อการหลั่งไนส์ตริกออกไซส์

**3. ผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่มีต่อตัวแปรด้านหน้าที่การทำงานของหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาเทอรี่ (Middle cerebrovascular artery function variables)**

โดยส่วนใหญ่แล้วการไหลเวียนของเลือดที่สมองนั้นมาจากการไหลของเลือดผ่านหลอดเลือดแดงใหญ่ (Carotid artery) เพื่อนำสารอาหารและออกซิเจนไปเลี้ยงสมอง และเพียงพอที่จะทำให้สมองทำงานได้ปกติ (Taylor & Hirsch, 2013) การตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity; CVR) สะท้อนถึงประสิทธิภาพการขยายตัวของหลอดเลือดภายในสมอง ผู้สูงอายุที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ปัจจัยการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) เป็นสาเหตุของการลดการตอบสนองของหลอดเลือดส่งผลให้เกิดการเสื่อมของหลอดเลือด สูญเสียประสิทธิภาพการทำงานของเยื่อบุผนังหลอดเลือดสมอง หลอดเลือดสมองเกิดการสูญเสียประสิทธิภาพในการคลายตัวจากความผิดปกติของเยื่อบุผนังหลอดเลือด ที่ทำให้เซลล์เนื้อเยื่อบุโพรงเส้นเลือดไม่สามารถกระตุ้นการหลั่งสารสื่อประสาท เช่น ไนตริกออกไซด์ ที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของหลอดเลือดได้ เป็นสาเหตุให้เกิดแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องที่เป็นผลมาจากหลอดเลือด (Song et al., 2014) ในการควบคุมการไหลของเลือดสู่สมอง (Cerebral blood flow regulation) ขึ้นอยู่กับไนตริกออกไซด์ โดยการสร้างไนตริกออกไซด์ที่น้อยจะส่งผลเสียต่อการควบคุมการไหลของเลือดสู่สมอง (Toda, 2012)

สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการทดสอบตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ความดันในหลอดเลือดแดงเฉลี่ย ความเร็วเฉลี่ยของหลอดเลือดที่ไหล ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก ความต้านทานการไหลเวียนของเลือด ดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (CVCi) และดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง ($\Delta$CBFv/$\Delta$EtCo2 และ $\Delta$CVCi/$\Delta$EtCo2) ของหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาเทอรี่ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหลอดเลือดทั้ง 3 สภาวะต่อเนื่องกัน อันได้แก่ สภาวะที่ 1 สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ (Normocapnic ;

baseline) คือ สภาวะอาสาสมัครหายใจรับอากาศภายในห้องปกติ สภาวะที่ 2 สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hypocapnic) เป็นสภาวะที่อาสาสมัครจะต้องหายใจถี่กว่าปกติ เพื่อกระตุ้นให้หลอดเลือดสมองเกิดการหดตัว (Vasoconstriction) และสภาวะที่ 3 สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Hypercapnic) เป็นสภาวะที่จะต้องหายใจรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สัดส่วน 5 เปอเซ็นต์ เพื่อกระตุ้นให้เกิดหลอดเลือดสมองขยายตัว

จากผลการวิจัยพบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) มีค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ในสภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงให้เห็นว่าการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกาย โดยเฉพาะทำงานของปอดที่แข็งแรงขึ้น ส่งผลให้ลดอัตราการหายใจขณะพัก ที่ซึ่งการที่มีค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกสูงกว่า มาจากการมีอัตราการหายใจใน 1 นาที ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) เนื่องจากการที่มีอัตราการหายใจมากจะมีเปอเซ็นต์ของการไม่ได้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ปอดเพิ่มขึ้น เนื่องจากเลือดมายังที่ปอดน้อยจนทำให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนน้อย (Bussotti et al., 2008) ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) เนื่องจากมีค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกลดลงภายหลังจากการทดลอง 12 สัปดาห์ ในทุกสภาวะ อาจเป็นเพราะว่า ปอดมีการทำงานที่เสื่อมลง ส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการหายใจ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ปอดเพิ่มขึ้น นำไปสู่การลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก

ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า มีความสัมพันธ์ต่อการลดลงของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (CVCi) (Barnes et al., 2013) เป็นสาเหตุมาจากการสูญเสียหน้าที่ของเยื่อบุผนังหลอดเลือดจากผลของภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hypercapnia) จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีค่าดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 บ่งชี้ได้ว่า การเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) 12 สัปดาห์ สามารถช่วยเพิ่มการขยายตัวของหลอดเลือดสมอง อาจเป็นผลมาจากช่วงของการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สัดส่วน 5 เปอเซ็นต์ ส่งผลทำให้หลอดเลือดเกิดการขยายตัว ทำให้เพิ่มการไหลของเลือดมายังสมองมากขึ้น เกิดแรงแค้น (Shear stress) ที่ผนังหลอดเลือด ส่งผลให้เยื่อบุผนังหลอดเลือดของหลอดเลือดสมองเกิดการกระตุ้นการหลั่งไนตริกออกไซด์ ทำให้หลอดเลือดเกิดการขยายเพิ่มมากขึ้น (Hoiland et al., 2017) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fisher และคณะ ในปี 2013 ได้ทำการศึกษาผลของการปั่นจักรยานที่ระดับความหนักแตกต่างกันต่อการทำงานของหลอดเลือดในสมองในผู้สูงอายุ พบว่า การปั่นจักรยาน

ที่ระดับต่ำ และ ปานกลาง ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (CVCi) บ่งชี้ได้ว่าการออกกำลังกายที่จะดับต่ำและปานกลางส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของการขยายตัวของหลอดเลือดในสมอง (Cerebrovascular vasodilation) (Fisher et al., 2013)

นอกจากนี้ กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ยังส่งผลต่อการลดลงของความต้านทานการไหลของเลือด (Pulsatility index; PI) ทั้ง 3 สภาวะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และยังพบว่ามีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแรกมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 อาจเป็นผลมาจากการลดลงของภาวะการแข็งตัวของหลอดเลือด ซึ่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้วัดคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า พบว่า กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำมีค่าลดลง การวัดคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า จะใช้ในการประเมินความแข็งตัวของหลอดเลือดแดง (Arterial stiffness) ในภาวการณ์แข็งตัวของระบบหลอดเลือดแดง ซึ่งค่าของคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้าที่ลดลง จะมีความสัมพันธ์กับการพัฒนาประสิทธิภาพของขบวนการปรับตัวในหลอดเลือดสมอง (Cerebral autoregulation) (Scuteri et al., 2011) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Akazawa และคณะ (2018) พบว่า การเดินที่ระดับความหนักเบาถึงปานกลาง ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ส่งผลต่อการลดลงของ ความต้านทานการไหลของเลือดที่สมอง (Pulsatility index) ในผู้สูงอายุ (Akazawa et al., 2018) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความต้านทานการไหลของเลือดที่สมองมีความเกี่ยวข้องกับภาวะอุดตันของหลอดเลือดสมอง ทำให้สมองขาดเลือด (Cerebral infarction) โดยพบได้ในโรคเบาหวานและโรคอัลไซเมอร์ (Altmann et al., 2016; Lee et al., 2000) ดังนั้น จากผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่ระดับความหนักปานกลาง สามารถช่วยป้องกันการเกิดภาวะอุดตันของหลอดเลือดสมอง ทำให้สมองขาดเลือด (Cerebral infarction) ได้ จากการศึกษาวิจัยนี้ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมองในทุกสภาวะ อาจเป็นเพราะการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ 12 สัปดาห์ ส่งผลต่อโครงสร้างของหลอดเลือดสมองหรือความตึงของหลอดเลือดสมองมิดเดิลซีรีบรอล อาร์เทอร์รี่ (Cerebrovascular tone) (Tsubasa Tomoto et al., 2021) หมายถึง ความสามารถในการตอบสนองของหลอดเลือดเมื่อมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้เกิดการหดตัว (Vasoconstriction) ได้ดีขึ้นเมื่อมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสมองต่ำลง (Hypocapnia) และขยายตัว (Vasodilation) เพิ่มขึ้น เมื่อมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสมองสูง (Hypercapnia) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Globus และคณะ (1983) พบว่า ผลของการออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 50 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถสูงสุด ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในสมอง ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากความหนักของการออกกำลังกายที่ไม่มากพอ หรือใช้ระยะเวลาน้อย (Globus et al., 1983)ดังนั้นในการศึกษาครั้งหน้า อาจจะศึกษาการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ที่ระดับความหนักปานกลางถึงหนักสูง (Moderate to high intensity)

เพื่อพิสูจน์การเปลี่ยนแปลงทางด้านความดันโลหิตในหลอดเลือดแดงเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมอง

**4. ผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่มีต่อตัวแปรด้านพุทธิปัญญา (Cognitive function variables)**

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่อง (Cognitive impairment) ที่เป็นผลมาจากความเสื่อมของหลอดเลือดโดยพบมากในผู้สูงอายุ เกิดจากการมีภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) ส่งผลให้หลอดเลือดเกิดจากอักเสบ เกิดการกระตุ้นการหลั่งเอ็นเอฟ เอลฟาร์ ที่มีผลต่อการทำลายของเซลล์ประสาท (Zhao & Townsend, 2009) และรีเอกทีฟ ออกซิเจน สปีชี่ (Reactive oxygen species; ROS) ส่งผลให้เกิดการสูญเสียหน้าที่ของเยื่อบุผนังหลอดเลือด นำไปสู่การจำกัดการหลั่งสารที่เกี่ยวข้องกับการขยายของหลอดเลือด ได้แก่ ไนตริกออกไซด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลอดเลือดในสมอง จะทำให้เซลล์ประสาทถูกทำลายเพราะขาดเลือดไปเลี้ยงยังสมอง อีกทั้งส่งผลต่อการลดการหลั่งบีดีเอ็นเอฟ (Brain-derived neurotrophic factor; BDNF) ซึ่งเป็นสารบ่งชี้การทำงานของเซลล์ประสาท (Banoujaafar et al., 2016; Umegaki, 2014) นำไปสู่การเกิดภาวะสมองเสื่อมเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถนำไปสู่การเกิดโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) ได้ (Borror, 2017; Hamley, 2012; Leeuwis et al., 2018; Shimada et al., 2014)

จากการศึกษาในครั้งนี้ อาสาสมัครเป็นผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ได้รับการคัดกรองแล้วว่า มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย จากการประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทยได้คะแนนต่ำกว่า 25 คะแนน แต่ไม่น้อยกว่า 18 คะแนน จากผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ช่วยเพิ่มคะแนนของแบบประเมินพุทธิปัญญา อีกทั้งยังมีคะแนนที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 โดยการเพิ่มขึ้นของคะแนนของแบบประเมินพุทธิปัญญา ในกลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) นั้นมาจากการเพิ่มขึ้นของ ด้านมิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ ความคิดเชิงนามธรรม การทวนซ้ำ และการรับรู้สภาวะรอบตัว อย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ .05 บ่งชี้ว่าว่าผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำช่วยพัฒนาภาวะพุทธิปัญญาในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้ อาจจะเป็นผลมาจากการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำเป็นประเภทของการฝึกทางด้านพุทธิปัญญาชนิดหนึ่ง เพราะว่าการเดินร่วมกับการใช้ไม้เท้าจะไปกระตุ้นให้เซลล์ประสาทแบบสั่งการในสมองกระตุ้นให้สมองหลั่งสารสื่อประสาทบีดีเอ็นเอฟออกมา เพื่อให้สมองเรียนรู้การประสานการสั่งงาน (Motor coordination) ของการเคลื่อนไหวระหว่างการดึงไม้เท้านอร์ดิกไปด้านหลังพร้อมกับการเหยียดแขนข้างตรงข้ามไปด้านหน้า ร่วมกับการสลับของขาขณะเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ เพื่อให้มีความพร้อมเพรียงแล้วราบรื่น (Svensson, 2009) และอาจเป็นผลมาจากการเดินแบบอนร์ดิกในน้ำ (NWW) ระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีคะแนนของแบบประเมินพุทธิปัญญาที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับบีดีเอ็นเอฟที่เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งบีดีเอ็นเอฟ จะมีความเกี่ยวข้องกับ

การกระตุ้นให้เกิดเซลล์ประสาทใหม่เพิ่มขึ้น และช่วยให้ประสาทเชื่อมต่อกันได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้และความจำดีขึ้น และอาจป้องกันไม่ให้เกิดโรคความจำเสื่อมได้ (Weinstein et al., 2014) จากการศึกษาของ เบญจมาศ และผดุงธรรม (2560) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความผิดปกติที่เกิดขึ้นในอาสาสมัครที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย โดยใช้แบบประเมินแบบประเมินพุทธิปัญญา (MoCA) พบว่า การลดลงของแบบประเมินพุทธิปัญญา (MoCA) เป็นผลมาจากการลดลงของ ความผิดปกติในการทวนซ้ำ มิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ และการคิดเชิงนามธรรม ตามลำดับ (สุขสถิตย์ & เที่ยงบูรณธรรม, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการวิจัยนี้ ดังจะเห็นได้จากผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ใช้ระยะเวลาในการฝึก 40 นาทีต่อครั้ง ที่ระดับความหนักปานกลาง ส่งผลต่อการพัฒนาด้านมิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ ความคิดเชิงนามธรรม การทวนซ้ำในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย การเพิ่มขึ้นในด้านมิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ สอดคล้องกับการศึกษาของ Colcombe และ Kramer ได้ทำการวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis study) พบว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิคมีความสัมพันธ์ต่อการพัฒนาด้านมิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการ (Colcombe & Kramer, 2003) โดยมิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการจะเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นระบบประสาทในส่วนเปลือกสมองที่อยู่ส่วนหน้าสุดของสมองบริเวณหน้าผาก (Prefrontal cortex) ที่ซึ่งการออกกำลังกายสามารถช่วยกระตุ้นสมองในส่วนเปลือกสมองที่อยู่ส่วนหน้าสุดของสมองบริเวณหน้าผาก (Prefrontal cortex) (Best et al., 2017) ที่ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นด้านมิติสัมพันธ์และการบริหารจัดการจากการศึกษาการวิจัยนี้ เป็นเพราะว่าผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยมีการวาดลูกบาศก์ได้ถูกต้อง และวาดหน้าปัดนาฬิกาให้ถูกต้อง การเพิ่มขึ้นความคิดเชิงนามธรรม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จุฑามาศ และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกสมอง ได้แก่ กิจกรรมการให้ความรู้เรื่องสมองเสื่อมและการป้องกัน กิจกรรมออกกำลังกายด้วยยางยืด ครั้งละ 40 นาที และกิจกรรมบริหารสมอง (การเล่นเกมส์) ต่อแบบประเมินพุทธิปัญญาในผู้สูงอายุที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย พบว่า โปรแกรมการฝึกสมองช่วยพัฒนาแบบประเมินพุทธิปัญญาให้ดีขึ้นได้ โดยความคิดเชิงนามธรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างภายหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (วงจันทร์ et al., 2563) ทั้งนี้ในการศึกษาวิจัยนี้ พบว่า การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำส่งผลต่อการพัฒนาในด้านความคิดเชิงนามธรรม อาจเป็นเพราะว่า การศึกษาการวิจัยของ จุฑามาศ และคณะ (2563) ไม่ได้มีโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค เหมือนกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ที่ซึ่งการออกกำลังกายแบบแอโรบิคอาจจะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มในด้านความคิดเชิงนามธรรม นอกจากนี้ผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำยังส่งผลต่อการพัฒนาในด้านการทวนซ้ำ จากการศึกษาการวิจัยก่อนหน้าได้พิสูจน์ถึงผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิค และแอนแอโรบิคส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถทางด้านการ

จำระยะยาว (Long-term memory) (McMorris et al., 2011; Winter et al., 2007) สอดคลองกับการศึกษาของ Pesce และ คณะ (2009) ได้ทำการศึกษาถึงผลการการฝึกออกกำลังกายแบบวงจร (Circuit training) ที่ระดับความหนักปานกลางถึงหนักสูง ระยะเวลา 40 นาที พบว่า ช่วยพัฒนาความสามารถของการทวนซ้ำ ที่ซึ่งเป็นผลมาจากเกิดการกระตุ้นสมองในส่วนของเนื้อขาว (White matter) (Pesce et al., 2009) ดังนั้นจากการเพิ่มขึ้นของด้านการทวนซ้ำของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จึงน่าจะมาจากการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำส่งผลต่อการกระตุ้นเนื้อสมองสีขาวที่เป็นส่วนทำหน้าที่เกี่ยวกับการทวนซ้ำ นอกจากนี้ผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Nascimento และคณะ (2015) พบว่า ผลของการออกกำลังกายแบบผสมผสาน (Multimodal physical training) ได้แก่ การฝึกแบบแรงต้าน การออกกำลังกายแบบแอโรบิก และการฝึกการทรงตัว ระยะเวลา 16 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มบีดีเอ็นเอฟในผู้สูงอายุที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย (Mild cognitive impairment) (Nascimento et al., 2015) ดังจะเห็นได้จากความสัมพันธ์ของการศึกษาวิจัยนี้ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของบีดีเอ็นเอฟมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของภาวะพุทธิปัญญา (MoCA) อีกทั้งการพัฒนาของพุทธิปัญญาอาจมาจากผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่ระดับความหนักปานกลางสามารถช่วยพัฒนาการทำงานของหลอดเลือดและการตอบสนองของหลอดเลือดสมองผ่านทางการหลั่งของไนตริกออกไซด์ ส่งผลทำให้เยื่อบุผนังหลอดเลือดทำงานได้ดียิ่งขึ้น สามารถควบคุมสมดุลการไหลของเลือดได้ (Blood flow regulation) มากไปกว่านั้นผลของแรงดันอุทกสถิต (Hydrostatic pressure) ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณเลือดที่หัวใจบีบตัวใน 1 ครั้ง (Stroke volume) และลดอัตราการเต้นของหัวใจผ่านทางการควบคุมของบาโรรีเซ็พเตอร์รีเฟล็กส์ (Baroreceptor reflex) ส่งผลให้เยื่อบุผนังหลอดเลือดมีประสิทธิภาพการทำงานมากขึ้น (Pohl & Mcnaughton, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกช่วยเพิ่มการตอบสนองหลอดเลือดสมองและยังมีส่วนเกี่ยวกับการพัฒนาของพุทธิปัญญา (Guadagni et al., 2020; T. Tomoto et al., 2021) สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของการทดสอบสภาพสมอง (MMSE) ในกลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) แต่พบว่าหลังการทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึก (CON) อาจเป็นเพราะว่าการทดสอบสภาพสมอง (MMSE) จะเน้นไปที่การประเมินการใช้ภาษาเป็นหลัก ทำให้ยืนยันได้ว่าอาสาสมัครของการศึกษาวิจัยนี้ไม่ได้มีความบกพร่องของด้านการใช้ภาษา (Kaufman & Milstein, 2012) นอกจากนี้ผลของเวลาในการทำการทดสอบสทรูปทั้งหมดและเวลาในการทำการทดสอบสมาธิไม่พบความแตกต่างภายหลังจากการทดลอง 12 สัปดาห์ อาจเป็นเพราะแบบทดสอบสทรูปที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะเป็นโปรแกรมที่ให้ทำในอุปกรณ์สื่อสาร ที่ซึ่งอาสาสมัครบางท่านที่ไม่ได้คุ้นเคยกับระบบสัมผัสหน้าจอ หรือมีตัวอักษรที่เล็ก ก็อาจจะเป็นข้อจำกัด

อย่างหนึ่งของการวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งการทดสอบสมาธิ (TMT-B) ได้นำแบบฟอร์มมาจากบทความวิจัย ทำให้มีตัวหนังสือที่ไม่ชัดและจาง ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการทดสอบได้

จากผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ยืนยันว่า การพัฒนาของการตอบสนองของหลอดเลือดสมองมีความสัมพันธ์กับการพัฒนาของพุทธิปัญญา จะเห็นได้จากความสัมพันธ์ของเปอเซ็นต์ความแตกต่างของภาวะพุทธิปัญญา (MoCA-T) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (CVCi) ในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง เปอเซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index) ระหว่างช่วงสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ปกติกับสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ และดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index) ระหว่างช่วงสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกับคาร์บอนไดออกไซด์สูง ดังนั้นผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำมีประสิทธิภาพต่อการพัฒนาพุทธิปัญญาในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และมีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย

**5. ผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่มีต่อตัวแปรด้านสุขสมรรถนะ (Health related physical Fitness)**

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) ระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีการพัฒนาความยืดหยุ่น ได้แก่ มีค่าของระยะที่ทำได้ในการนั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้าและระยะที่ทำได้ในการเอื้อมแตะหลังเพิ่มขึ้น มีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ได้แก่ มีจำนวนลุกนั่งใน 30 วินาที และจำนวนงอแขนใน 30 วินาที เพิ่มขึ้น มีการพัฒนาการทรงตัว ได้แก่ มีเวลาในการเดินและกลับตัว 3 เมตร ลดลง และมีการพัฒนาสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและการหายใจ ได้แก่ มีค่าจำนวนครั้งในการยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที และระยะทางในการเดิน 6 นาที เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 นอกจากนี้กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) ยังมีจำนวนลุกนั่งใน 30 วินาที และจำนวนงอแขนใน 30 วินาที มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีเวลาในการเดินและกลับตัว 3 เมตร น้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 บ่งชี้ว่าการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีสุขสมรรถนะที่พัฒนา และดีขึ้นมากกว่าการไม่ได้ออกกำลังกาย

การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำช่วยเพิ่มความอ่อนตัวของร่างกายทั้งรยางค์บนและรยางค์ล่าง เป็นผลมาจากโปรแกรมการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำจะประกอบไปด้วยช่วงอบอุ่นร่างกาย ซึ่งจะมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อตามท่าที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น รวมถึงการเคลื่อนไหวของร่างกายขณะทำการฝึก ที่มีการเหวี่ยงแขนไปมา การงอแขน การเหยียดแขน การโน้มลำตัว การหมุนของลำตัว อีกทั้งการยกเข่าสูง ซึ่งส่งผลต่อการยืดหยุ่นของข้อต่อ กล้ามเนื้อ ทำให้เกิดการพัฒนาของความยืดหยุ่นของร่างกายทั้ง

รยางค์บนและรยางค์ล่าง นอกจากนี้ผลของน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 34 ถึง 36 องศาเซียลเซียส ส่งผลต่อการพัฒนาความอ่อนตัวได้เช่นกัน (Suntraluck et al., 2017) และสามารถเพิ่มมุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Range of movement) (Bleakley & Costello, 2013) ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อคอลลาเจนที่มีความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Bergamin ในปี 2013 ที่แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายในน้ำที่อุณหภูมิอุ่นสามารถช่วยเพิ่มความอ่อนตัวทั้งรยางค์ส่วนบนและรยางค์ส่วนล่างได้ (Bergamin et al., 2013) การพัฒนาของความแข็งแรงทั้งรยางค์บนและรยางค์ล่างในกลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ อาจจะเป็นผลมาจากระหว่างการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ กล้ามเนื้อช่วยในการงอแขน (Elbow flexor) เช่น ไบเซ็ปส์ เบรคิอาย(Biceps brachii) กล้ามเนื้อคอราโคเบรเคียลิส (Coracobrachialis) และ กล้ามเนื้อเบรเคียลิส (Brachialis) มีการทำงานร่วมกัน เช่นเดียวกับการหดตัวร่วมกันของกล้ามเนื้อรยางค์ล่าง โดยเฉพาะกล้ามเนื้อควอทไดรเซป ฟีเมอริส (Quadriceps femoris) ช่วงขณะเดิน อีกทั้งกล้ามเนื้อมีการหดตัวเพิ่มมากขึ้นในการที่ร่างกายต้องออกแรงเพิ่มมากขึ้นจากการเดินต้านน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้า พบว่า การเดินในน้ำส่งผลต่อการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อลำตัว เช่น เร็คตัส แอ๊บโดมินิส (Chevutschi et al., 2007) กล้ามเนื้อก้น เช่น กลูเตียส เมกซิมัส (Nakazawa, 1994) และกล้ามเนื้อต้นขา เช่น ควอทไดรเซป ฟีเมอริส (Chevutschi et al., 2007) เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากขณะเดินจะมีแรงลากของน้ำ (drag force) และแรงพยุงตัว (Buoyancy) ขณะเดิน ส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวเพิ่มมากขึ้น มากไปกว่านั้นผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ยังมีการพัฒนาการของการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว โดยพบระยะเวลาของการเดินและกลับตัว 3 เมตร ลดลง อาจเป็นเพราะว่า การฝึกเดินแบบนอ์ดิกในน้ำมีการเคลื่อนไหวทั้งรยางค์บนและรยางค์ล่างไปพร้อมๆกัน ทำให้เกิดการพัฒนาการของการประสานงานของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวทั้งรยางค์บนและรยางค์ล่าง ส่งผลให้ร่างกายเกิดการเรียนรู้ เกิดการพัฒนาทางด้านทักษะการเคลื่อนไหว (Motor skill) (Kocur et al., 2009)

นอกจากนี้การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำยังส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและการหายใจ จากการเพิ่มขึ้นของยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที และเดิน 6 นาที อาจจะเป็นผลมาจากการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของเลือดออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) เนื่องจากกล้ามเนื้อหัวใจมีความแข็งแรงมากขึ้นและมีประสิทธิภาพของการรับเลือดเข้ามายังหัวใจเพิ่มขึ้น (Venous return) (Plowman & Smith, 2013) ทำให้เพิ่มปริมาณเลือดขณะที่หัวใจขยายตัวสูงสุด (Preload) ทำให้ปริมาณเลือดที่หัวใจสูบฉีดแต่ละครั้ง (Stroke volume) เพิ่มขึ้น (Tanaka et al., 1986) ส่งผลให้อัตราการไหลของเลือดออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) เพิ่มขึ้น (Helgerud et al., 2007) ในขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจลดลง นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากร่วมกับการเพิ่มขึ้นของความแตกต่างของออกซิเจน

ระหว่างในหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำสูงสุด (Arteriovenous oxygen difference; a–vO2; diff) เนื่องจากเกิดการพัฒนาของระบบการหายที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการรับออกซิเจนผ่านทางเลือดได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้กล้ามเนื้อสามารถนำออกซิเจนไปใช้เป็นพลังงานได้เพิ่มขึ้น (Hellsten & Nyberg, 2011) สอดคล้องกับการศึกษาของ Parkatti และคณะ พบว่า การเดินแบบนอร์ดิกที่ระดับความหนัก 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ระยะเวลา 9 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเพิ่มการยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที ในผู้สูงอายุ (Parkatti et al., 2012) และการศึกษาของ Saulicz และคณะ (2015) ก็พบว่า การเดินแบบนอร์ดิก ระยะเวลา 4 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเพิ่มระยะทางของการเดิน 6 นาที เช่นกัน (Saulicz et al., 2015) นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทำให้ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำสามารถเดินได้นานมากขึ้นและเร็วขึ้น เนื่องจากทนต่อการเหนื่อยได้มากขึ้น (Yang et al., 2014)

**6. ผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่มีต่อตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด (Blood biochemical)**

ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเป็นปัจจัยสำคัญของโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งกลูโคสเข้าไปยังเซลล์นั้นมีความบกพร่อง อันเนื่องมาจากการมีภาวะดื้อต่ออินซูลินเพิ่มขึ้น นำไปสู่การลดประสิทธิภาพหน้าที่การทำงานของอินซูลินในการขนส่งกลูโคสเข้าสู่เซลล์ ส่งผลให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเรื้อรัง จากผลของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ได้รับการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ พบว่า กลูโคส น้ำตาลสะสม และภาวะดื้อต่ออินซูลิน ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และน้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 นอกจากนี้กลุ่มฝึกการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ มีค่าไนตริกออกไซด์ และบีดีเอนเอฟ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 บ่งชี้ว่า การฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ช่วยพัฒนาการควบคุมน้ำตาล หน้าที่การทำงานของเยื่อบุผนังหลอดเลือด และสารสื่อประสาทที่เกี่ยวข้องกับพุทธิปัญญาได้ดีขึ้น

การเพิ่มการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ได้แก่ น้ำตาลในเลือด น้ำตาลสะสม และภาวะดื้อต่ออินซูลิน ในการศึกษาครั้งนี้ อาจเป็นเพราะการฝึกการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ จะมีการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกาย ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการนำน้ำตาลไปใช้เพื่อการเผาผลาญเป็นพลังงานเพิ่มขึ้น (Sharma et al., 2017) ส่งผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดภายหลังจากออกกำลังกายลดลง แต่เมื่อภายหลังจากการฝึก 12 สัปดาห์ การลดลงของระดับน้ำตาล อาจเกิดจากการที่มีการพัฒนาการส่งผลให้พัฒนาการส่งสัญญาณของอินซูลิน และการเพิ่มการทำหน้าที่ของกลูโคสทรานสปอร์เตอร์ (GLUT 4 protein) จากการศึกษาก่อนหน้า พบว่า การออกกำลังกายสามารถช่วยเพิ่มเพอรอกซิโซมฟอสโฟรีเลชันแอคติเวตเตดรีเซปเตอร์–แกรมมาโคแอคติเวเตอร์ (Peroxisome

proliferator–activated receptor–gamma coactivator; PGC–1α) ซึ่งเป็นตัวที่คอยควบคุมยีนที่เกี่ยวข้องกับการเผาผลาญของกล้ามเนื้อ ทำให้เพิ่มการทำหนน้าของกลูโคสทรานสปอร์เตอร์ (GLUT 4 protein) (Lee et al., 2020) ส่งผลทำให้เกิดการลดลงของภาวะดื้อของอินซูลิน รวมถึงการลดลงของระดับน้ำตาลสูง (Hyperglycemia) ส่งผลทำให้เพิ่มความไวของอินซูลิน และกล้ามเนื้อสามารถใช้น้ำตาลได้ดีขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยก่อนหน้า พบว่า การออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางช่วยทำให้เกิดการสังเคราะห์ไกลโคลเจนและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกลูโคสทรานสปอร์เตอร์ (GLUT 4 protein) เพิ่มความไวของอินซูลิน และกล้ามเนื้อสามารถใช้น้ำตาลได้ดีขึ้น (Suntraluck et al., 2017; Wang & Thurmond, 2009)

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่า ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ มีค่าไนตริกออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 อาจเป็นเพราะการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่ความหนักระดับปานกลาง (40 – 60% HRR) ส่งผลให้ร่างกายมีสุขสมรรถนะที่แข็งแรงขึ้น ช่วยพัฒนาขนาดหัวใจให้เพิ่มขึ้น โดยส่งผลให้ปริมาตรเลือดขณะที่หัวใจขยายตัวสูงสุดเพิ่มขึ้น (Preload) ที่ซึ่งเป็นผลมมจากการเพิ่มการไหลกลับของเลือดเข้าสู่หัวใจ (Venous return) ที่ซึ่งการที่หัวใจสามารถรับเลือดได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจในแต่ละครั้ง (Stroke volume) เพิ่มขึ้น (Tanaka et al., 1986) ทำให้อัตราการไหลของเลือดออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) มีค่าเพิ่มขึ้น นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของแรงแค้น (Shear stress) ทำให้เกิดการกระตุ้นที่เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดเกิดการหลั่งไนตริกออกส์เพิ่มขึ้น (Uematsu et al., 1995) อีกเหตุผลของการเพิ่มไนส์ออกไซส์อีกประการหนึ่ง คือ อาจเป็นเพราะการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำส่งผลต่อการกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของขบวนการเอนโดทริเรียล ไนตริกออกไซด์ ซินเทส (Endothelial nitric oxide synthase,eNOS) ที่ทำให้เกิดสร้างไนส์ตริกออกไซส์เพิ่มขึ้น (Nitric oxide) (Arefirad et al., 2022) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Elsisi และคณะ (2016) พบว่า การปั่นจักรยานที่ระดับความหนักปานกลาง (50-60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) และความหนักเบาสลับกับหนัก (HIIT) ระยะเวลา 3 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของไนส์ตริกออกไซส์ของทั้ง 2 กลุ่ม ในผู้สูงอายุที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 (Elsisi et al., 2016)

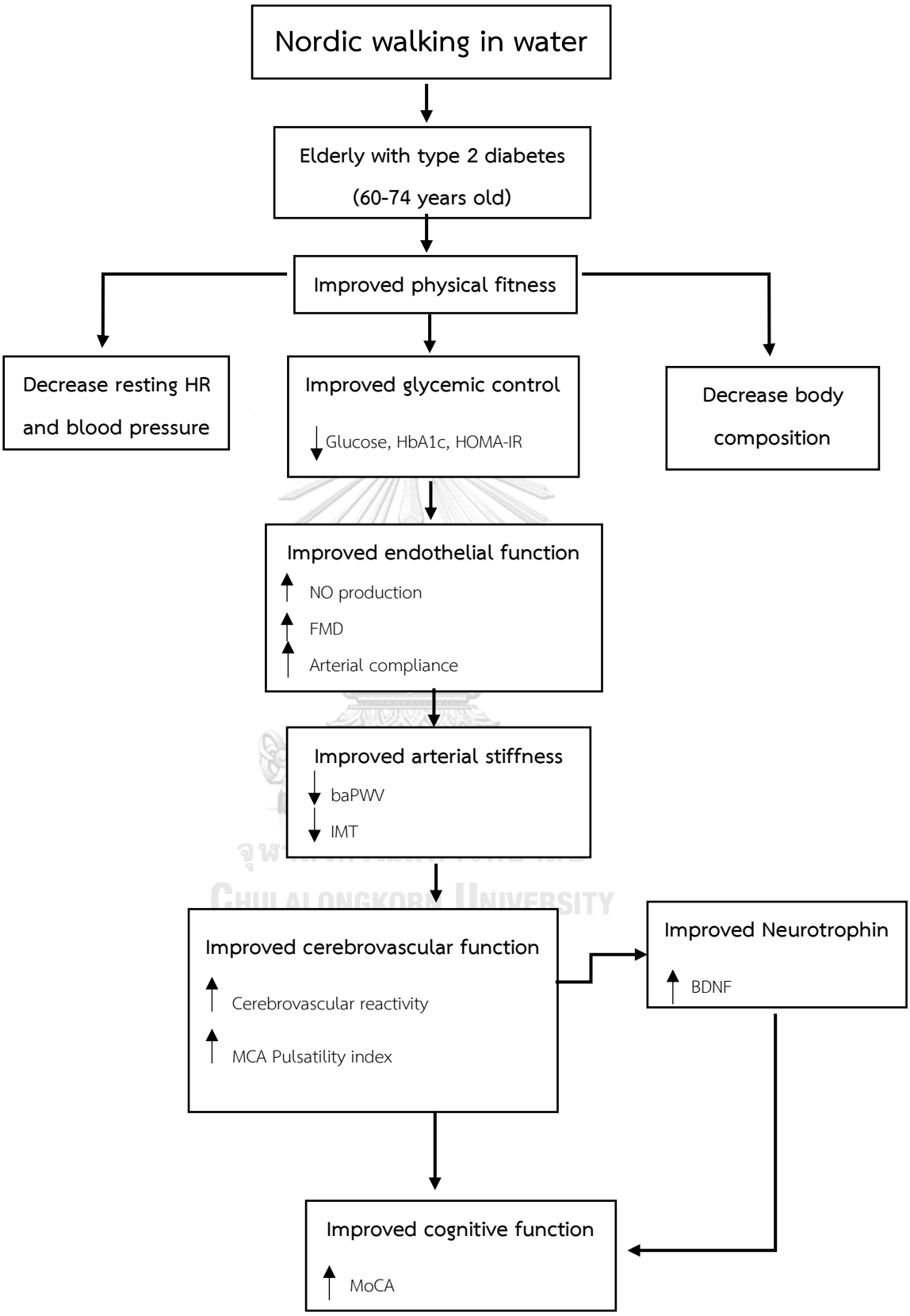
บีดีเอ็นเอฟเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาและรักษาสมดุลของเซลล์ประสาทที่อยู่ในระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย มีความเกี่ยวข้องกับทางด้านพุทธิปัญญา ซึ่งในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่จะมีบีดีเอนเอฟลดลง เนื่องจากเกิดจากการสูญเสียหน้าที่การทำงานของเยื่อบุผนังหลอดเลือด ที่เป็นผลมาจากน้ำตาลในเลือดสูงแบบเรื้อรัง (Basta et al., 2004) การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ มีค่าบีดีเอ็นเอฟเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และสูงกว่า

กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 บ่งชี้ว่าการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำสามารถช่วยพัฒนาด้านพุทธปัญญา จากการเพิ่มบีดีเอ็นเอฟ (BDNF) อาจเป็นเพราะว่าการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ที่ความหนักระดับปานกลาง (40-60% HRR) ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอินซูลินไลท์โกรทแฟคเตอร์–วัน (Insulin–like growth factor–1; IGF–1) เพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าการเพิ่มขึ้นของอินซูลินไลท์โกรทแฟคเตอร์–วัน มีความเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของบีดีเอ็นเอฟ (BDNF) (Carro et al., 2000; Cho et al., 2017) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Arazi และคณะ (2021) พบว่า การฝึกทั้งแบบแอโรบิคและการฝึกแบบแรงต้านที่ความหนักระดับปานกลาง (65-70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด, 65-70% ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุดใน 1 ครั้งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอินซูลินไลท์โกรทแฟคเตอร์–วัน และบีดีเอ็นเอฟ ในผู้สูงอายุเพศชาย (Arazi et al., 2021) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอินซูลินไลท์โกรทแฟคเตอร์–วัน ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของบีดีเอ็นเอฟ เนื่องจากอินซูลินไลท์โกรทแฟคเตอร์–วัน เป็นปัจจัยสำคัญของการเปลี่ยนรูปของโปรบีดีเอ็นเอฟ (proBDNF) เป็นเมเจอร์บีดีเอ็นเอฟ (Mature BDNF; mBDNF) ในระบบประสาทส่วนกลาง ส่งทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ BDNF ในสมอง (Vega et al., 2006) จากการศึกษาวิจัยนี้ ยืนยันว่าการพัฒนาหน้าที่การทำงานของหลอดเลือดสมองส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของบีดีเอ็นเอฟ จะเห็นได้จากความสัมพันธ์ของเปอเซ็นต์ความแตกต่างของบีดีเอ็นเอฟ (BDNF) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีความสามารถในการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (CVCi) ในสภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูง

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ โคลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน โลเดนซิตี้ไลโปโปรตีน ซีรีเอคทีฟ โปรตีน อินเตอร์ลิวคินวัน อินเตอร์ลิวคินซิก อดิโพเนคติน มาลอนไดอัลดีไฮด์ ทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF-$\alpha$) อาจเป็นเพราะการศึกษาวิจัยนี้ไม่ได้มีการควบคุมทางด้านโภชนาการ รวมถึงการจำกัดปริมาณแคลอรี่ที่ได้รับในแต่ละวัน ซึ่งอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของโคลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน โลเดนซิตี้ไลโปโปรตีน ส่งผลทำให้ร่างกายยังคงเกิดภาวะไขมันเป็นพิษ (Lipotoxicity) ส่งผลให้มี Fatty acyl-CoA เพิ่มขึ้น จะไปกระตุ้นให้มีการสร้างสารที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ ได้แก่ อินเตอร์ลิวคินวัน อินเตอร์ลิวคินซิก อดิโพเนคติน มาลอนไดอัลดีไฮด์ และทูเมอร์ เนโครซิส แฟกเตอร์ แอลฟา (TNF-$\alpha$) (McGarry, 2002; Unger, 1995) ตลอดเวลา

**สรุปผลการวิจัยในภาพรวม**

การเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่เกิดจากการนำเอาการเดินนอร์ดิกมาประยุกต์ใช้ในน้ำ เป็นการออกกำลังกายที่มีการใช้กล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกาย เนื่องจากการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำมีการออกแรงขาร่วมกับแขนไปพร้อมกัน อีกทั้งจากผลของแรงต้านของน้ำ การลอยตัว ส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น และมีความปลอดภัย จากรูปที่ 105 จะเห็นได้ว่า ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ทำการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ ใช้เวลาในการฝึก 40 นาทีต่อครั้ง จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ ที่ระดับความหนักปานกลาง (40 ถึง 60% HRR) สามารถช่วยพัฒนาองค์ประกอบร่างกาย ได้แก่ มีน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมันและเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย ลดลง สามารถช่วยพัฒนาความยืดหยุ่น ได้แก่ มีระยะที่ทำได้ในการนั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้าและระยะที่ทำได้ในการเอื้อมแตะหลังที่เพิ่มขึ้น สามารถช่วยพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ได้แก่ มีจำนวนลุกนั่งใน 30 วินาที และมีจำนวนงอแขนใน 30 วินาที ที่เพิ่มขึ้น สามารถช่วยพัฒนาการทรงตัว ได้แก่ มีเวลาในการเดินและกลับตัว 3 เมตร ที่ลดลง สามารถช่วยพัฒนาสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและการหายใจ ได้แก่ มีจำนวนครั้งในการยกขาซอยเท้าอยู่กับที่ 2 นาที และระยะทางในการเดิน 6 นาที เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและความดัน นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาการควบคุมระดับน้ำตาลได้ จะเห็นได้จาก การลดลงของน้ำตาลในเลือด (Glucose) น้ำตาลสะสม (HbA1c) และภาวะดื้อของอินซูลิน (HOMMA-IR) การที่มีการควบคุมระดับน้ำตาลที่ดีส่งผลให้หลอดเลือดมีการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น จะเห็นได้จากการพัฒนาเยื่อบุผนังหลอดเลือด จากการเพิ่มขึ้นของไนตริกออกไซด์ (NO) และการขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือด (FMD) และ การเพิ่มขึ้นของความสามารถในการขยายของผนังหลอดเลือด (Arterial compliance) ส่งผลให้ลดการแข็งตัวของหลอดเลือด จะเห็นได้จากการลดลงของความหนาของผนังหลอดเลือด (IMT) และคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (baPWV) การที่ลดการแข็งตัวของหลอดเลือดส่งผลให้การทำงานของหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาเทอรี่ดีขึ้น จะเห็นได้จาก การตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) และความต้านทานการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิล เซเรบรอล อาร์เทอร์รี่ (MCA Pulsatility index) ซึ่งการที่หลอดเลือดสมองทำงานได้ดีขึ้น ส่งผลให้เพิ่มการหลั่งสารสื่อประสาทนิวโรโทพริน จะเห็นได้จาก การเพิ่มขึ้นของบีดีเอ็นเอฟ (BDNF) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการพัฒนาพุทธิปัญญาดีขึ้น จะเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของแบบประเมินพุทธิปัญญา (MoCA) และนอกจากนี้ผลของการเพิ่มบีดีเอ็นเอฟ ยังส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของแบบประเมินพุทธิปัญญา




**รูปที่ 105** สรุปผลการวิจัยในภาพรวม

**ข้อจำกัดการดำเนินการวิจัย**

1. เนื่องด้วยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้วัดผู้เข้าร่วมวิจัยในแต่ละตัวแปร เช่น ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดสมอง ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด และตัวแปรด้านสุขสมรรถนะ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเกิดอคติในตัวผู้วิจัย เนื่องจากทราบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่กลุ่มไหน ในการศึกษาครั้งหน้าจำเป็นต้องควบคุม โดยการให้ผู้ช่วยที่ไม่ทราบว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่กลุ่มการทดลองไหนเป็นผู้วัด

2. เนื่องด้วยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ได้มีการประเมินการตอบสนองของบาโรรีเซพเตอร์ (Baroreceptor sensitivity) โดยการประเมินการตอบสนองของบาโรรีเซพเตอร์ จะประเมินจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจต่อการเปลี่ยนแปลงของความดัน ขณะที่มีการนวดบริเวณคอ (Timmers et al., 2004) โดยจะต้องทำการประเมินโดยแพทย์เท่านั้น ในการศึกษาครั้งหน้าผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นผู้สูงอายุทุกคนจำเป็นต้องได้รับการประเมินการตอบสนองของบาโรรีเซพเตอร์ (Baroreceptor sensitivity) เพื่อประเมินว่ามีการทำงานของบาโรรีเซพเตอร์ผิดปกติหรือไม่

3. เนื่องด้วยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ไม่ได้ทำการติดตามข้อมูลเกี่ยวกับยาที่ผู้เข้าร่วมวิจัยรับประทานระหว่างการทดลอง ซึ่งอาจจะส่งผลต่อตัวแปร เช่น ระดับน้ำตาลในเลือด ระดับน้ำตาลสะสม ความดันโลหิต เป็นต้น

4. เนื่องด้วยการศึกษานี้ทำการศึกษาการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ โดยใช้สระว่ายน้ำที่เพิ่มความลึกไปเรื่อย ๆ ที่มีความสูงเริ่มต้น 110 เซนติเมตร ส่งผลทำให้เกิดข้อจำกัดการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีความสูงน้อยกว่า 155 เซนติเมตร

5. การวิจัยนี้ทำการศึกษาในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีแบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อย ผลที่ได้จึงจำเพาะสำหรับผู้ป่วยกลุ่มนี้ อย่างไรก็ตามอาจใช้สำหรับป้องกันการเกิดภาวะสมองเสื่อม และโรคอัลไซส์เมอร์ ให้ดีขึ้น

6. การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ส่งผลทำให้เกิดข้อจำกัดการเก็บข้อมูล การฝึกออกกำลังกายในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

7. ไม่มีการควบคุมอาหารการรับประทานอาหารระหว่างการเข้าร่วมฝึกออกกาลังกาย อาจส่งผลกับตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดบางค่า เช่น น้ำตาลในเลือด น้ำตาลสะสม และไขมัน ได้แก่ โคลเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีน และโลเดนซิตี้ไลโปโปรตีน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. เนื่องด้วยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเป็นผู้วัดอาสาสมัครสมัครในแต่ละตัวแปร เช่น ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือดสมอง ตัวแปรด้านการทำงานของหลอดเลือด และตัวแปรด้านสุขสมรรถนะ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเกิดอคติในตัวผู้วิจัย เนื่องจากทราบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่กลุ่มไหน ในการศึกษาครั้งหน้าจำเป็นต้องควบคุม โดยการให้ผู้ช่วยที่ไม่ทราบว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่กลุ่มการทดลองไหนเป็นผู้วัด

**ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย**

1) ทำให้ทราบผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและพุทธิปัญญาในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
2) ทำให้ทราบผลของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือด สุขสมรรถนะ และสารชีวเคมีในเลือดในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
3) เกิดองค์ความรู้ในประเด็นของการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและพุทธิปัญญาในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
4) ได้รูปแบบโปรแกรมการออกกำลังกายที่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

**ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป**

1. ควรมีการเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายชนิดอื่น เช่น การเดินแบบนอร์ดิกบนบก การเดินการเดินในน้ำ หรือการรำในน้ำ เป็นต้น เพื่อที่จะเห็นผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อผลการเปลี่ยนแปลงทานด้านสรีรวิทยา การทำงานของหลอดเลือด พุทธิปัญญา สุขสมรรถนะ และสารชีวเคมีในเลือด ว่าส่งผลดีกว่าการออกกำลังกายชนิดอื่นหรือไม่

2. ควรมีการนำการฝึกเดินแบบนอร์ดิกในน้ำไปศึกษาในกลุ่มโรคติดต่อแบบไม่เรื้อรัง เช่น โรคเบาหวานชนิดอื่น โรคอ้วน โรคความดัน โรคหัวใจ อีกทั้งศึกษาในกลุ่มของผู้ที่มีอาการบาดเจ็บที่ไม่สามารถลงน้ำหนักได้ และศึกษาในกลุ่มอายุอื่น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บรรณานุกรม

**ภาษาไทย**


เทพอารีนันท์, พ. (2555). สรีรวิทยาระบบหัวใจและหลอดเลือด. กรุงเทพมหานคร.

เมืองไพศาล, ว. (2556). การป้องกัน การประเมินและการดูแลผู้ป่วยสมองเสื่อม. ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล.

เลาหบุตร, ส., & จงสุภางค์กุล, ภ. (2020). ผลของการออกกำลังกายด้วยวิธีเต้นบาสโลบต่อการส่งเสริมสุขภาพผู้ป่วย โรคเบาหวานชนิดที่ 2. วารสารวิชาการสาธารสุขชุมชน, *6*(04), 72-72.

แก้วไชย, อ. (2560). ผลของการออกกลังกายด้วยฮูลาฮูปต่อระดับฮีโมโกลบิน เอวันซี และสุขสมรรถนะในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2. วารสารโรงพยาบาลมหาสารคาม, *14*(1), 99-106.

โพธิ์ทองสุนันท์, ป. (2553). ธาราบำบัดการบริหารกายในน้ำ. กรุงเทพมหานคร, หน้า 16.

ไชยธีระพันธุ์, ศ., & เอี่ยมอ่อง, ส. (2540). Endothelium (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed). กรุงเทพมหานคร.

กลุ่มฟื้นฟูสมอง. (2436). แบบทดสอบสมรรถภาพสมองของไทย. สารศิฐิราช, *45*, 359-373.

ชมภูคำ, พ., & วงแพทย์, ภ. (2550). ค่าปกติการทำแบบทดสอบ Trail Making Test- Thai Modiflied. เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร, *17*(1), 26-30.

ชัชวรัตน์, ล., ลาศุขะ, ด., & คำผลศิริ, ท. (2019). ผลของการออกกำลังกายด้วยการเดินแบบนอร์ดิกต่อดัชนีมวลกายและเส้นรอบวงเอวในผู้สูงอายุที่มีภาวะน้ำหนักเกิน. *Nursing Journal*, *46*, 1-12.

ตันติพลาชีวะ, ก. (2551). สุขกายกับวัยสูงอายุ. บุญศิริการพิมพ์, พิมพ์ครั้งที่ *1*.

ตันธนปัญญากร, ป., ปฐมโรจน์สกุล, เ., มาอุ่น, น., จ้อยจันทร์, ก., & มลัยหมื่น, ช. (2019). Prevalence and Factors Associated to Cognitive Impairment among Elderly People in Chonnabot District, Khon Kaen Province ความ ชุก และ ปัจจัย ที่ มี ความ สัมพันธ์ กับ ภาวะ การ รู้ คิด บกพร่อง ของ ผู้ สูงอายุ ใน อำเภอ ชนบท จังหวัด ขอนแก่น. *Wichcha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*, *38*(2), 67-79.

ทองมาก, แ. (2541). สุขภาพวัยผู้ใหญ่และผู้สูงอายุในคณาจารย์สถาบันพระบรมราชนก. การพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ, *2*(1).

พรหมเศรณี, ธ., แย้มอรุณ, ท., & วงษ์สา, ส. (2561). ผลการจัดการรายกรณีในผู้สูงอายุที่มีภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในคลินิกผู้สูงอายุคุณภาพต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองและผลทางคลินิก. วรสารพยาบาลทหารบก, *19*(ฉบับพิเศษ).

พัฒผล, ม. (2557). การจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการรู้คิดและความสุขในการเรียนรู้. กรุงเทพมหานคร.

รัตนวัตร์, ว., นาคะวิโร, ด., & วิสาจันทร์, ภ. (2561). ความชุกของความสามารถของสมองบกพร่องเล็กน้อยในบุคลากรโรงพยาบาลช่วงวัยก่อนเกษียณ. วรสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย, *63*(1), 55-64.

วงจันทร์, จ., ลี่ทองอิน, ม., & ปิยะวัฒนพงศ์, ส. (2563). ผลของโปรแกรมบริหารสมองต่อการรู้คิดในผู้สูงอาย. วารสารสภาการพยาบาล, *35*(2), 70 - 84.

ศรีอัษฎาพร, ส. (2548ง). ภาวะน้ำตาลต่ำผู้ป่วยเบาหวาน. กรุงเทพมหานคร, 327-344.

สำนักโรคไม่ติดต่อ, ก. (2562). จำนวนและอัตราผู้ป่วยใน ปี *2559 - 2561 (*ความดันโลหิตสูง, เบาหวาน, หลอดเลือดหัวใจ, หลอดเลือดสมอง, *COPD)*. Retrieved 13 พฤษภาคม from http://www.thaincd.com/2016/mission/documents-detail.php?id=13684&tid=32&gid=1-020.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ, ก. (2541). สถิติผู้สูงอายุของประเทศไทย. บริษัท พี.เอ.ลีฟวิ่ง จำกัด.

สุขสถิตย์, เ., & เที่ยงบูรณธรรม, ผ. (2560). ภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยในผู้ป่วยโรคสมองขาดเลือด: ความชุก ลักษณะเฉพาะ และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง. พยาบาลสาร, *44*(1), 1-12.

สุดทรวง, ร., & สิงหนิยม, ว. (2550). ประสาทสรีรวิทยา. กรุงเทพมหานคร, ครั้งที่ *5*.

สุบินดี, ส., & ศรีธัญรัตน์, ว. (2557). ภาวะการรู้คิดบกพร่องเล็กน้อยในผู้สูงอายุเจ็บป่วยเรื้อรังที่มารับบริการคลินิกโรคเรื้อรังของหน่วยบริการปฐมภูมิแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น. วารสารพยาบาลศาสตร์และสุขภาพ, *37*(1), 43-50.

อัสสันตชัย, ป. (2552). การบริการสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุไทยในระดับปฐมภูมิ. *The Thai Journal of Primary Care and Family Medicine*(1), 37-40.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาษาอังกฤษ**

Akazawa, N., Tanahashi, K., Kosaki, K., Ra, S. G., Matsubara, T., Choi, Y., Zempo-Miyaki, A., & Maeda, S. (2018). Aerobic exercise training enhances cerebrovascular pulsatility response to acute aerobic exercise in older adults. *Physiological reports*, *6*(8), e13681.

Alberts, B. (2017). *Molecular biology of the cell*. WW Norton & Company.

Alexandrov, A. V. (2011). *Cerebrovascular ultrasound in stroke prevention and treatment* (A. V. Alexandrov, Ed. Vol. 2). John Wiley & Sons.

Alfieri, F. M., Riberto, M., Gatz, L. S., Ribeiro, C. P. C., Lopes, J. A. F., Santarém, J. M., & Battistella, L. R. (2010). Functional mobility and balance in community-dwelling

elderly submitted to multisensory versus strength exercises. *Clinical interventions in aging*, *5*, 181.

Alswat, K. A. (2017). Gender disparities in osteoporosis. *Journal of clinical medicine research*, *9*(5), 382.

Altmann, M., Thommessen, B., Rønning, O. M., Benth, J. Š., Reichenbach, A. S., & Fure, B. (2016). Middle cerebral artery pulsatility index is associated with cognitive impairment in lacunar stroke. *Journal of Neuroimaging*, *26*(4), 431-435.

Andrade, L. S., Pinto, S. S., Silva, M. R., Schaun, G. Z., Portella, E. G., Nunes, G. N., David, G. B., Wilhelm, E. N., & Alberton, C. L. (2020). Water-based continuous and interval training in older women: Cardiorespiratory and neuromuscular outcomes (WATER study). *Experimental gerontology*, *134*, 110914.

Arazi, H., Babaei, P., Moghimi, M., & Asadi, A. (2021). Acute effects of strength and endurance exercise on serum BDNF and IGF-1 levels in older men. *BMC Geriatr*, *21*(1), 50. https://doi.org/10.1186/s12877-020-01937-6

Arefirad, T., Seif, E., Sepidarkish, M., Mohammadian Khonsari, N., Mousavifar, S. A., Yazdani, S., Rahimi, F., Einollahi, F., Heshmati, J., & Qorbani, M. (2022). Effect of exercise training on nitric oxide and nitrate/nitrite (NOx) production: A systematic review and meta-analysis. *Front Physiol*, *13*, 953912. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.953912

Åsa, C., Maria, S., Katharina, S. S., & Bert, A. (2012). Aquatic exercise is effective in improving exercise performance in patients with heart failure and type 2 diabetes mellitus. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, *2012*.

Association, A. D. (2002). Diabetes mellitus and exercise. *Diabetes care*, *25*(suppl_1), s64-s64.

Association, A. D. (2020a). 1. Improving care and promoting health in populations: Standards of Medical Care in Diabetes—2020. *Diabetes care*, *43*(Supplement_1), S7-S13.

Association, A. D. (2020b). 6. Glycemic targets: standards of medical care in diabetes—2020. *Diabetes care*, *43*(Supplement_1), S66-S76.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Bahrainy, S., Levy, W. C., Busey, J. M., Caldwell, J. H., & Stratton, J. R. (2016). Exercise training bradycardia is largely explained by reduced intrinsic heart rate. *International journal of cardiology*, *222*, 213-216.

Banoujaafar, H., Monnier, A., Pernet, N., Quirié, A., Garnier, P., Prigent-Tessier, A., & Marie, C. (2016). Brain BDNF levels are dependent on cerebrovascular endothelium-derived nitric oxide. *European Journal of Neuroscience*, *44*(5), 2226-2235.

Bansi, J., Bloch, W., Gamper, U., & Kesselring, J. (2013). Training in MS: influence of two different endurance training protocols (aquatic versus overland) on cytokine and neurotrophin concentrations during three week randomized controlled trial. *Multiple Sclerosis Journal*, *19*(5), 613-621.

Barberan-Garcia, A., Arbillaga-Etxarri, A., Gimeno-Santos, E., Rodríguez, D. A., Torralba, Y., Roca, J., & Vilaró, J. (2015). Nordic walking enhances oxygen uptake without increasing the rate of perceived exertion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration*, *89*(3), 221-225.

Barikdar, A., Ahmed, T., & Lasker, S. P. (2016). The situation of the elderly in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Bioethics*, *7*(1), 27-36.

Barnes, J. N., Taylor, J. L., Nicholson, W. T., & Joyner, M. J. (2013). Sex differences in age-related changes in cerebral vasodilator responses. In: Wiley Online Library.

Basta, G., Schmidt, A. M., & De Caterina, R. (2004). Advanced glycation end products and vascular inflammation: implications for accelerated atherosclerosis in diabetes. *Cardiovascular research*, *63*(4), 582-592.

Belik, F. S., Silva, V. R. O. E., Braga, G. P., Bazan, R., Vogt, B. P., Caramori, J. C. T., Barretti, P., de Souza Gonçalves, R., Bôas, P. J. F. V., & Hueb, J. C. (2018). Influence of intradialytic aerobic training in cerebral blood flow and cognitive function in patients with chronic kidney disease: a pilot randomized controlled trial. *Nephron*, *140*(1), 9-17.

Benedetti, M. G., Furlini, G., Zati, A., & Letizia Mauro, G. (2018). The Effectiveness of Physical Exercise on Bone Density in Osteoporotic Patients. *Biomed Res Int*, *2018*, 4840531. https://doi.org/10.1155/2018/4840531

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Bergamin, M., Ermolao, A., Tolomio, S., Berton, L., Sergi, G., & Zaccaria, M. (2013). Water-versus land-based exercise in elderly subjects: effects on physical performance and body composition. *Clin Interv Aging*, *8*, 1109-1117. https://doi.org/10.2147/cia.S44198

Bergman, R., Finegood, D., & Kahn, S. (2002). The evolution of β-cell dysfunction and insulin resistance in type 2 diabetes. *European journal of clinical investigation*, *32*, 35-45.

Best, J. R., Chiu, B. K., Hall, P. A., & Liu-Ambrose, T. (2017). Larger lateral prefrontal cortex volume predicts better exercise adherence among older women: evidence from two exercise training studies. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, *72*(6), 804-810.

Blair, A., Shaul, P. W., Yuhanna, I. S., Conrad, P. A., & Smart, E. J. (1999). Oxidized low density lipoprotein displaces endothelial nitric-oxide synthase (eNOS) from plasmalemmal caveolae and impairs eNOS activation. *Journal of Biological Chemistry*, *274*(45), 32512-32519.

Bleakley, C. M., & Costello, J. T. (2013). Do thermal agents affect range of movement and mechanical properties in soft tissues? A systematic review. *Arch Phys Med Rehabil*, *94*(1), 149-163. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.07.023

Borror, A. (2017). Brain-derived neurotrophic factor mediates cognitive improvements following acute exercise. *Medical hypotheses*, *106*, 1-5.

Bussotti, M., Magrì, D., Previtali, E., Farina, S., Torri, A., Matturri, M., & Agostoni, P. (2008). End-tidal pressure of CO2 and exercise performance in healthy subjects. *European journal of applied physiology*, *103*(6), 727-732.

Callisaya, M., & Nosaka, K. (2017). Effects of exercise on type 2 diabetes mellitus-related cognitive impairment and dementia. *Journal of Alzheimer's Disease*, *59*(2), 503-513.

Carro, E., Nuñez, A., Busiguina, S., & Torres-Aleman, I. (2000). Circulating insulin-like growth factor I mediates effects of exercise on the brain. *Journal of Neuroscience*, *20*(8), 2926-2933.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Carter, H. H., Spence, A. L., Pugh, C. J., Ainslie, P., Naylor, L. H., & Green, D. J. (2014). Cardiovascular responses to water immersion in humans: impact on cerebral perfusion. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, *306*(9), R636-640. https://doi.org/10.1152/ajpregu.00516.2013

Carter, J. B., Banister, E. W., & Blaber, A. P. (2003). Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports medicine*, *33*(1), 33-46.

Cebula, A., Tyka, A. K., Pilch, W., Szyguła, Z., Pałka, T., Sztafa-Cabała, K., Frączek, B., & Tyka, A. (2017). Effects of 6-week Nordic walking training on body composition and antioxidant status for women> 55 years of age. *International journal of occupational medicine and environmental health*, *30*(3), 445-454.

Chevutschi, A., Lensel, G., Vaast, D., & Thevenon, A. (2007). An electromyographic study of human gait both in water and on dry ground. *J Physiol Anthropol*, *26*(4), 467-473. https://doi.org/10.2114/jpa2.26.467

Cho, S.-Y., So, W.-Y., & Roh, H.-T. (2017). The effects of taekwondo training on peripheral neuroplasticity-related growth factors, cerebral blood flow velocity, and cognitive functions in healthy children: A randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *14*(5), 454.

Church, T. S., Earnest, C. P., & Morss, G. M. (2002). Field testing of physiological responses associated with Nordic Walking. *Research quarterly for exercise and sport*, *73*(3), 296-300.

Cipolla, M. J. (2009). The cerebral circulation. *Integrated systems physiology: From molecule to function*, *1*(1), 1-59.

Colado, J. C., Triplett, N. T., Tella, V., Saucedo, P., & Abellán, J. (2009). Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *European journal of applied physiology*, *106*(1), 113-122.

Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci*, *14*(2), 125-130. https://doi.org/10.1111/1467-9280.t01-1-01430

Corrigan, J. D., & Hinkeldey, N. S. (1987). Relationships between parts A and B of the Trail Making Test. *Journal of clinical psychology*, *43*(4), 402-409.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Cryer, P. E., Davis, S. N., & Shamoon, H. (2003). Hypoglycemia in diabetes. *Diabetes care*, *26*(6), 1902-1912.

Cugusi, L., Solla, P., Serpe, R., Carzedda, T., Piras, L., Oggianu, M., Gabba, S., Di Blasio, A., Bergamin, M., & Cannas, A. (2015). Effects of a Nordic Walking program on motor and non-motor symptoms, functional performance and body composition in patients with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*, *37*(2), 245-254.

De Caterina, R., & Libby, P. (2008). Endothelial dysfunctions in vascular disease.

Delaney, M. F., Zisman, A., & Kettyle, W. M. (2000). Diabetic ketoacidosis and hyperglycemic hyperosmolar nonketotic syndrome. *Endocrinology and metabolism clinics of North America*, *29*(4), 683-705.

Dianatinasab, A., Koroni, R., Bahramian, M., Bagheri-Hosseinabadi, Z., Vaismoradi, M., Fararouei, M., & Amanat, S. (2020). The effects of aerobic, resistance, and combined exercises on the plasma irisin levels, HOMA-IR, and lipid profiles in women with metabolic syndrome: A randomized controlled trial. *J Exerc Sci Fit*, *18*(3), 168-176. https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.06.004

Dichgans, M., & Leys, D. (2017). Vascular cognitive impairment. *Circulation research*, *120*(3), 573-591.

Eliopoulos, C. (2013). *Gerontological nursing*. Lippincott Williams & Wilkins.

Elsisi, H. F., Albady, G. M., Mohammed, M. A., & Rahmy, A. F. (2016). Insulin Resistance and Nitric Oxide Response to Low Volume High Intensity Interval Exercise versus Continuous Moderate Intensity Aerobic Exercise in Type 2 Diabetes Mellitus. *International Journal of Therapies and Rehabilitation Research*, *5*(1), 15.

Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., Chaddock, L., Heo, S., McLaren, M., Pence, B. D., Martin, S. A., Vieira, V. J., & Woods, J. A. (2010). Brain-derived neurotrophic factor is associated with age-related decline in hippocampal volume. *Journal of Neuroscience*, *30*(15), 5368-5375.

Fanchi, J. (2010). *Integrated reservoir asset management: principles and best practices*. Gulf Professional Publishing.

Fichtlscherer, S., Breuer, S., Schächinger, V., Dimmeler, S., & Zeiher, A. M. (2004). C-reactive protein levels determine systemic nitric oxide bioavailability in patients with coronary artery disease. *European heart journal*, *25*(16), 1412-1418.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Fisher, J. P., Hartwich, D., Seifert, T., Olesen, N. D., McNulty, C. L., Nielsen, H. B., van Lieshout, J. J., & Secher, N. H. (2013). Cerebral perfusion, oxygenation and metabolism during exercise in young and elderly individuals. *The Journal of physiology*, *591*(7), 1859-1870.

Folsom, A. R., Kaye, S. A., Sellers, T. A., Hong, C.-P., Cerhan, J. R., Potter, J. D., & Prineas, R. J. (1993). Body fat distribution and 5-year risk of death in older women. *Jama*, *269*(4), 483-487.

Franzoni, L. T., Monteiro, E. P., Oliveira, H. B., da Rosa, R. G., Costa, R. R., Rieder, C., Martinez, F. G., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2018). A 9-week Nordic and free walking improve postural balance in Parkinson's disease. *Sports Medicine International Open*, *2*(02), E28-E34.

Freedman, J. E. (2008). Oxidative stress and platelets. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, *28*(3), s11-s16.

Friedland, N., Liou, H.-L., Lobel, P., & Stock, A. M. (2003). Structure of a cholesterol-binding protein deficient in Niemann–Pick type C2 disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *100*(5), 2512-2517.

Fritschi, J. O., Brown, W. J., Laukkanen, R., & Van Uffelen, J. (2012). The effects of pole walking on health in adults: a systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *22*(5), e70-e78.

Fritz, T., Caidahl, K., Krook, A., Lundström, P., Mashili, F., Osler, M., Szekeres, F. L., Östenson, C.-G., Wändell, P., & Zierath, J. R. (2013). Effects of Nordic walking on cardiovascular risk factors in overweight individuals with type 2 diabetes, impaired or normal glucose tolerance. *Diabetes/metabolism research and reviews*, *29*(1), 25-32.

Galicia-Garcia, U., Benito-Vicente, A., Jebari, S., Larrea-Sebal, A., Siddiqi, H., Uribe, K. B., Ostolaza, H., & Martín, C. (2020). Pathophysiology of type 2 diabetes mellitus. *International journal of molecular sciences*, *21*(17), 6275.

Geldmacher, D. S., & Whitehouse, P. J. (2005). Evaluation of dementia. *New England Journal of Medicine*, *335*(5), 330-336.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Globus, M., Melamed, E., Keren, A., Tzivoni, D., Granot, C., Lavy, S., & Stern, S. (1983). Effect of exercise on cerebral circulation. *J Cereb Blood Flow Metab*, *3*(3), 287-290. https://doi.org/10.1038/jcbfm.1983.43

Gmiat, A., Jaworska, J., Micielska, K., Kortas, J., Prusik, K., Lipowski, M., Radulska, A., Szupryczyńska, N., Antosiewicz, J., & Ziemann, E. (2018). Improvement of cognitive functions in response to a regular Nordic walking training in elderly women–A change dependent on the training experience. *Experimental gerontology*, *104*, 105-112.

Gobbo, S., Bullo, V., Roma, E., Duregon, F., Bocalini, D. S., Rica, R. L., Di Blasio, A., Cugusi, L., Vendramin, B., & Bergamo, M. (2019). Nordic walking promoted weight loss in overweight and obese people: a systematic review for future exercise prescription. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *4*(2), 36.

Gomeñuka, N. A., Oliveira, H. B., Silva, E. S., Costa, R. R., Kanitz, A. C., Liedtke, G. V., Schuch, F. B., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2019). Effects of Nordic walking training on quality of life, balance and functional mobility in elderly: A randomized clinical trial. *PLoS One*, *14*(1), e0211472.

Gram, B., Christensen, R., Christiansen, C., & Gram, J. (2010). Effects of nordic walking and exercise in type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *20*(5), 355-361.

Green, D. J., Maiorana, A., O'Driscoll, G., & Taylor, R. (2004). Effect of exercise training on endothelium-derived nitric oxide function in humans. *J Physiol*, *561*(Pt 1), 1-25. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2004.068197

Grundman, M., Sencakova, D., Jack, C. R., Petersen, R. C., Kim, H. T., Schultz, A., Weiner, M. F., DeCarli, C., DeKosky, S. T., & Van Dyck, C. (2002). Brain MRI hippocampal volume and prediction of clinical status in a mild cognitive impairment trial. *Journal of Molecular Neuroscience*, *19*(1), 23-27.

Guadagni, V., Drogos, L. L., Tyndall, A. V., Davenport, M. H., Anderson, T. J., Eskes, G. A., Longman, R. S., Hill, M. D., Hogan, D. B., & Poulin, M. J. (2020). Aerobic exercise improves cognition and cerebrovascular regulation in older adults. *Neurology*, *94*(21), e2245-e2257. https://doi.org/10.1212/wnl.0000000000009478

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Gudala, K., Bansal, D., Schifano, F., & Bhansali, A. (2013). Diabetes mellitus and risk of dementia: A meta-analysis of prospective observational studies. *J Diabetes Investig*, *4*(6), 640-650. https://doi.org/10.1111/jdi.12087

Hadi, H. A., & Al Suwaidi, J. (2007). Endothelial dysfunction in diabetes mellitus. *Vascular health and risk management*, *3*(6), 853.

Hagner-Derengowska, M., Kaluzny, K., Kochanski, B., Hagner, W., Borkowska, A., Czamara, A., & Budzynski, J. (2015). Effects of Nordic Walking and Pilates exercise programs on blood glucose and lipid profile in overweight and obese postmenopausal women in an experimental, nonrandomized, open-label, prospective controlled trial. *Menopause*, *22*(11), 1215-1223.

Hamley, I. W. (2012). The amyloid beta peptide: a chemist's perspective. Role in Alzheimer's and fibrillization. *Chemical reviews*, *112*(10), 5147-5192.

Han, R., Liu, Z., Sun, N., Liu, S., Li, L., Shen, Y., Xiu, J., & Xu, Q. (2019). BDNF alleviates neuroinflammation in the hippocampus of type 1 diabetic mice via blocking the aberrant HMGB1/RAGE/NF-**K**B pathway. *Aging and disease*, *10*(3), 611.

Hansen, E. A., & Smith, G. (2009). Energy expenditure and comfort during Nordic walking with different pole lengths. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(4), 1187-1194.

Haupenthal, A., Ruschel, C., Hubert, M., de Brito Fontana, H., & Roesler, H. (2010). Loading forces in shallow water running in two levels of immersion. *J Rehabil Med*, *42*(7), 664-669. https://doi.org/10.2340/16501977-0587

Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., & Bach, R. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve V̇ O2max more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *39*(4), 665-671.

Hellsten, Y., & Nyberg, M. (2011). Cardiovascular adaptations to exercise training. *Comprehensive Physiology*, *6*(1), 1-32.

Hemrungrojn, S., Tangwongchai, S., Charoenboon, T., Panasawat, M., Supasitthumrong, T., Chaipresertsud, P., Maleevach, P., Likitjaroen, Y., Phanthumchinda, K., & Maes, M. (2021). Use of the Montreal cognitive assessment Thai Version to discriminate

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

amnestic mild cognitive impairment from Alzheimer's disease and healthy controls: machine learning results. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, *50*(2), 183-194.

Heyn, P. (2003). The effect of a multisensory exercise program on engagement, behavior, and selected physiological indexes in persons with dementia. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias®*, *18*(4), 247-251.

Hindle, A., & Coates, A. (2011). *Nursing care of older people*. Oxford University Press.

Hobson, J. (2015). The Montreal Cognitive Assessment (MoCA). *Occupational Medicine*, *65*(9), 764-765. https://doi.org/10.1093/occmed/kqv078

Hoiland, R. L., Smith, K. J., Carter, H. H., Lewis, N. C., Tymko, M. M., Wildfong, K. W., Bain, A. R., Green, D. J., & Ainslie, P. N. (2017). Shear-mediated dilation of the internal carotid artery occurs independent of hypercapnia. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, *313*(1), H24-H31.

Ian, B. W., Stanley, S. F., & John, R. C. (2004). Nitric Oxide and the regulation of large artery stiffness. *Hypertension*, *44*(2), 112-116.

Jefferson, A. L., Cambronero, F. E., Liu, D., Moore, E. E., Neal, J. E., Terry, J. G., Nair, S., Pechman, K. R., Rane, S., & Davis, L. T. (2018). Higher aortic stiffness is related to lower cerebral blood flow and preserved cerebrovascular reactivity in older adults. *Circulation*, *138*(18), 1951-1962.

Jordan, J. M., Helmick, C. G., Renner, J. B., Luta, G., Dragomir, A. D., Woodard, J., Fang, F., Schwartz, T. A., Abbate, L. M., & Callahan, L. F. (2007). Prevalence of knee symptoms and radiographic and symptomatic knee osteoarthritis in African Americans and Caucasians: the Johnston County Osteoarthritis Project. *The Journal of rheumatology*, *34*(1), 172-180.

Kahn, S. E., Andrikopoulos, S., & Verchere, C. B. (1999). Islet amyloid: a long-recognized but underappreciated pathological feature of type 2 diabetes. *Diabetes*, *48*(2), 241-253.

Kamioka, H., Tsutani, K., Okuizumi, H., Mutoh, Y., Ohta, M., Handa, S., Okada, S., Kitayuguchi, J., Kamada, M., & Shiozawa, N. (2010). Effectiveness of aquatic exercise and balneotherapy: a summary of systematic reviews based on

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

randomized controlled trials of water immersion therapies. *Journal of epidemiology*, 0910270113-0910270113.

Kamper, A. M., Spilt, A., de Craen, A. J., van Buchem, M. A., Westendorp, R. G., & Blauw, G. J. (2004). Basal cerebral blood flow is dependent on the nitric oxide pathway in elderly but not in young healthy men. *Experimental gerontology*, *39*(8), 1245-1248.

Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working-memory capacity and the control of attention: the contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of experimental psychology: General*, *132*(1), 47.

Kang, D.-w., Bressel, E., & Kim, D.-y. (2020). Effects of aquatic exercise on insulin-like growth factor-1, brain-derived neurotrophic factor, vascular endothelial growth factor, and cognitive function in elderly women. *Experimental gerontology*, *132*, 110842.

Kanis, J. A. (2002). Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk. *The Lancet*, *359*(9321), 1929-1936.

Kanmani, S., Kwon, M., Shin, M.-K., & Kim, M. K. (2019). Association of C-reactive protein with risk of developing type 2 diabetes mellitus, and role of obesity and hypertension: a large population-based Korean cohort study. *Scientific reports*, *9*(1), 1-8.

Karvonen, M. J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*, *35*(3), 307-315.

Kaufman, D. M., & Milstein, M. J. (2012). *Kaufman's clinical neurology for psychiatrists E-book*. Elsevier Health Sciences.

Kertes, P. J., & Johnson, T. M. (2007). *Evidence-based eye care*. Lippincott Williams & Wilkins.

Kim, O. Y., & Song, J. (2020). The importance of BDNF and RAGE in diabetes-induced dementia. *Pharmacological Research*, *160*, 105083.

Kinlay, S., Creager, M. A., Fukumoto, M., Hikita, H., Fang, J. C., Selwyn, A. P., & Ganz, P. (2001). Endothelium-derived nitric oxide regulates arterial elasticity in human arteries in vivo. *Hypertension*, *38*(5), 1049-1053.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Kirk-Sanchez, N. J., & McGough, E. L. (2014). Physical exercise and cognitive performance in the elderly: current perspectives. *Clin Interv Aging*, *9*, 51-62. https://doi.org/10.2147/cia.S39506

Kitabchi, A. E., & Wall, B. M. (1995). Diabetic ketoacidosis. *Medical Clinics of North America*, *79*(1), 9-37.

Kocur, P., Deskur-Śmielecka, E., Wilk, M., & Dylewicz, P. (2009). Effects of Nordic walking training on exercise capacity and fitness in men participating in early, short-term inpatient cardiac rehabilitation after an acute coronary syndrome—a controlled trial. *Clinical rehabilitation*, *23*(11), 995-1004.

Kortas, J., Kuchta, A., Prusik, K., Prusik, K., Ziemann, E., Labudda, S., Ćwiklińska, A., Wieczorek, E., Jankowski, M., & Antosiewicz, J. (2017). Nordic walking training attenuation of oxidative stress in association with a drop in body iron stores in elderly women. *Biogerontology*, *18*(4), 517-524.

Kosaka, K., Kuzuya, T., Akanuma, Y., & Hagura, R. (1980). Increase in insulin response after treatment of overt maturity-onset diabetes is independent of the mode of treatment. *Diabetologia*, *18*(1), 23-28.

Krotz, F., Sohn, H.-Y., & Pohl, U. (2004). Reactive oxygen species: players in the platelet game. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, *24*(11), 1988-1996.

Kucio, C., Narloch, D., Kucio, E., & Kurek, J. (2017). The application of Nordic walking in the treatment hypertension and obesity. *Family Medicine & Primary Care Review*(2), 144-148.

Lee, J.-Y., Joo, K.-C., & Brubaker, P. H. (2017). Aqua walking as an alternative exercise modality during cardiac rehabilitation for coronary artery disease in older patients with lower extremity osteoarthritis. *BMC cardiovascular disorders*, *17*(1), 1-8.

Lee, K. Y., Sohn, Y. H., Baik, J. S., Kim, G. W., & Kim, J.-S. (2000). Arterial pulsatility as an index of cerebral microangiopathy in diabetes. *Stroke*, *31*(5), 1111-1115.

Lee, S., Garcia, L., Leon, A. D., Bustos, R. Z., Campos, B., Krentzel, J. A., Mandarino, L., & Coletta, D. K. (2020). 167-OR: Exercise Training Alters Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma Coactivator 1 Alpha (PGC-1 Alpha) DNA Methylation in Human Skeletal Muscle. *Diabetes*, *69*(Supplement_1).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Leeuwis, A. E., Smith, L. A., Melbourne, A., Hughes, A. D., Richards, M., Prins, N. D., Sokolska, M., Atkinson, D., Tillin, T., & Jäger, H. R. (2018). Cerebral blood flow and cognitive functioning in a community-based, multi-ethnic cohort: the SABRE study. *Frontiers in aging neuroscience*, *10*, 279.

Lipowski, M., Walczak-Kozłowska, T., Lipowska, M., Kortas, J., Antosiewicz, J., Falcioni, G., & Ziemann, E. (2019). Improvement of attention, executive functions, and processing speed in elderly women as a result of involvement in the nordic walking training program and vitamin D supplementation. *Nutrients*, *11*(6), 1311.

Lu, Y., Christian, K., & Lu, B. (2008). BDNF: a key regulator for protein synthesis-dependent LTP and long-term memory? *Neurobiology of learning and memory*, *89*(3), 312-323.

Luiking, Y. C., Engelen, M. P., & Deutz, N. E. (2010). Regulation of nitric oxide production in health and disease. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, *13*(1), 97.

Maas, M. B., & Safdieh, J. (2009). Ischemic Stroke: Pathophysiology and Principles of Stroke Localization. In *Hospital Physician Neurology Board Review Manual*. Turner White Communications.

Madamanchi, N. R., Vendrov, A., & Runge, M. S. (2005). Oxidative stress and vascular disease. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, *25*(1), 29-38.

McGarry, J. D. (2002). Banting lecture 2001: dysregulation of fatty acid metabolism in the etiology of type 2 diabetes. *Diabetes*, *51*(1), 7-18.

McMorris, T., Sproule, J., Turner, A., & Hale, B. J. (2011). Acute, intermediate intensity exercise, and speed and accuracy in working memory tasks: a meta-analytical comparison of effects. *Physiology & behavior*, *102*(3-4), 421-428.

Medicine, A. C. o. S. (2013). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott williams & wilkins.

Meredith-Jones, K., Waters, D., Legge, M., & Jones, L. (2011). Upright water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health: a qualitative review. *Complementary therapies in medicine*, *19*(2), 93-103.

Michiels, C. (2003). Endothelial cell functions. *Journal of cellular physiology*, *196*(3), 430-443.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Mirza, R. A., & Yaqoob, I. (2018). Effects of combined aerobic and virtual reality-based cognitive training on 76 years old diabetic male with mild cognitive impairment. *J Coll Physicians Surg Pak*, *28*(9), S210-S212.

Mitchell, A. J. (2009). A meta-analysis of the accuracy of the mini-mental state examination in the detection of dementia and mild cognitive impairment. *Journal of psychiatric research*, *43*(4), 411-431.

Mitranun, W., Deerochanawong, C., Tanaka, H., & Suksom, D. (2014). Continuous vs interval training on glycemic control and macro- and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scand J Med Sci Sports*, *24*(2), e69-76. https://doi.org/10.1111/sms.12112

Mommert-Jauch, P. (2007). *Nordic walking bei Diabetes und Metabolischem Syndrom: Anleitung für 12 Trainingseinheiten; 20 Tabellen*. Georg Thieme Verlag.

Naito, R., & Kasai, T. (2015). Coronary artery disease in type 2 diabetes mellitus: Recent treatment strategies and future perspectives. *World journal of cardiology*, *7*(3), 119.

Nakamura, N., & Muraoka, I. (2018). Resistance training augments cerebral blood flow pulsatility: cross-sectional study. *American Journal of Hypertension*, *31*(7), 811-817.

Nakazawa, K. (1994). Muscle activation patterns during walking in water. *Vestibular and neural front*.

Napatpittayatorn, P., Kritpet, T., Muangpaisan, W., Srisawat, C., & Junnu, S. (2019). Effects of neurobic exercise on cognitive function and serum brain-derived neurotrophic factor in the normal to mild cognitive impaired older people: A randomized control trial. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, *41*(3).

Nascimento, C. M., Pereira, J. R., Pires de Andrade, L., Garuffi, M., Ayan, C., Kerr, D. S., Talib, L. L., Cominetti, M. R., & Stella, F. (2015). Physical exercise improves peripheral BDNF levels and cognitive functions in mild cognitive impairment elderly with different bdnf Val66Met genotypes. *J Alzheimers Dis*, *43*(1), 81-91. https://doi.org/10.3233/jad-140576

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Navaratna, D., Guo, S.-z., Hayakawa, K., Wang, X., Gerhardinger, C., & Lo, E. H. (2011). Decreased cerebrovascular brain-derived neurotrophic factor–mediated neuroprotection in the diabetic brain. *Diabetes*, *60*(6), 1789-1796.

Nuckols, C. C., & Nuckols, C. C. (2013). The diagnostic and statistical manual of mental disorders,(DSM-5). *Philadelphia: American Psychiatric Association*.

Nuttamonwarakul, A., Amatyakul, S., & Suksom, D. (2014). Effects of water-based versus land-based exercise training on cutaneous microvascular reactivity and C-reactive protein in older women with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Exercise Physiology Online*, *17*(4), 27.

Parkatti, T., Perttunen, J., & Wacker, P. (2012). Improvements in functional capacity from Nordic walking: a randomized-controlled trial among elderly people. *J Aging Phys Act*, *20*(1), 93-105. https://doi.org/10.1123/japa.20.1.93

Pereira Neiva, H., Brandão Faíl, L., Izquierdo, M., Marques, M. C., & Marinho, D. A. (2018). The effect of 12 weeks of water-aerobics on health status and physical fitness: An ecological approach. *PLoS One*, *13*(5), e0198319.

Perry, D. C., & Rosen, H. J. (2016). Frontotemporal dementia. *Non-Alzheimer's and Atypical Dementia*, 49-63.

Pesce, C., Crova, C., Cereatti, L., Casella, R., & Bellucci, M. (2009). Physical activity and mental performance in preadolescents: Effects of acute exercise on free-recall memory. *Mental Health and Physical Activity*, *2*(1), 16-22.

Pestana, M. D. S., Netto, E. M., Pestana, M. C. S., Pestana, V. S., & Schinoni, M. I. (2016). Pilates versus resistance exercise on the serum levels of hs-CRP, in the abdominal circumference and body mass index (BMI) in elderly individuals. *Motricidade*, *12*(1), 128-140.

Peters, R. (2006). Ageing and the brain. *Postgraduate medical journal*, *82*(964), 84-88.

Pezawas, L., Verchinski, B. A., Mattay, V. S., Callicott, J. H., Kolachana, B. S., Straub, R. E., Egan, M. F., Meyer-Lindenberg, A., & Weinberger, D. R. (2004). The brain-derived neurotrophic factor val66met polymorphism and variation in human cortical morphology. *Journal of Neuroscience*, *24*(45), 10099-10102.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Pohl, M., & Mcnaughton, L. (2003). The physiological responses to running and walking in water at different depths. *Research in Sports Medicine: An International Journal*, *11*(2), 63-78.

Pollentier, B., Irons, S. L., Benedetto, C. M., Dibenedetto, A. M., Loton, D., Seyler, R. D., Tych, M., & Newton, R. A. (2010). Examination of the six minute walk test to determine functional capacity in people with chronic heart failure: a systematic review. *Cardiopulm Phys Ther J*, *21*(1), 13-21.

Prakash, K., Chandran, D. S., Khadgawat, R., Jaryal, A. K., & Deepak, K. K. (2014). Correction for blood pressure improves correlation between cerebrovascular reactivity assessed by breath holding and 6% CO2 breathing. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, *23*(4), 630-635.

Pugh, C. J., Sprung, V. S., Ono, K., Spence, A. L., Thijssen, D. H., Carter, H. H., & Green, D. J. (2015). The effect of water immersion during exercise on cerebral blood flow. *Medicine and science in sports and exercise*, *47*(2), 299-306.

Purath, J., Buchholz, S. W., & Kark, D. L. (2009). Physical fitness assessment of older adults in the primary care setting. *J Am Acad Nurse Pract*, *21*(2), 101-107. https://doi.org/10.1111/j.1745-7599.2008.00391.x

Ramirez, A., Wolfsgruber, S., Lange, C., Kaduszkiewicz, H., Weyerer, S., Werle, J., Pentzek, M., Fuchs, A., Riedel-Heller, S. G., & Luck, T. (2015). Elevated HbA 1c is associated with increased risk of incident dementia in primary care patients. *Journal of Alzheimer's Disease*, *44*(4), 1203-1212.

Robinson, B. F., Epstein, S. E., Beiser, G. D., & Braunwald, E. (1966). Control of heart rate by the autonomic nervous system: studies in man on the interrelation between baroreceptor mechanisms and exercise. *Circulation research*, *19*(2), 400-411.

Robinson, L. E., Devor, S. T., Merrick, M. A., & Buckworth, J. (2004). The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(1), 84-91.

Rosenzweig, J. L., Weinger, K., Poirier-Solomon, L., & Rushton, M. (2002). Use of a disease severity index for evaluation of healthcare costs and management of comorbidities of patients with diabetes mellitus. *Am J Manag Care*, *8*(11), 950-958.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Rosner, J., Reddy, V., & Lui, F. (2021). Neuroanatomy, Circle of Willis. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.

Rossi, A. P., Muollo, V., Fantin, F., Masciocchi, E., Urbani, S., Taylor, M., Caruso, B., Milanese, C., Capelli, C., & Schena, F. (2020). Effects of diet combined with Nordic walking or walking programme on weight loss and arterial stiffness in postmenopausal overweight and obese women: The Walking and Aging Verona pilot study. *European Journal of Preventive Cardiology*, *27*(19), 2208-2211.

Saeedi, P., Petersohn, I., Salpea, P., Malanda, B., Karuranga, S., Unwin, N., Colagiuri, S., Guariguata, L., Motala, A. A., & Ogurtsova, K. (2019). Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas. *Diabetes research and clinical practice*, *157*, 107843.

Saulicz, M., Saulicz, E., Myśliwiec, A., Wolny, T., Linek, P., Knapik, A., & Rottermund, J. (2015). Effect of a 4-week Nordic walking training on the physical fitness and self-assessment of the quality of health of women of the perimenopausal age. *Menopause Review/Przegląd Menopauzalny*, *14*(2), 105-111.

Schwanbeck, K. (2014). *The ultimate Nordic pole walking book*. Meyer & Meyer Verlag.

Scuteri, A., Nilsson, P. M., Tzourio, C., Redon, J., & Laurent, S. (2011). Microvascular brain damage with aging and hypertension: pathophysiological consideration and clinical implications. *Journal of hypertension*, *29*(8), 1469-1477.

Sentinelli, F., La Cava, V., Serpe, R., Boi, A., Incani, M., Manconi, E., Solinas, A., Cossu, E., Lenzi, A., & Baroni, M. (2015). Positive effects of Nordic Walking on anthropometric and metabolic variables in women with type 2 diabetes mellitus. *Science & Sports*, *30*(1), 25-32.

Shahbazian, H., Yazdanpanah, L., & Latifi, S. M. (2013). Risk assessment of patients with diabetes for foot ulcers according to risk classification consensus of International Working Group on Diabetic Foot (IWGDF). *Pakistan journal of medical sciences*, *29*(3), 730.

Sharma, P., Agarwal, M., & Tiwari, S. (2017). Nordic Walking: A novel exercise regimen for cardio-metabolic health. A brief review. *J. Physiol*, *16*, 25-30.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Shim, J.-m., Kwon, H.-y., Kim, H.-r., Kim, B.-i., & Jung, J.-h. (2013). Comparison of the effects of walking with and without Nordic pole on upper extremity and lower extremity muscle activation. *Journal of physical therapy science*, *25*(12), 1553-1556.

Shimada, H., Makizako, H., Doi, T., Yoshida, D., Tsutsumimoto, K., Anan, Y., Uemura, K., Lee, S., Park, H., & Suzuki, T. (2014). A large, cross-sectional observational study of serum BDNF, cognitive function, and mild cognitive impairment in the elderly. *Frontiers in aging neuroscience*, *6*, 69.

Silveira-Rodrigues, J. G., Pires, W., Gomes, P. F., Ogando, P. H. M., Melo, B. P., Aleixo, I. M. S., & Soares, D. D. (2021). Combined exercise training improves specific domains of cognitive functions and metabolic markers in middle-aged and older adults with type 2 diabetes mellitus. *Diabetes research and clinical practice*, *173*, 108700.

Simova, I. (2015). Intima-media thickness: appropriate evaluation and proper measurement. *J Cardiol Pract*, *13*(21), 1-14.

Song, J., Lee, W. T., Park, K. A., & Lee, J. E. (2014). Association between risk factors for vascular dementia and adiponectin. *BioMed Research International*, *2014*.

Spratt, S. E., & Woodmansee, W. W. (2012). CHAPTER 16 - Endocrinology. In M. P. Harward (Ed.), *Medical Secrets (Fifth Edition)* (pp. 486-536). Mosby. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-06398-2.00017-5

Sprod, L. K., Drum, S. N., Bentz, A. T., Carter, S. D., & Schneider, C. M. (2005). The effects of walking poles on shoulder function in breast cancer survivors. *Integrative Cancer Therapies*, *4*(4), 287-293.

Su, Y., Dong, J., Sun, J., Zhang, Y., Ma, S., Li, M., Zhang, A., Cheng, B., Cai, S., Bao, Q., Wang, S., & Zhu, P. (2021). Cognitive function assessed by Mini-mental state examination and risk of all-cause mortality: a community-based prospective cohort study. *BMC Geriatrics*, *21*(1), 524. https://doi.org/10.1186/s12877-021-02471-9

Subindee, S., & Sritanyarat, W. (2014). Mild cognitive impairment in older persons with chronic illness attended at a chronic care clinic of a primary care unit Khon Kaen Province. *Journal of Nursing Science & Health*, *37*(1), 43-50.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Sugawara, J., Hayashi, K., Yokoi, T., Cortez-Cooper, M. Y., DeVan, A., Anton, M., & Tanaka, H. (2005). Brachial–ankle pulse wave velocity: an index of central arterial stiffness? *Journal of human hypertension*, *19*(5), 401-406.

Suntraluck, S., Tanaka, H., & Suksom, D. (2017). The Relative Efficacy of Land-Based and Water-Based Exercise Training on Macro- and Microvascular Functions in Older Patients With Type 2 Diabetes. *J Aging Phys Act*, *25*(3), 446-452. https://doi.org/10.1123/japa.2016-0193

Svensson, M. (2009). *Nordic walking* (Vol. 1). Human Kinetics.

T O'Brien, J., Erkinjuntti, T., Reisberg, B., Roman, G., Sawada, T., Pantoni, L., Bowler, J. V., Ballard, C., DeCarli, C., & Gorelick, P. B. (2003). Vascular cognitive impairment. *The Lancet Neurology*, *2*(2), 89-98.

Takeshima, N., Islam, M. M., Rogers, M. E., Rogers, N. L., Sengoku, N., Koizumi, D., Kitabayashi, Y., Imai, A., & Naruse, A. (2013). Effects of nordic walking compared to conventional walking and band-based resistance exercise on fitness in older adults. *Journal of sports science & medicine*, *12*(3), 422.

Tanaka, K., Yoshimura, T., Sumida, S., Mitsuzono, R., Tanaka, S., Konishi, Y., Watanabe, H., Yamada, T., & Maeda, K. (1986). Transient responses in cardiac function below, at, and above anaerobic threshold. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *55*(4), 356-361.

Tao, Z., Shi, A., & Zhao, J. (2015). Epidemiological perspectives of diabetes. *Cell biochemistry and biophysics*, *73*(1), 181-185.

Tarumi, T., & Zhang, R. (2018). Cerebral blood flow in normal aging adults: cardiovascular determinants, clinical implications, and aerobic fitness. *Journal of neurochemistry*, *144*(5), 595-608.

Taylor, C., & Hirsch, N. (2013). Applied cerebral physiology. *Anaesthesia & intensive care medicine*, *14*(9), 395-400.

Terada, T., Cotie, L. M., Tulloch, H., Mistura, M., Vidal-Almela, S., O'Neill, C. D., Reid, R. D., Pipe, A., & Reed, J. L. (2022). Sustained effects of different exercise modalities on physical and mental health in patients with coronary artery disease: a randomized clinical trial. *Canadian Journal of Cardiology*, *38*(8), 1235-1243.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Thijssen, D. H., Black, M. A., Pyke, K. E., Padilla, J., Atkinson, G., Harris, R. A., Parker, B., Widlansky, M. E., Tschakovsky, M. E., & Green, D. J. (2011). Assessment of flow-mediated dilation in humans: a methodological and physiological guideline. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, *300*(1), H2-12. https://doi.org/10.1152/ajpheart.00471.2010

Timmers, H., Wieling, W., Karemaker, J., & Lenders, J. (2004). Baroreflex failure: a neglected type of secondary hypertension. *Neth J Med*, *62*(5), 151-155.

Toda, N. (2012). Age-related changes in endothelial function and blood flow regulation. *Pharmacology & therapeutics*, *133*(2), 159-176.

Tomoto, T., Tarumi, T., Chen, J. N., Hynan, L. S., Cullum, C. M., & Zhang, R. (2021). One-year aerobic exercise altered cerebral vasomotor reactivity in mild cognitive impairment. *Journal of Applied Physiology*, *131*(1), 119-130.

Torres-Ronda, L., & i del Alcázar, X. S. (2014). The properties of water and their applications for training. *Journal of human kinetics*, *44*, 237.

Tsolaki, M., Kakoudaki, T., Tsolaki, A., Verykouki, E., & Pattakou, V. (2014). Prevalence of mild cognitive impairment in individuals aged over 65 in a rural area in North Greece. *Advances in Alzheimer's Disease*, *2014*.

Uematsu, M., Ohara, Y., Navas, J. P., Nishida, K., Murphy, T., Alexander, R. W., Nerem, R. M., & Harrison, D. G. (1995). Regulation of endothelial cell nitric oxide synthase mRNA expression by shear stress. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, *269*(6), C1371-C1378.

Umegaki, H. (2014). Type 2 diabetes as a risk factor for cognitive impairment: current insights. *Clinical interventions in aging*, *9*, 1011.

Unger, R. H. (1995). Lipotoxicity in the pathogenesis of obesity-dependent NIDDM: genetic and clinical implications. *Diabetes*, *44*(8), 863-870.

Urso, M. L., & Clarkson, P. M. (2003). Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology*, *189*(1-2), 41-54.

Vague, P., & Moulin, J.-P. (1982). The defective glucose sensitivity of the B cell in non insulin dependent diabetes. Improvement after twenty hours of normoglycaemia. *Metabolism*, *31*(2), 139-142.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Valmadrid, C. T., Klein, R., Moss, S. E., & Klein, B. E. (2000). The risk of cardiovascular disease mortality associated with microalbuminuria and gross proteinuria in persons with older-onset diabetes mellitus. *Archives of internal medicine*, *160*(8), 1093-1100.

Vanessa Fiorentino, T., Prioletta, A., Zuo, P., & Folli, F. (2013). Hyperglycemia-induced oxidative stress and its role in diabetes mellitus related cardiovascular diseases. *Current pharmaceutical design*, *19*(32), 5695-5703.

Vega, S. R., Strüder, H. K., Wahrmann, B. V., Schmidt, A., Bloch, W., & Hollmann, W. (2006). Acute BDNF and cortisol response to low intensity exercise and following ramp incremental exercise to exhaustion in humans. *Brain research*, *1121*(1), 59-65.

Vertommen, J., & De Leeuw, I. (1999). The effect of flavonoid treatment on the glycation and antioxidant status in Type 1 diabetic patients. *Diabetes, nutrition & metabolism*, *12*(4), 256-263.

Walhovd, K. B., Westlye, L. T., Amlien, I., Espeseth, T., Reinvang, I., Raz, N., Agartz, I., Salat, D. H., Greve, D. N., & Fischl, B. (2011). Consistent neuroanatomical age-related volume differences across multiple samples. *Neurobiology of aging*, *32*(5), 916-932.

Wang, W., & Lo, A. C. (2018). Diabetic retinopathy: pathophysiology and treatments. *International journal of molecular sciences*, *19*(6), 1816.

Wang, Z., & Thurmond, D. C. (2009). Mechanisms of biphasic insulin-granule exocytosis–roles of the cytoskeleton, small GTPases and SNARE proteins. *Journal of cell science*, *122*(7), 893-903.

Watanabe, R. M., Valle, T., Hauser, E. R., Ghosh, S., Eriksson, J., Kohtamäki, K., Ehnholm, C., Tuomilehto, J., Collins, F. S., & Bergman, R. N. (1999). Familiality of quantitative metabolic traits in Finnish families with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Human heredity*, *49*(3), 159-168.

Wautier, J.-L., & Schmidt, A. M. (2004). Protein glycation: a firm link to endothelial cell dysfunction. *Circulation research*, *95*(3), 233-238.

Wegrzynowska-Teodorczyk, K., Mozdzanowska, D., Josiak, K., Siennicka, A., Nowakowska, K., Banasiak, W., Jankowska, E. A., Ponikowski, P., & Woźniewski, M. (2020). Could

the two-minute step test be an alternative to the six-minute walk test for patients with systolic heart failure? *European Journal of Preventive Cardiology*, *23*(12), 1307-1313. https://doi.org/10.1177/2047487315625235

Weinstein, G., Beiser, A. S., Choi, S. H., Preis, S. R., Chen, T. C., Vorgas, D., Au, R., Pikula, A., Wolf, P. A., & DeStefano, A. L. (2014). Serum brain-derived neurotrophic factor and the risk for dementia: the Framingham Heart Study. *JAMA neurology*, *71*(1), 55-61.

Wielicka, M., Neubauer-Geryk, J., Kozera, G., & Bieniaszewski, L. (2020). Clinical application of pulsatility index. *Medical Research Journal*, *5*(3), 201-210. https://doi.org/10.5603/MRJ.a2020.0016

Wilcock, I. M., Cronin, J. B., & Hing, W. A. (2006). Physiological response to water immersion. *Sports medicine*, *36*(9), 747-765.

Willett, W., Manson, J., & Liu, S. (2002). Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes. *The American journal of clinical nutrition*, *76*(1), 274S-280S.

Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., Krueger, K., Fromme, A., Korsukewitz, C., & Floel, A. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of learning and memory*, *87*(4), 597-609.

Yang, J., Wong, A., Wang, Z., Liu, W., Au, L., Xiong, Y., Chu, W. W., Leung, E. Y., Chen, S., & Lau, C. (2015). Risk factors for incident dementia after stroke and transient ischemic attack. *Alzheimer's & Dementia*, *11*(1), 16-23.

Yang, Z., Scott, C. A., Mao, C., Tang, J., & Farmer, A. J. (2014). Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, *44*(4), 487-499.

Yates, L. B., Karasik, D., Beck, T. J., Cupples, L. A., & Kiel, D. P. (2007). Hip structural geometry in old and old-old age: similarities and differences between men and women. *Bone*, *41*(4), 722-732.

Zambanini, A., Newson, R. B., Maisey, M., & Feher, M. D. (1999). Injection related anxiety in insulin-treated diabetes. *Diabetes research and clinical practice*, *46*(3), 239-246.

Zhang, Y., Niu, J., Kelly-Hayes, M., Chaisson, C. E., Aliabadi, P., & Felson, D. T. (2002). Prevalence of symptomatic hand osteoarthritis and its impact on functional status

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

among the elderly: The Framingham Study. *American journal of epidemiology*, *156*(11), 1021-1027.

Zhao, W.-Q., & Townsend, M. (2009). Insulin resistance and amyloidogenesis as common molecular foundation for type 2 diabetes and Alzheimer's disease. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, *1792*(5), 482-496.

Zhou, H., Zhang, X., & Lu, J. (2014). Progress on diabetic cerebrovascular diseases. *Bosnian journal of basic medical sciences*, *14*(4), 185.

Zhu, Y.-S., Tarumi, T., Tseng, B. Y., Palmer, D. M., Levine, B. D., & Zhang, R. (2013). Cerebral vasomotor reactivity during hypo-and hypercapnia in sedentary elderly and Masters athletes. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, *33*(8), 1190-1196.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# ภาคผนวก ก

# เอกสารพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

AF 02-12

The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Group I, Chulalongkorn University

Jamjuree 1 Building, 2nd Floor, Phyathai Rd., Patumwan district, Bangkok 10330, Thailand,
Tel: 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

---

COA No. 232/2021

## Certificate of Approval

**Study Title** No. 186.1/64 : EFFECTS OF NORDIC WALKING IN WATER ON CEREBROVASCULAR FUNCTION AND COGNITIVE IMPAIRMENT IN ELDERLY WITH TYPE 2 DIABETES

**Principal Investigator** : TAWATCHAI PLOYDANG

**Place of Proposed Study/Institution** : Faculty of Sport Science, Chulalongkorn University

The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Group I, Chulalongkorn University, Thailand, has approved constituted in accordance with Belmont Report 1979, Declaration of Helsinki 2013, Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOM) 2016, Standards of Research Ethics Committee (SREC) 2017, and National Policy and guidelines for Human Research 2015.

Signature: Prida Tasanapradit
(Associate Prof. Prida Tasanapradit, M.D.)
Chairman

Signature: Raveenan Mingpakanee
(Assistant Prof. Raveenan Mingpakanee, Ph.D.)
Secretary

Date of Approval : 23 November 2021 Approval Expire date : 22 November 2022

**The approval documents including;**

1) Research proposal
2) Participant Information Sheet and Consent Form
3) Researcher
4) Questionnaires
5) Advertising leaflet

Protocol No. 186.1/64
Date of Approval 23 NOV 2021
Approval Expire Date 22 NOV 2022

*The approved investigator must comply with the following conditions:*

1. *It's unethical to collect data of research participants before the project has been approved by the committee.*
2. *The research/project activities must end on the approval expired date. To renew the approval, it can be applied one month prior to the expired date with submission of progress report.*
3. *Strictly conduct the research/project activities as written in the proposal.*
4. *Using only the documents that bearing the RECCU's seal of approval: research tools, information sheet, consent form, invitation letter for research participation (if applicable).*
5. *Report to the RECCU for any serious adverse events within 5 working days.*
6. *Report to the RECCU for any amendment of the research project prior to conduct the research activities.*
7. *Report to the RECCU for termination of the research project within 2 weeks with reasons.*
8. *Final report (AF 01-15) and abstract is required for a one year (or less) research/project and report within 30 days after the completion of the research/project.*
9. *Research project with several phases; approval will be approved phase by phase, progress report and relevant documents for the next phase must be submitted for review.*
10. *The committee reserves the right to site visit to follow up how the research project being conducted.*
11. *For external research proposal the dean or head of department oversees how the research being conducted.*

AF 02-12

**คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 232/2564

## ใบรับรองโครงการวิจัย

**โครงการวิจัยที่** 186.1/64 : ผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อหน้าที่การทำงานของหลอดเลือดสมองและพุทธิปัญญาบกพร่องในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

**ผู้วิจัยหลัก** : นายธวัชชัย พลอยแดง

**หน่วยงาน** : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณาโดยใช้หลักของ Belmont Report 1979, Declaration of Helsinki 2013, Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOM) 2016, มาตรฐานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน (มคจค.) 2560, นโยบายแห่งชาติและแนวทางปฏิบัติการวิจัยในมนุษย์ 2558 อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม .....
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ)
ประธาน

ลงนาม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวีนันท์ มิ่งภัคนีย์)
กรรมการและเลขานุการ

**วันที่รับรอง** : 23 พฤศจิกายน 2564 **วันหมดอายุ** : 22 พฤศจิกายน 2565

**เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง**

1) โครงการวิจัย
2) เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงเจตนายินยอมของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย
4) แบบสอบถาม
5) ใบประชาสัมพันธ์

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

**เงื่อนไข**

*1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการฝืดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ*
*2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย*
*3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด*
*4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) **เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น***
*5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ*
*6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ*
*7. หากยุติโครงการวิจัยก่อนกำหนดต้องแจ้งคณะกรรมการฯ ภายใน 2 สัปดาห์พร้อมคำชี้แจง*
*8. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 01-15) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น*
*9. โครงการวิจัยที่มีหลายระยะ จะรับรองโครงการเป็นระยะ เมื่อดำเนินการวิจัยในระยะแรกเสร็จสิ้นแล้ว ให้ดำเนินการส่งรายงานความก้าวหน้า พร้อมโครงการวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องในระยะถัดไป*
*10. คณะกรรมการฯ สงวนสิทธิ์ในการตรวจเยี่ยมเพื่อติดตามการดำเนินการวิจัย*
*11. สำหรับโครงการวิจัยจากภายนอก ผู้บริหารส่วนงาน กำกับการดำเนินการวิจัย*

AF 03-06

**ข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ**

**(Participant Information Sheet)**

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

Effects of Nordic Walking in Water on Cerebrovascular Function and Cognitive Impairment in Elderly with type 2 diabetes

ชื่อผู้วิจัยหลัก นายธวัชชัย พลอยแดง ตำแหน่ง นิสิตปริญญาดุษฎีบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก : ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ศาสตราจารย์ ดร.นพ.วีรพันธุ์ โชวิฑูรกิจ และ ศาสตราจารย์ ดร.ฮิโรฟุมิ ทานากะ

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนน พระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

(ที่บ้าน) 70/38 ซอยประชาอุทิศ 74/1 ถนน ประชาอุทิศ เขต ทุ่งครุ กทม 10140

โทรศัพท์มือถือ 094-359-6145 อีเมล tum_krung@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ ท่านสามารถสอบถามได้ หากถ้อยความใดไม่ชัดเจน หรือขอข้อมูลเพิ่มเติมได้

2. *โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมอง ความสามารถด้านการจำ สมรรถภาพทางกายและคุณภาพชีวิตในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2*

3. ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

เกณฑ์การรับเข้าร่วมวิจัย

1) ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิงที่มีอายุ 60 – 74 ปี
2) ได้รับการยืนยันจากแพทย์ว่าเป็นผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เป็นมานานระหว่าง 5-10 ปี
3) *ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำตาลสะสม (HbA1c) ระหว่าง 7% ถึง 9%*
4) *มีผลการทดสอบพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย คะแนนระหว่าง 18 – 24 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยนักจิตวิทยาคลินิกเป็นผู้ทดสอบ*
5) เป็นผู้ที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการล้ม โดยใช้การทดสอบความสามารถการเดินและกลับตัว 3 เมตร อยู่ในระยะเวลาที่ทำได้ 8 – 15 วินาที

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

6) *ผู้เข้าร่วมวิจัยผ่านการทดสอบด้วยแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย* โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทดสอบ

7) *ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่จำเป็นต้องว่ายน้ำได้ เนื่องจากระดับน้ำที่ใช้ในงานวิจัยนี้อยู่ที่ระดับหน้าอกของผู้เข้าร่วมวิจัย*

8) *ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับวัคซีนโควิด 19 ครบ 2 เข็ม*

9) *สามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้*

10) *ไม่เป็นโรคหรือมีความผิดปกติ ได้แก่ โรคหัวใจ โรคแทรกซ้อนทางตาที่เกิดจากเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ โรคแทรกซ้อนทางระบบประสาทขั้นรุนแรงที่เกิดจากเบาหวาน โรคแทรกซ้อนทางไตที่เกิดจากเบาหวาน และโรคหลอดเลือดสมอง*

11) *ไม่ได้รับประทานอาหารเสริมที่มีผลต่อการพัฒนาระบบประสาท เช่น อาหารเสริมวิตามินบี 12 โอเมก้า 3 (Omega 3) กาบ้า (Gaba) พรมมิ (Brammi) กัญชา (Cannabis) แปะก๊วย (Ginkgo) เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 เดือน*

12) *ไม่ได้รับบาดเจ็บบริเวณขาข้างใดข้างหนึ่ง หรือทั้ง 2 ข้าง*

13) *ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสูงอย่างน้อย 155 เซนติเมตร*

14) *ไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร การมองเห็น หรือการได้ยิน* โดยได้รับการประเมินจากแพทย์

15) *ไม่เคยออกกำลังกายในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา ซึ่งการออกกำลังกายหมายถึง การทำกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างต่อเนื่อง เช่น การเดินเร็ว การปั่นจักรยาน การวิ่ง การว่ายน้ำ เป็นระยะเวลามากกว่า 15 นาที และรู้สึกเหนื่อย ความถี่ ตั้งแต่ 2 ครั้ง เป็นต้นไป*

เกณฑ์การถอนผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากโครงการวิจัย

1) *มีอาการปวด หรือ ชา หรือ ไม่สบายในขณะเข้าร่วมงานวิจัย*

2) *เข้ารับการฝึกน้อยกว่า 80% (ขาดเกิน 7 ครั้ง) ของทั้งหมด 36 ครั้ง*

3) *ไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อ*

4) *รับประทานเครื่องดื่ม ได้แก่ ชา กาแฟ หรือ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน และแอลกอฮอล์ ระหว่างการศึกษาวิจัย โดยผู้วิจัยจะสอบถามแต่ละวัน*

5) *รับประทานอาหารเสริมที่มีผลต่อการพัฒนาระบบประสาท เช่น อาหารเสริมวิตามินบี 12 โอเมก้า 3 กาบ้า พรมมิ กัญชา แปะก๊วย ระหว่างการศึกษาวิจัย โดยผู้วิจัยจะสอบถามผู้เข้าร่วมวิจัยในแต่ละวัน*

6) *มีแผลตามบริเวณร่างกายทั้งที่แขนและขาระหว่างการศึกษาวิจัย*

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64

วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564

วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสิ้น 36 คน เมื่อได้ผู้เข้าร่วมวิจัยครบแล้ว ทำการแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 18 คน *ด้วยวิธีการจับฉลาก* หากทำการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการจับสลากแล้ว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่สามารถเปลี่ยนกลุ่มได้ แต่หากผู้เข้าร่วมวิจัยสนใจฝึกในรูปแบบการฝึกกลุ่มอื่น ทางผู้วิจัยยินดีที่จะให้ความรู้และคำแนะนำในการฝึกปฏิบัติจนสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองหลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย

กลุ่มที่ 1 กลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานที่มีภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่ฝึกด้วยการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ

กลุ่มที่ 2 กลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานที่มีภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก

*โดยกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ให้รับประทานยาได้ตามปกติตามแพทย์สั่ง โดยไม่ต้องหยุดยาขณะเข้าร่วมวิจัย*

4. *หากท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะทำการนัดหมายผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับการตรวจร่างกาย และการทดสอบสมรรถภาพร่างกายก่อนฝึกตามโปรแกรมการออกกำลังกาย และหลังเสร็จสิ้นการฝึกตามโปรแกรมการออกกำลังกาย โดยผู้วิจัยจะแบ่งการทดสอบเป็น 2 วัน ในวันที่ 1 ผู้วิจัยนัดผู้เข้าร่วมวิจัยที่ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ เวลา 07.00 น. เพื่อผู้วิจัยพาผู้เข้าร่วมวิจัยไปที่ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเก็บข้อมูลแต่ละสถานี ได้แก่ สถานีเจาะเลือด ใช้ระยะเวลา 10 นาที นักเทคนิคการแพทย์เป็นผู้เจาะเลือด สถานีประเมินทางด้านสรีรวิทยา ใช้ระยะเวลา 15 นาที และสถานีประเมินการทำงานของหลอดเลือด ใช้ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินทั้ง 2 สถานี ซึ่งแต่ละสถานีจะมีการให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพัก 10 นาที ในวันที่ 2 ผู้วิจัยนัดผู้เข้าร่วมวิจัย ณ ห้องกิจกรรม คลินิกผู้สูงอายุ กลุ่มงานเวชศาสตร์ชุมชนและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ ที่ควบคุมอุณภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส เวลา 08.00 น. เพื่อเก็บข้อมูลตามลำดับสถานี ได้แก่ สถานีการทำงานของสมอง มีนักจิตวิทยาเป็นผู้ประเมิน ใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และสถานีทดสอบสมรรถภาพทางกาย ผู้วิจัยเป็นผู้ทดสอบ โดยอยู่ในการดูแลของแพทย์และพยาบาล ใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมงครึ่ง โดยแต่ละสถานีผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพัก 10 นาที*

**วันที่ 1 ของการทดสอบ**

*1)* ก่อนวันทดสอบ ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยงดน้ำและอาหารเป็นระยะเวลา 10 – 12 ชั่วโมง แต่สามารถดื่มน้ำเปล่าได้ ในวันรุ่งขึ้นเมื่ออาสาสมัครมาถึง ณ ห้องปฏิบัติการ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยทำการตรวจโควิดด้วยชุดตรวจโควิด Antigen test kit ก่อนเข้ารับการเจาะเลือด ตามมาตรการป้องกันโควิด 19 กำหนดให้ผู้วิจัยเข้ารับการเจาะเลือดในเวลา 08.00 น. *ใช้เวลาทั้งสิ้น 10 นาที ในการเจาะเลือดปริมาณ 3 ช้อนชา ด้วยนักเทคนิคการแพทย์ เพื่อวิเคราะห์สารชีวเคมีในเลือด โดยหลังจากเจาะเลือดแล้วผู้วิจัยอาจจะมีการปวดบริเวณที่เจาะ ซึ่งผู้วิจัยมีเจลเย็นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยประคบ ซึ่งประคบประมาณ 15 นาที อาการปวดก็จะทุเลาลง ประกอบด้วย*

- *ระดับน้ำตาลในเลือด*
- *ระดับไขมันในเลือด*

เลขที่โครงการวิจัย 186-1 | 64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

- *ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว*
- *ปริมาณเกร็ดเลือด*
- *สารที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบของร่างกาย*
- *ปริมาณอินซูลิน*
- *สารที่เกี่ยวข้องกับความจำ*
- *สารที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหลอดเลือด*

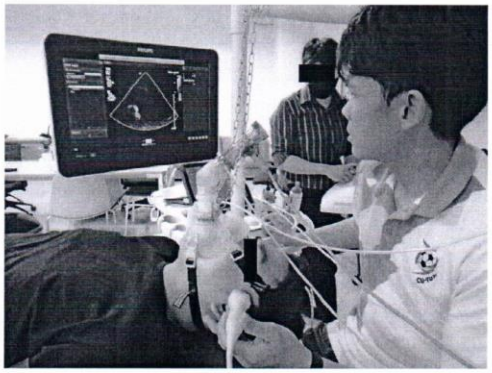
2) *ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยรับประทานอาหารที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้แล้ว*และพักผ่อน รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง จากนั้นนัดหมายมาเจอที่ห้องปฏิบัติการ แขนงสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ผู้เข้าร่วมวิจัยประเมินดัชนีมวลกายและองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่อง dual-energy x-ray absorptiometry หรือ DEXA ด้วยผู้วิจัยเป็นผู้ประเมิน ใช้ระยะเวลา 15 นาที

4) จากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก 15 นาที จากนั้น*ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งเฉยๆ โดยผู้วิจัยจะทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะพักของผู้เข้าร่วมวิจัยด้วยเครื่องวัดความดัน*

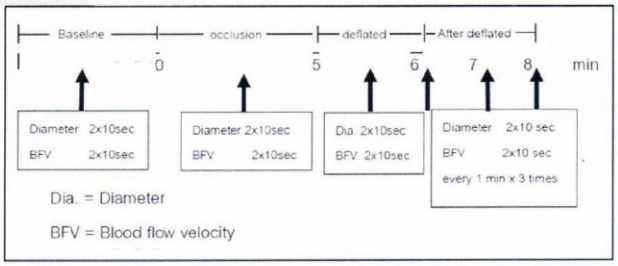
*5) จากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนบนเตียงเพื่อทำการวัดความสามารถของหลอดเลือดสมองด้วยการให้หายใจรับแก๊สคาร์บอนไดออกส์ที่มีปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยสวมใส่เสื้อมีแขนและกางเกงขาสั้นหรือขายาวก็ได้ จากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงายบนเตียง ผู้วิจัยทำการติดตั้งหน้ากากที่มีสายสำหรับบันทึกอากาศเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ และมีสายที่ต่อกับถังแก๊สที่มีคาร์บอนไดออกไซส์ผสมอยู่ต่อเข้ากับหน้ากาก จากนั้นผู้วิจัยทำการติดปลอกแขนสำหรับวัดความดันไว้ที่แขนข้างซ้าย เพื่อทำการวัดความดันในแต่ละช่วง เมื่อเริ่มทำการประเมิน ผู้วิจัยใช้หัวตรวจอัลตราซาวด์ วางบนตรงขมับข้างซ้ายเพื่อทำการถ่ายภาพหลอดเลือดสมอง ดังแสดงในรูปที่ 1 ก่อนที่จะเริ่มวัด ผู้วิจัยจะอธิบายถึงการวัด ว่าจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 คือ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจตามปกติเป็นระยะเวลา 3 นาที สภาวะที่ 2 คือ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเร็ว ด้วยความถี่ 1 ครั้งต่อ 1 วินาที เป็นระยะเวลา 1 นาที ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยหลังจากที่หายใจครบ 1 นาที แล้ว อาจจะรู้สึกหน้ามืด แต่ไม่เป็นอันตรายแต่อย่างไร โดยให้นอนพัก 5 นาที แล้วอาการหน้ามืดก็จะหาย ผู้วิจัยจะมีเครื่องกำหนดความเร็วไว้ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจตาม และสภาวะที่ 3 คือ ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจตามปกติ แต่ผู้วิจัยจะเปิดถังแก๊สที่มีส่วนผสมของคาร์บอนไดออกไซส์ผสมอยู่ในปริมาณที่ไม่เป็นอันตราย โดยให้หายใจเป็นระยะเวลา 3 นาที หลังจากที่หายใจครบ 3 นาทีแล้ว อาจจะมีอาการมึน ซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างไร โดยผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนพักจนกว่าจะกลับมาเป็นปกติ ใช้ระยะเวลาการทดสอบ 30 นาที*

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565



รูปที่ 1 แสดงการวัดการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity)

6) *หลังจากผู้วิจัยพักจนไม่มีอาการใดเกิดขึ้นแล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถเข้าห้องน้ำได้ หลังจากที่ผู้เข้าร่วมวิจัยหลับมาจากห้องน้ำแล้ว ผู้วิจัยทำการวัดประสิทธิภาพของหลอดเลือดที่แขนเมื่อมีการปิดกั้นไม่ให้เลือดไหลเป็นระยะเวลาหนึ่ง ทำการวัดที่แขนข้างซ้าย ซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างใด ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงายบนเตียง จากนั้นผู้วิจัยนำที่รองแขนไม่ให้สามารถขยับแขนได้ จากนั้นผู้วิจัยใช้ผ้าชนิดเดียวกับที่ใช้วัดความดันที่ต่อเข้ากับเครื่องให้แรงดัน สวมเข้าไปยังแขนท่อนล่าง จากนั้นผู้วิจัยใช้หัวอัลตราซาวน์วางบนข้อพับตรงหลอดเลือดแดงใหญ่ จากนั้นผู้วิจัยทำการวัดประสิทธิภาพการไหลของหลอดเลือดเริ่มต้น ใช้ระยะเวลาในการวัด 1 นาที จากนั้นผู้วิจัยทำการเพิ่มแรงดันของผ้าที่รัดแขนท่อนล่าง เพื่อไม่ให้เลือดไหลเวียน เป็นเวลา 5 นาที โดยระหว่างที่ปิดกั้นการไหลเวียนผู้เข้าร่วมวิจัยจะรู้สึกชาที่แขนซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างไร เมื่อปิดกั้นครบ 5 นาทีแล้ว ทำการปล่อยแรงดันออกจนหมด พร้อมทั้งวัดค่าการไหลเวียนของ เป็นอันเสร็จสิ้นสถานีการวัดนี้ โดยผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพักประมาณ 10 นาที จนไม่เกิดอาการชาที่แขนแล้ว ใช้ระยะเวลาการทดสอบ 30 นาที*






เลขที่โครงการวิจัย 186.1 /64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

รูปที่ 2 ขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพของหลอดเลือดที่แขน

*7) หลังจากที่ผู้เข้าร่วมวิจัยพักเป็นระยะเวลา 10 นาทีแล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงายยังเตียงที่มีเครื่องวัดความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้าทั้งด้านขวาและซ้าย เพื่อทำการวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนพักเป็นระยะเวลา 10 นาที จากนั้นจึงเริ่มวัด ผู้วิจัยทำการติดตั้งผ้าวัดความดันที่แขนและขาทั้ง 2 ข้าง จากนั้นติดเครื่องวัดสัญญาณชีพจรที่ข้อมือทั้ง 2 ข้าง และผู้วิจัยทำการวางเครื่องอ่านเสียงของหัวใจไว้ตรงบริเวณหน้าอกช่วงบนตรงกลาง ใกล้กับสะดุกไหปลาร้า จากนั้นผู้วิจัยทำการกดปุ่มที่เครื่องเพื่อเริ่มวัด โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะรู้สึกว่าผ้าที่รัดทั้งแขนและข้อเท้าค่อยๆบีบมากขึ้น ซึ่งนั้นหมายถึงว่ากำลังวัดความดันของหลอดเลือดอยู่ ซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างไร โดยใช้ระยะเวลาการวัดทั้งสิ้น 15 นาที ดังรูปที่ 3*

รูปที่ 3 การทดสอบความแข็งของหลอดเลือด

**วันที่ 2 ของการทดสอบ**

1) *ผู้วิจัยนัดหมายผู้เข้าร่วมวิจัยเวลา 09.00 น.* เพื่อทำการทดสอบ ณ ห้องกิจกรรม คลินิกผู้สูงอายุ กลุ่มงานเวชศาสตร์ชุมชนและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ โดยมีแพทย์และพยาบาลเป็นผู้ดูแลความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัยขณะทำการทดสอบ เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยมาถึง ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนักจิตวิทยาคลินิกเป็นผู้ประเมินความสามารถด้านการจำของผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่

*1.1) แบบประเมินแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย เป็นแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นที่ประกอบไปด้วย 11 หัวข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยจะมีนักจิตวิทยาคลินิกเป็นผู้ถามผู้เข้าร่วมวิจัย*

*1.2) แบบประเมินแบบสอบถามสมรรถนะตนเองด้านความจำ ประกอบด้วย 4 หมวด ได้แก่ หมวดการจำรายการซื้อของ หมวดการจำตำแหน่งสิ่งของ หมวดจำบุคคล หมวดจำเรื่องราว หมวดละ 5 ข้อ รวม 20 ข้อ ซึ่ง*

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

*การประเมินนักจิตวิทยาคลินิกจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยระบุตนว่ามีความเชื่ออย่างไรว่าจะทำภารกิจแต่ละอย่างได้สำเร็จ โดยใช้การตอบเป็นมาตรา 0 – 100 เปอเซ็นต์*

*1.3) แบบประเมินแบบทดสอบสมองส่วนหน้า ใช้ประเมินการทำงานของความคิดและประสิทธิภาพของสมอง (cognitive functions) ร่วมกับการรับรู้ (perception) และความจำ โดยนักจิตวิทยาคลินิกจะเป็นผู้ประเมิน*

*1.4) แบบประเมินแบบทดสอบสมาธิฉบับภาษาไทย แบบทดสอบประกอบไปด้วยตัวเลข 1-13 และตัวย่อเดือนเป็นภาษาไทย ม.ค. - ธ.ค. รวมทั้งสิ้น 25 ตัว โดยตัวเลขและ/หรือตัวอักษะมีการเรียงแบบกระจายกันและเมื่อลากโยงเส้นเชื่อมต่อ เส้นที่ลากจะไม่ตัดกัน โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะเป็นผู้ทำแบบสอบถามนี้ โดยมีนักจิตวิทยาคลินิกเป็นผู้จับเวลาเป็นวินาที*

*จะใช้ระยะเวลาการประเมินความสามารถด้านการจำทั้งสิ้น 1 ชั่วโมง โดยจะเสร็จที่เวลา 10.00 น.*

2) ภายหลังจากที่ทำการประเมินความสามารถทางด้านการจำเสร็จแล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพักเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

3) เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยพักเสร็จ ผู้วิจัยเป็นผู้ทำการทดสอบผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับ*สมรรถภาพทางกาย* ตามลำดับต่อไปนี้

3.1) การทดสอบด้วยนั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมเตะปลายเท้า ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งเก้าที่เท้าสามารถสัมผัสพื้นและนั่งขอบเก้าอี้ ขาข้างไม่ถนัดให้วางฝ่าเท้าสัมผัสพื้น และเท้าข้างที่ถนัดเหยียดขาออก จากนั้นพับสะโพกแล้วเอื้อมนิ้วกลางของมือข้างเดียวกับขาที่เหยียดเอื้อมไปสัมผัสกับนิ้วกลางของปลายเท้าข้างที่เหยียดออก จากนั้นผู้วิจัยทำการวัดความห่างระหว่างนิ้วมือและนิ้วเท้า ถ้าสัมผัสกันหมายถึงมีระยะห่างเท่ากับศูนย์ จากนั้นเปลี่ยนข้าง

3.2) การทดสอบความอ่อนตัวของหัวไหล่ ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อบริเวณไหล่ สะบัก หน้าอก และ และแขน จากนั้นยืนตัวตรง ยกแขนขวาขึ้นเหนือไหล่ แล้วงอศอกลงด้านหลังในท่าคว่ำมือ โดยให้ฝ่ามือและนิ้วมือวางราบแตะลงบนหลัง จากนั้นกดลงไปด้านล่างให้ได้มากที่สุด ผู้เข้าร่วมวิจัยยกแขนซ้ายไปด้านหลังในท่าบิดแขนเข้าด้านใน แล้วงอข้อศอกพับขึ้นให้หลังมือวางแนบกับลำตัวด้านหลังยกขึ้นให้สูงที่สุด ผู้เข้าร่วมวิจัยเคลื่อนมือขวาและมือซ้ายเข้าหากันให้ได้มากที่สุด ทำค้างไว้ประมาณ 3 วินาที แล้วกลับสู่ท่าแขนปล่อยข้างลำตัว ทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง จากนั้นเปลี่ยนข้าง การประเมินจะวัดระยะห่างระหว่างปลายนิ้วกลางของมือบนกับส่วนปลายของกระดูกบริเวณข้อมือของมือล่าง

3.3) ลุกนั่ง ผู้วิจัยจะใช้เก้าอี้ที่ไม่มีพนักพิงแขน ความสูงพอที่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งแล้วเท้าสัมผัสพื้น เริ่มแรกให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งเก้าอี้ จากนั้นเมื่อเริ่มทดสอบให้ลุกขึ้นโดยที่มือทั้ง 2 จับบริเวณหัวไหล่ในลักษณะไขว้กัน จะจับเวลา 30 วินาที ลุก-นั่ง ให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุด *จากนั้นพัก 10 นาที เพื่อทำการทดสอบต่อไป*

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

3.4) งอแขน ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยถือลูกเหล็กข้างที่ถนัด สำหรับผู้หญิงจะใช้ 5 ปอนด์ และผู้ชายจะใช้ 8 ปอนด์ ผู้เข้าร่วมยกลูกเหล็กด้วยการงอแขนสุด และเหยียดแขนสุดนับเป็น 1 ครั้ง ผู้เข้าร่วมวิจัยทำให้ได้มากที่สุดภายใน 30 วินาที

3.5) การเดินและกลับตัว 3 เมตร เป็นการทดสอบการทรงตัวแบบเคลื่อนที่ ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งเก้าอี้ ฝ่าเท้าทั้งสองสัมผัสพื้น เมื่อเริ่มทดสอบ ผู้เข้าร่วมวิจัยลุกขึ้นและเดินไปยังเป้าหมายที่มีระยะห่างจากจุดเริ่มต้น 3 เมตร จากนั้นอ้อมเป้าหมายแล้วกลับมานั่งที่เดิม โดยผู้ทดสอบจะทำการจับเวลาตั้งแต่เริ่มจนถึงกลับมานั่ง *จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก 10 นาที เพื่อทำการทดสอบถัดไป*

3.6) การยกขาสูง 2 นาที (2-min step test) ผู้วิจัยหาความสูงในการยกเข่าสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนจะอยู่ที่จุดกึ่งกลางระหว่างเข่าและขอบบนของกระดูกสะโพก เมื่อผู้วิจัยให้คำสั่ง "เริ่ม" ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยกขาสูงอยู่กับที่ ให้ได้มากครั้งที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในเวลา 2 นาที ผู้วิจัยจะนับครั้งของการยกขาเมื่อยกเข่ามาถึงจุดที่กำหนดไว้เพียงเท่านั้น *จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก 30 นาที เพื่อทำการทดสอบถัดไป*

3.7) เดิน 6 นาที ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินด้วยความเร็วที่สามารถทำได้ เป็นระยะเวลา 6 นาที โดยลู่เดินที่ได้จัดเตรียมไว้ให้มีระยะทาง 15 เมตร *โดยผู้เข้าร่วมวิจัยเมื่อเดินไปจนสุดทางแล้ว ให้กลับตัวมายังจุดเริ่มต้นแล้วเดินกลับไปใหม่ ให้เดินแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบ 6 นาที*

*ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง โดยจะเสร็จ 12.00 น.*

*ผู้เข้าร่วมวิจัยอาจจะรู้สึกกล้ามเนื้อล้า ปวดกล้ามเนื้อ ซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างไร ผู้วิจัยทำการยืดกล้ามเนื้อ และให้พัก 1 วัน อาการก็จะดีขึ้น*

ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับผลการวิเคราะห์สมรรถภาพทางร่างกาย และค่าสารชีวเคมีในเลือดต่าง ๆ พร้อมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพและคำแนะนำในการปฏิบัติตัว แต่หากพบความผิดปกติ ผู้วิจัยจะแนะนำให้ปรึกษาแพทย์และบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไป

4) เมื่อการตรวจเสร็จสิ้น ผู้วิจัยจะทำการนัดหมายผู้เข้าร่วมวิจัยที่ได้โปรแกรมการฝึกเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ เพื่อจัดตารางการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

**กลุ่มฝึกเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ** เป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่ได้รับการฝึกเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ ซึ่งก่อนจะเข้าโปรแกรมการฝึก *ผู้วิจัยทำการสอบถามผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับวันและเวลาที่สะดวก โดยผู้วิจัยได้ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเลือกดังต่อไปนี้*

*1) วันจันทร์ พุธ และศุกร์ ช่วงเช้า 08.00 – 09.00 น., 09.00 – 10.00 น., 10.00 – 11.00 น. และ 11.00 – 12.00 น.*

*2) วันจันทร์ พุธ และศุกร์ ช่วงบ่าย 13.00 – 14.00 น., 14.00 – 15.00 น. และ 15.00 – 16.00 น.*

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

*3) วันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ ช่วงเช้า 08.00 – 09.00 น., 09.00 – 10.00 น., 10.00 – 11.00 น. และ 11.00 – 12.00 น.*

*4) วันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ ช่วงบ่าย 13.00 – 14.00 น., 14.00 – 15.00 น. และ 15.00 – 16.00 น.*

*โดยแต่ละช่วงเวลาจะมีผู้เข้าร่วมวิจัยเพียงแค่ 2 ท่านเท่านั้น เพื่อเว้นระยะห่างตามมาตรการวิด-19 และความสะดวกในการดูแลและการฝึก เพื่อความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัย*

ครั้งแรกของการฝึกในแต่ละสัปดาห์ของการฝึก อาสาสมัครจะได้รับการตรวจโควิด 19 โดยใช้ชุดตรวจโควิด Antigen Test Kit (ATK) 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ตามมาตรการป้องกันโควิด 19

*สำหรับชุดและอุปกรณ์การออกกำลังกาย ได้แก่ ชุดว่ายน้ำ ถุงมือสำหรับใช้ในน้ำ รองเท้ากันลื่น ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ให้ท่านละ 1 ชุด โดยขอร้องให้นำมาด้วยทุกครั้งของวันฝึก และผู้วิจัยขออนุญาตเกี่ยวกับการบันทึกวิดีโอการเดินในน้ำทุกครั้งของการฝึกเพื่อนำมาตรวจสอบความถูกต้องของการเดิน และนำมาปรับปรุงการเดินของผู้เข้าร่วมวิจัยในครั้งถัดไป*

5) ใช้สระว่ายน้ำของ Aqua Rich Thailand ที่อยู่ 5/199 หมู่บ้านวรารมย์สโมสรวรารมย์เฟส 15 ซอย18 แขวงบางบอน เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร 10150 ซึ่งอยู่ห่างจากโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินธโร อุทิศ 2 กิโลเมตร เพื่อใช้ทำการฝึก สระว่ายน้ำ Aqua Rich Thailand เป็นสระว่ายน้ำสำหรับธาราบำบัด ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ได้ อุณหภูมิของน้ำจะอยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส ตรงตามการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา อีกทั้งสระว่ายน้ำมีพื้นของสระที่ลาดเอียง โดยมีความลึกตั้งแต่ 110 เซนติเมตร ถึง 135 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

รูปที่ 4 แสดงสระธาราบำบัดของ Aqua Rich Thailand

มีรูปแบบการฝึกดังนี้

1) การฝึกซ้อมการเดินด้วยไม้เท้าบนบก

การฝึกซ้อมการเดินด้วยไม้เท้าบนบก เพื่อสร้างความคุ้นเคย โดยมีระยะเวลาการฝึกต่อครั้งนาน 30 นาที รวมทั้งสิ้น 2 ครั้ง เริ่มแรกผู้วิจัยจะสาธิต รวมทั้งอธิบายการเดินด้วยไม้เท้าให้กับผู้เข้าร่วมวิจัย ซึ่งมีรูปแบบการเดินแบบนอร์ดิกดังต่อไปนี้

1.1) ช่วงของการเดินจะประกอบไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5

- ส้นเท้าสัมผัสพื้น
- ฝ่าเท้าราบกับพื้น
- ฝ่าเท้าราบกับพื้นและอยู่ตรงกลางช่วงของการที่เท้าแตะพื้น
- ส้นเท้าเริ่มลอยจากพื้น
- ปลายนิ้วเท้าลอยจากพื้น

1.2) การเหวี่ยงแขนและการก้าวเท้า แขนข้างเหวี่ยงจะต้องเคลื่อนไหวมาด้านหน้าพร้อมกับการก้าวเท้าคนละข้างกับแขน

1.3) ปักไม้เท้าของแขนข้างที่เหวี่ยงมาด้านหน้าให้อยู่ระดับเดียวกับสะดือ จับไม้เท้าแบบกระชับ ไม้เท้าจะต้องปักที่พื้นช่วงเวลาเดียวกับขาข้างตรงข้ามกับไม้เท้าสัมผัสพื้น

1.4) ขณะดึงไม้เท้าไปด้านหลัง ควรให้ผ่านแนวของสะโพก

1.5) ห้ามลากไม้เท้ากับพื้นขณะเดิน

*การฝึกเดินด้วยไม้เท้าบกบนจะฝึกบริเวณข้างสระว่ายน้ำ ที่มีความยาวสำหรับให้เดิน 15 เมตร ซึ่งเป็นระยะทางที่เหมาะสม ไม่ทำให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดอาการวิงเวียนศีรษะขณะกลับตัวไปมา โดยจะทำการฝึกทั้งสิ้น 2 วัน หลังจากที่ฝึกบนบกครบ 2 ครั้งแล้ว ผู้วิจัยทำการนัดผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อทำการฝึกซ้อมการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำในวันถัดไป*

2) การฝึกซ้อมเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ

ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกเดินด้วยไม้เท้าในน้ำโดยใช้รูปแบบการเดินเหมือนกับบนบก แต่ขณะเดินผู้วิจัยจะขออนุญาตบันทึกวีดีโอใต้น้ำของผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อนำมาตรวจสอบความถูกต้องของการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ เพื่อที่ในครั้งถัดไปผู้วิจัยจะทำการแจ้งผู้เข้าร่วมวิจัยถึงการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำที่จะต้องแก้ไข สำหรับการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำจะใช้ระดับน้ำใน*ระดับหน้าอก* ของแต่ละผู้เข้าร่วมวิจัย เนื่องจากระดับน้ำระดับนี้ส่งผลต่อการเพิ่มการไหลเวียนเลือดที่สมอง และการ



เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

เคลื่อนไหวของร่างกายไม่ยากจนเกินไป ใช้ระยะเวลาการฝึกซ้อม 20 นาทีต่อครั้ง ทดลองการเดินนอร์ดิกในน้ำอย่างน้อย 2 ครั้ง

3) การอบอุ่นร่างกายบกบก ใช้เวลา 5 นาที

อาสาสมัครทำการอบอุ่นร่างกายด้วยท่าการเคลื่อนไหวร่างกายดังต่อไปนี้

*3.1)* ท่าบริหารกล้ามเนื้อแขน หัวไหล่ และต้นขา (ดังแสดงในรูปที่ 6) ผู้เข้าร่วมวิจัยถือไม้เท้าโดยให้แขนขวาเหยียดออกไปด้านหน้าและแขนซ้ายเหยียดออกไปด้านหลัง จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยงอเข่าพร้อมทั้งกางแขนซ้ายไปด้านหน้าและดึงแขนขวาไปทางด้านหลัง จากนั้นเข่าเหยียดตึงและแขนเหวี่ยงสลับกลับมาจุดเริ่มต้น ทำทั้งหมด 10 ครั้ง

*3.2)* ท่าบริหารกล้ามเนื้อน่องและฝ่าเท้า (ดังแสดงในรูปที่ 7) เริ่มแรกผู้เข้าร่วมวิจัยจับไม้เท้า จากนั้นงอศอกประมาณ 90 องศา พร้อมทั้งวางไม้เท้าไปด้านหน้า โดยห่างจากปลายเท้าประมาณ 60 เซนติเมตร ต่อมายกส้นเท้าขึ้นจากพื้นให้ได้มากที่สุด แล้วกลับไปที่จุดเริ่มต้น ทำทั้งหมด 10 ครั้ง

*3.3)* ท่าบริหารกล้ามเนื้อหน้าอก (ดังแสดงรูปที่ 8) เริ่มแรกผู้เข้าร่วมวิจัยจับไม้เท้าและวางไม้ไปทางด้านหน้า พร้อมทั้งเอนลำตัวไปทางด้านหน้า จากนั้นผู้เข้าร่วมมวิจัยเอนตัวมาด้านหลังเพื่อยืนตัวตรงพร้อมทั้งกางแขนออกไปทางด้านข้างเพื่อบริหารกล้ามเนื้อหน้าอก จากนั้นกลับมาที่ท่าเริ่มต้น ทำทั้งหมด 10 ครั้ง

*3.4)* ท่าบริหารกล้ามเนื้อสะโพกและต้นขา (ดังแสดงในรูปที่ 9) เริ่มแรกผู้เข้าร่วมวิจัยยืนตัวตรง ปลายไม้เท้าวางห่างจากปลายเท้าประมาณ 4 ฟุต หรือ 120 เซนติเมตร ต่อมาผู้เข้าร่วมวิจัยก้าวขาข้างซ้ายมาด้านหน้า ส้นเท้าอยู่ระดับเดียวกับปลายไม้เท้า พร้อมทั้งงอเข่าทั้ง 2 ข้างลง หลังจากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยดันตัวขึ้นมายืนขาเดียว โดยให้ขาข้างซ้ายรับน้ำหนัก และก้าวขาขวาและไม้เท้าทั้ง 2 ข้างมาด้านหน้าพร้อมทั้งงอเข่าลง จากนั้นกลับสู่ท่าเริ่มต้น ทำทั้งหมด 10 ครั้ง

4) การอบอุ่นร่างกายด้วยการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ หลังจากที่ได้บริหารกล้ามเนื้อบนบกด้วยท่าบริหารทั้ง 4 ท่าบนบกแล้ว ผู้เข้าร่วมวิจัยอบอุ่นร่างกายด้วยการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ ที่มีระดับน้ำในระดับหน้าอกของแต่ละคน ระดับความหนัก 30% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (HRR) เป็นระยะเวลา 5 นาที *โดยผู้วิจัยจะมีเครื่องกำหนดจังหวะการก้าวเท้าให้ผู้เข้าร่วมวิจัยก้าวตามเสียง เช่น เสียงที่ 1 ให้ก้าวขาขวา เสียงที่ 2 ให้ก้าวขาซ้าย ทำแบบนี้ไปเรื่อย ๆ เพื่อควบคุมระดับความหนักให้ถึงเป้าหมายและคงที่ ถ้าอัตราการเต้นของหัวใจสำรองต่ำกว่า 30% ผู้วิจัยจะเพิ่มจังหวะการก้าวให้เร็วขึ้นตามเครื่องให้จังหวะ หรือถ้าอัตราการเต้นของหัวใจสำรองสูงกว่า 30% ผู้วิจัยจะลดจังหวะการก้าวเท้าลงตามเครื่องให้จังหวะ ในกรณีเมื่อเกิดความผิดปกติของอัตราการเต้นของหัวใจสำรองของผู้เข้าร่วมวิจัยขณะเดินมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าความหนักที่กำหนดให้ ทั้งที่ลดอัตราการก้าวแล้ว ผู้วิจัยจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหยุดเดิน และให้ขึ้นจากสระน้ำเพื่อมานั่งพักเป็นระยะเวลา 15 นาที ผู้วิจัยได้ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจตลอดการพัก ถ้าพบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยมีอัตราการเต้น*



เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

*ของหัวใจยังคงสูง ไม่มีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกับช่วงก่อนเดิน ผู้วิจัยจะทำการงดการออกกำลังกายในวันนี้ จากนั้นแจ้งเหตุผลของการงดการออกกำลังกายในครั้งนี้ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบ และนัดผู้เข้าร่วมวิจัยในการฝึกครั้งถัดไป* แต่ถ้าอัตราการเต้นของหัวใจลดลงใกล้เคียงกับก่อนเดิน ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเริ่มอบอุ่นร่างกายใหม่ ถ้าพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจยังคงสูงกว่า 30% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ผู้วิจัยจะให้หยุดการออกกำลังกายในวันนี้ จากนั้นผู้วิจัยแจ้งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยได้ทราบถึงเหตุผลของการงด และทำการนัดให้มาในครั้งถัดไปของการฝึก ผู้เข้าร่วมวิจัยขณะเดินจะสวมรองเท้าสำหรับเดินในน้ำ เพื่อป้องกันการลื่น และถุงมือสำหรับใช้ในน้ำ เพื่อป้องกันการเสียดสีจากเชือกของมือของไม้นอร์ดิก ดังแสดงในรูปที่ 10

รูปที่ 10 การเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ

5) การฝึกเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ สัปดาห์ที่ 1 – 6 ประกอบด้วยการฝึก ดังนี้

| | |
|---|---|
| ความหนักของการฝึก | มีอัตราการเต้นของหัวใจความหนักประมาณ 40 – 50 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (HRR) |
| ปริมาณการฝึก | ระยะเวลา 40 นาที |
| ปริมาณการอบอุ่นร่างกาย | ระยะเวลา 10 นาที |
| ปริมาณการคลายอุ่น | ระยะเวลา 20 นาที |
| ความถี่การฝึก | 3 ครั้งต่อสัปดาห์ |
| ความเร็วการเดินเฉลี่ย | 1.2 – 1.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง |

*การกำหนดความเร็วของการเดิน ผู้วิจัยจะติดตั้งความเร็วการให้จังหวะของเครื่องให้จังหวะการก้าวอยู่ที่ระหว่าง 40 – 55 ก้าวต่อนาที จะเท่ากับความเร็วการเดินเฉลี่ยที่ 1.2-1.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือเท่ากับอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง 40 – 50%*



เลขที่โครงการวิจัย 186.1 /64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

6) การฝึกเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ สัปดาห์ที่ 7 – 12 ประกอบด้วยการฝึก ดังนี้

| | |
|---|---|
| ความหนักของการฝึก | มีอัตราการเต้นของหัวใจความหนักประมาณ 50 – 60 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (HRR) |
| ปริมาณการฝึก | ระยะเวลา 40 นาที |
| ปริมาณการอบอุ่นร่างกาย | ระยะเวลา 10 นาที |
| ปริมาณการคลายอุ่น | ระยะเวลา 20 นาที |
| ความถี่การฝึก | 3 ครั้งต่อสัปดาห์ |
| ความเร็วการเดินเฉลี่ย | 1.4 – 1.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง |

*การกำหนดความเร็วของการเดิน ผู้วิจัยจะติดตั้งความเร็วการให้จังหวะของเครื่องให้จังหวะการก้าวอยู่ที่ระหว่าง 55 – 65 ก้าวต่อนาที จะเท่ากับความเร็วการเดินเฉลี่ยที่ 1.2-1.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือเท่ากับอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง 50 – 60%*

7) การคลายอุ่นร่างกายด้วยการเดินในน้ำ หลังจากที่ฝึกด้วยการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำเสร็จแล้ว ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินในน้ำแบบปกติ โดยไม่มีการควบคุมความหนัก เป็นระยะเวลา 10 นาที หลังจากนั้นอาสาสมัครขึ้นจากสระน้ำพร้อมทั้งยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยท่ายืดแบบพื้นฐานทั้งหมด 6 ท่า ยืดค้าง 15 วินาที ทำท่าละ 1 รอบ เป็นระยะเวลา 10 นาที ประกอบไปด้วยท่ายืด ได้แก่

- ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา ดังแสดงในรูปที่ 11
- ท่ายืดกล้ามเนื้อหลังขาและน่อง ดังแสดงในรูปที่ 12
- ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อกัน ดังแสดงในรูปที่ 13
- ท่ายืดกล้ามเนื้อหลัง ดังแสดงในรูปที่ 14
- ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้ออก ดังแสดงในรูปที่ 15
- ท่ายืดกล้ามเนื้อหัวไหล่ ดังแสดงในรูปที่ 16

**หมายเหตุ**

- ก่อนเริ่มการออกกำลังกาย *เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยมาถึงที่สระว่ายน้ำ ผู้วิจัยจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 10 นาที หลังจากพักเสร็จ ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว โดยผู้วิจัยเป็นผู้เจาะเลือดให้ เพื่อวัดระดับน้ำตาลว่ามีระดับน้ำตาลในเลือดต่ำหรือไม่ กำหนดค่าระดับน้ำตาลในเลือดที่สามารถออกกำลังกายได้ต้องมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อเดลซิลิตร ถ้าระดับน้ำตาลน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อเดลซิลิตร ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทานคาร์โบไฮเดตประมาณ 15 กรัม แล้ววัดระดับน้ำตาลใหม่ และหลังจากที่วัดระดับน้ำตาลในเลือดแล้ว ผู้วิจัยทำการวัดความดันโลหิตของผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อเป็นค่าตั้ง*

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

*ต้น ซึ่งถ้าพบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยมีความดันตัวบนต่ำกว่า 90 มิลลิเมตรปรอท และมีความดันโลหิตตัวล่างต่ำกว่า 60 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งเข้าเกณฑ์ความดันต่ำ ผู้วิจัยจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพักเป็นระยะเวลา 20 นาทีแล้วทำการวัดความดันโลหิตใหม่*

- ช่วงระหว่างการออกกำลังกายถ้าพบอาการระดับน้ำตาลต่ำ เช่น เวียนหัว กังวล เหงื่อออกง่าย ปวดหัว สายตาพร่ามัว ฉุนเฉียวง่าย ตัวสั่น หัวใจเต้นเร็ว อ่อนเพลีย หิวบ่อย ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหยุดการออกกำลังกายทันที และให้ทานน้ำหวานทันที

- ตลอดระยะเวลาการออกกำลังกายผู้วิจัยจะติดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar) เพื่อแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจตลอดช่วงของการออกกำลังกาย และในระหว่างการออกกำลังกาย *ในทุก ๆ 5 นาที ผู้วิจัยจะประเมินระดับความเหนื่อยและการล้าจากการให้ผู้เข้าร่วมวิจัยบอกตามระดับที่ตนเองรู้สึก โดยในระหว่างการออกกำลังกาย ถ้าผู้เข้าร่วมวิจัยรู้สึกว่าเหนื่อยเกินไปจนทำไม่ไหว ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถแจ้งผู้วิจัยได้ตลอด*

- หลังจากเสร็จสิ้นจากคลายอุ่น *ผู้วิจัยทำการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับน้ำตาลในเลือดจำนวน 2 ครั้ง ประกอบด้วย ครั้งที่ 1 หลังจากคลายอุ่นทันที ครั้งที่ 2 หลังจากคลายอุ่นแล้ว 10 นาที เพื่อป้องกันภาวะ น้ำตาลในเลือดต่ำที่เป็นผลมาจากการออกกำลังกาย และวัดความดันโลหิตจำนวน 3 ครั้ง ประกอบด้วย ครั้งที่ 1 หลังจากคลายอุ่นทันที ครั้งที่ 2 หลังจากคลายอุ่นแล้ว 5 นาที และครั้งที่ 3 หลังจากคลายอุ่นแล้ว 10 นาที เพื่อป้องกันภาวะความดันโลหิตต่ำที่เป็นผลมาจากการออกกำลังกาย หรือถ้าหลังจาก 10 นาทีแล้วพบว่าความดันโลหิตยังไม่กลับมาใกล้เคียงกับช่วงก่อนออกกำลังกาย ผู้วิจัยจะทำการวัดความดันโลหิตทุก 5 นาที จนกว่าความดันจะกลับมาใกล้เคียงปกติ และผู้วิจัยได้เตรียมอาหารว่างสำหรับหลังฝึกทุกครั้ง*

5. ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ แบบสอบถามการทดสอบเกี่ยวกับความจำ ค่าทางด้านสรีรวิทยา สมรรถภาพทางกาย ตัวอย่างเลือด และค่าการทำงานของหลอดเลือด ผู้วิจัยจะขออนุญาตบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมวิจัยจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวผู้เข้าร่วมวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน และจะดำเนินการทำลายข้อมูลตลอดจน*ทำลายวิดีโอที่ได้บันทึกขณะฝึกเดิน* อีกทั้งทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับท่านภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัยภายใน 1 ปี

6. อันตรายหรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในผู้เข้าร่วมวิจัย ดังนี้ การวิจัยครั้งนี้ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ในการเจาะเลือดอาจมีอาการเจ็บหรือเขียวช้ำเล็กน้อยบริเวณที่เจาะ *ผู้วิจัยจะนำเจลเย็นห่อกับผ้ามาประคบบริเวณที่เจาะประมาณ 3 นาที สามารถช่วยลดการเจ็บและเขียวช้ำได้* ขณะออกกำลังกายอาจจะเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ โดยอาจเป็นผลมาจากยาสำหรับเบาหวานที่ทานอยู่ การเตรียมความพร้อม คือ ผู้วิจัยทำการจดบันทึกชนิดของยาที่ผู้เข้าร่วมวิจัยทานอยู่เป็นประจำ จากนั้นนำข้อมูลยาเพื่อปรึกษากับแพทย์ที่เป็นผู้ดูแลรับผิดชอบผู้เข้าร่วมวิจัย *รวมถึงการขอร้องให้แจ้งว่ามีการเปลี่ยนยาที่รับประทานอยู่จากแพทย์เจ้าของคนไข้ในระหว่างการเก็บข้อมูล* เพื่อป้องกันหรือลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดอาการน้ำตาลในเลือดต่ำมากที่สุด และการใช้สระน้ำที่เป็นสาธารณะอาจจะเกิดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อโควิด 19 ได้ การเตรียมความพร้อม คือ ผู้วิจัยมีการตรวจโควิดด้วย ATK สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทั้งผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมวิจัย รวมทั้งได้มีการ



เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

สอบถามอาการของผู้เข้าร่วมวิจัยในทุก ๆ วัน *ความเสี่ยงที่เกิดจากการฝึกซ้อมการเดินด้วยไม้เท้าใน 2 วันแรก ผู้วิจัยอาจจะเกิดการสะดุดจนทำให้เกิดการเสี่ยงของการล้ม ซึ่งผู้วิจัยมีมาตรการจัดการความเสี่ยงของการล้ม คือ ในแต่ละวันก่อนเริ่มฝึกเดินผู้วิจัยทำการตรวจสอบพื้นที่บริเวณสระที่ใช้สำหรับการวิจัย ว่ามีก้อนหินหรือวัสดุที่ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการล้ม ผู้วิจัยได้นำก้อนหินหรือวัสดุนั้นออก และตรวจสอบจนแน่ใจว่าไม่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการล้ม อีกทั้งผู้วิจัยได้มีผู้ช่วยวิจัยตามประกบขณะฝึกเดินด้วยไม้เท้าบนบก เพื่อช่วยประคับประคองขณะเกิดการสะดุดได้* ช่วงระดับน้ำระดับหน้าอก มีความปลอดภัยจากน้ำเข้าจมูกหรือปาก ผู้วิจัยมีแว่นตาให้กับผู้เข้าร่วมวิจัย รวมถึงหน้ากากอนามัยสำหรับอาสาสมัครที่ต้องการ อีกทั้งผู้วิจัยใส่หน้ากากอนามัยตลอดระยะเวลาของการฝึก และรักษาระยะห่างผู้เข้าร่วมวิจัย *การฝึกเดินด้วยไม้เท้าในน้ำอาจจะเกิดอุบัติเหตุกับผู้เข้าร่วมวิจัยขณะฝึก เช่น มีอาการหน้ามืดจากภาวะน้ำตาลตกเฉียบพลัน ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความเสี่ยงการจมน้ำได้ ผู้วิจัยจัดการกับความเสี่ยงนี้โดยระหว่างการฝึกเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ มีผู้ช่วยวิจัยได้ดูแลผู้เข้าร่วมวิจัยที่ในน้ำ อีกทั้งผู้วิจัยได้สังเกตผู้เข้าร่วมวิจัยจากบนบกด้วย และมีเจ้าหน้าที่ของสระน้ำที่ผ่านการอบรมการช่วยเหลือในน้ำ (Lifeguard) คอยดูแลอยู่บนบก นอกจากนี้ผู้วิจัยได้มีการสอบถามผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับอาการที่เป็นผลมาจากน้ำตาลตกเฉียบพลันทุก ๆ 3 นาที เพื่อป้องกันความเสี่ยงของภาวะน้ำตาลตกเฉียบพลันขึ้น หรือมีภาวะหัวใจเต้นผิดปกติ ผู้วิจัยจะดำเนินการปฐมพยาบาลเบื้องต้น พร้อมทั้งติดต่อนายแพทย์ อนพัทย์ นิธิธรรมลักษณ์ ซึ่งเป็นแพทย์ของโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ เป็นผู้ดูแลผู้เข้าร่วมวิจัยตลอดการเก็บข้อมูล เพื่อขอคำแนะนำและการช่วยเหลือในการนำผู้เข้าร่วมวิจัยส่งโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ ได้ทันที* ท่านอาจรู้สึกอึดอัด หรืออาจรู้สึกไม่สบายใจอยู่บ้างกับบางคำถาม ท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่ตอบคำถามเหล่านั้นได้ รวมถึงท่านมีสิทธิ์ถอนตัวออกจากโครงการนี้เมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และการไม่เข้าร่วมวิจัยหรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อท่านแต่อย่างใด

7. ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นภาพรวม ผู้ที่มีสิทธิ์เข้าถึงข้อมูลของท่านจะมีเฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ และคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนเท่านั้น

8. การวิจัยครั้งนี้ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ และท่านจะไม่ได้รับค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับค่าชดเชยการสูญเสียรายได้ ดังนี้

1) ช่วงของการทดสอบ 2 ครั้งแรก ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับทั้งสิ้น 300 บาท

2) *กลุ่มการฝึกเดินแบบนอร์ดิกจะได้รับค่าชดเชยการสูญเสียรายได้ทุก 4 สัปดาห์ หรือทุกการฝึก 12 ครั้ง จะได้รับค่าชดเชยการสูญเสียรายได้ 1,000 บาทต่อ 4 สัปดาห์ ดังนั้นรวมการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ หรือ 36 ครั้ง ค่าชดเชยการสูญเสียรายได้จะได้รับทั้งสิ้น 3,000 บาท*

3) ช่วงของการทดสอบ 2 ครั้งสุดท้าย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับทั้งสิ้น 300 บาท

4) ผู้วิจัยมีรถรับ-ส่ง ผู้เข้าร่วมวิจัย สำหรับเดินทางไปทดสอบที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสระน้ำ Aquatic Rich Thailand

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

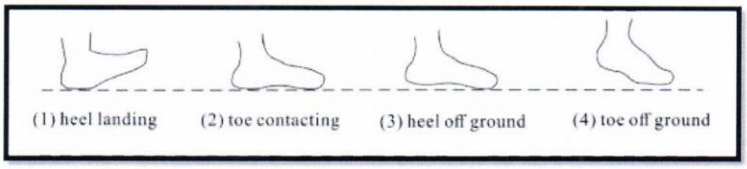
9. *ประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับ ผู้เข้าร่วมวิจัยจะทราบถึงผลการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำสามารถช่วยให้การทำงานของหลอดเลือดทั้งทางร่างกายและบริเวณสมอง สมรรถภาพร่างกาย ค่าเลือดต่าง ๆ และความสามารถด้านการจำดีขึ้นอย่างไร ช่วยให้โรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นอยู่ส่งผลดีขึ้นอย่างไร อีกทั้งผลของการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำส่งผลช่วยให้สามารถป้องกันภาวะสมองเสื่อมได้*

10. หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ โปรดสอบถามเพิ่มเติม โดยติดต่อกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว **เพื่อให้กลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยพิจารณาว่ายังสมัครใจจะมีส่วนร่วมในงานวิจัยต่อไปหรือไม่**

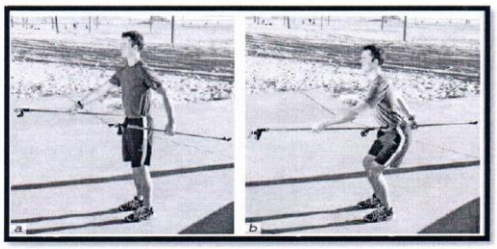
*11.* หากได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

ภาพประกอบกิจกรรม

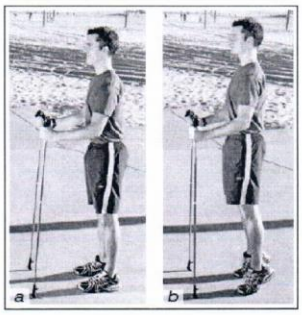



รูปที่ 5 รูปแบบการเดิน

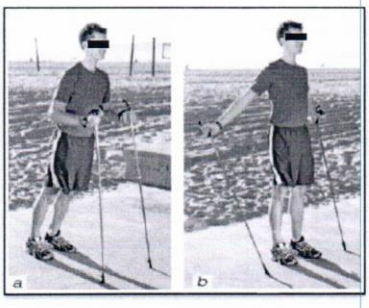


เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

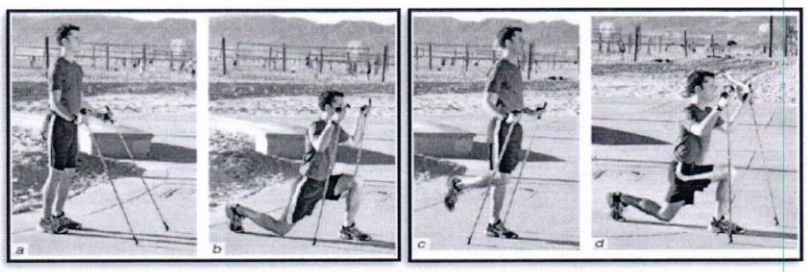
รูปที่ 6 แสดงท่าบริหารกล้ามเนื้อแขน หัวไหล่ และต้นขา



รูปที่ 7 แสดงท่าบบริหารกล้ามเนื้อน่องและฝ่าเท้า



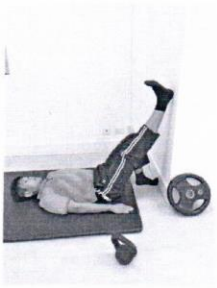
รูปที่ 8 แสดงท่าบริหารกล้ามเนื้อหน้าอก



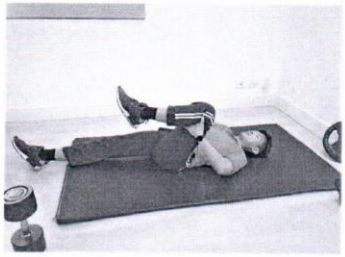
รูปที่ 9 แสดงท่าบริหารกล้ามเนื้อสะโพกและต้นขา

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

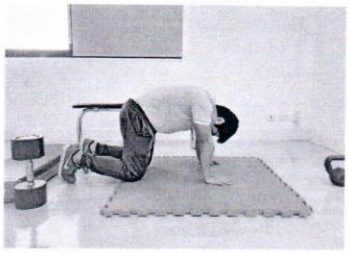
รูปที่ 11ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา



รูปที่ 12 ท่ายืดกล้ามเนื้อหลังขาและน่อง



รูปที่ 13 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อก้น



รูปที่ 14 ท่ายืดกล้ามเนื้อหลัง

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

AF 03-06

รูปที่ 15 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อออก



รูปที่ 16 ท่ายืดกล้ามเนื้อหัวไหล่



ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย **และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว จึงลงนามเข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ** และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

| | |
|---|---|
| ลงชื่อ..... | ลงชื่อ..... |
| (.....) | (.....) |
| ผู้วิจัยหลัก | ผู้เข้าร่วมการวิจัย |
| วันที่...../...../..... | วันที่...../...../..... |
| ลงชื่อ..... | ลงชื่อ..... |
| (.....) | (.....) |
| พยาน | พ่อ/แม่/ผู้ปกครอง/ผู้ดูแล (ถ้าต้องมี) |
| วันที่...../...../..... | วันที่...../...../..... |

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

ภาคผนวก ข

แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย

(Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q)

การออกกำลังนั้นเป็นประโยชน์สำหรับสุขภาพทางกายอย่างมาก ซึ่งมีการแนะนำให้คนส่วนใหญ่ออกกำลังกายด้วยความถี่ 5-7 วัน ระยะเวลาอย่างน้อย 30 นาทีต่อครั้ง ซึ่งแบบสอบถามนี้จะเป็นการประเมินความพร้อมก่อนที่คุณจะเริ่มออกกำลังกาย โดยการประเมินความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ ซึ่งถ้าคุณมีความเสี่ยง จะได้รับคำแนะนำจากหมอหรือผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายในการปฏิบัติตัวระหว่างออกกำลังกาย

โปรดอ่านหย่างละเอียดและตอบคำถามเหล่านี้ตามความเป็นจริงว่า มี/เคย หรือ ไม่มี/ไม่เคย ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

☐ เคย ☐ ไม่เคย 1. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่าน เคยบอกหรือไม่มาท่านมีความผิดปกติของหัวใจ และควรมีการออกกำลังกายภายใต้คำแนะนำของแพทย์

☐ เคย ☐ ไม่เคย 2. ท่านมีความรู้สึกเจ็บปวดหรือเน้นบริเวณหน้าอกในขณะที่ท่านออกกำลังกายหรือไม่?

☐ เคย ☐ ไม่เคย 3. ในรอบเดือนที่ผ่านมา ท่านเคยมีอาการเจ็บแน่นหน้าอกขณะที่อยู่เฉยๆ โดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่?

☐ เคย ☐ ไม่เคย 4. ท่านมีอาการสูญเสียการทรงตัว (ยืนหรือเดินเซ) เนื่องมาจากอาการวิงเวียนศีรษะหรือไม่? หรือท่านเคยหมดสติหรือไม่?

☐ เคย ☐ ไม่เคย 5. ท่านมีปัญหาเรื่องกระดูกหรือข้อ ซึ่งจะมีอาการแย่ลง ถ้าออกกำลังกายหรือไม่?

☐ เคย ☐ ไม่เคย 6. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่าน มีการสั่งยาโรคความดันโลหิตสูง หรือความผิดปกติของหัวใจของท่านหรือไม่?

☐ เคย ☐ ไม่เคย 7. เท่าที่ท่านทราบยังมีเหตุผลอื่นๆ อีก ที่ทำให้ท่านไม่สามารถออกกำลังกายได้หรือไม่?

ข้าพเจ้าได้อ่านแต่กรอกแบบสอบถาม PAR-Q ทุกคำถามด้วยความเต็มใจ

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมวิจัย วันที่...../...../.....

(.....)

ลายเซ็น.....ผู้ประเมิน วันที่...../...../.....

(.....)

แหล่งที่มา : ดรุณวรรณ สุขสม, 2561

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64

วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564

วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

Version 2.0

รหัส..... ภาคผนวก ค วันที่.....

**แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย**

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย✓ลงใน ☐ หน้าข้อความที่เลือกและเติมข้อมูลในช่องว่างให้ตรงกับความเป็นจริง

**หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป**

รหัส..... กลุ่มเลือด .....

วัน/เดือน/ปี (เกิด) ..... อายุ .....ปี ศาสนา .....

น้ำหนัก ..... กิโลกรัม ส่วนสูง ..... เซนติเมตร อาชีพ .....

ที่อยู่พักอาศัยปัจจุบัน: ☐ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

เพศ: ☐ เพศชาย ☐ เพศหญิง

โรคประจำตัว ..... Onset..... .....ปี..... .....เดือน

ภาวะแทรกซ้อน ☐ Neuropathy โปรดระบุ ..... ☐ Retinopathy โปรดระบุ .....

☐ Angiopathy โปรดระบุ ..... ☐ Nephropathy โปรดระบุ .....

☐ อื่น ๆ โปรดระบุ .....

**หมวดที่ 2 ข้อมูลสุขภาพ**

โรคประจำตัว ☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ

.....

**ใน 1 เดือนที่ผ่านมาท่านประเมินสุขภาพทั่วไปของท่านอย่างไรบ้าง**

☐ เยี่ยม ☐ ดีมาก ☐ ดี ☐ พอใช้ ☐ ต่ำ

| ประวัติสุขภาพในอดีต | | | ข้อมูลของคนในครอบครัว | | | ข้อมูลสุขภาพในปัจจุบัน | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| คุณเคยมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี | ญาติสายตรงมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี | คุณมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี |
| ความดันโลหิตสูง | | | หัวใจวาย | | | เจ็บแน่นหน้าอก | | |
| โรคหัวใจ | | | ความดันโลหิตสูง | | | หายใจติดขัด | | |
| โรคลิ้นหัวใจ | | | คอเลสเตอรอลสูง | | | ใจสั่น | | |
| โรคหลอดเลือดแดง | | | หลอดเลือดสมอง | | | หัวใจเต้นผิดจังหวะ | | |
| เส้นเลือดขอด | | | เบาหวาน | | | มีอาการไอเมื่อมีการ | | |
| โรคปอด | | | ผ่าตัดหัวใจ | | | เคลื่อนไหวร่างกาย | | |
| หอบหืด | | | โรคหัวใจแต่กำเนิด | | | ไอเป็นเลือด | | |
| โรคไต | | | เสียชีวิตก่อนวัย | | | เวียนศีรษะ | | |
| ตับอักเสบ | | | อาการป่วยอื่น ๆ | | | ปวดศีรษะบ่อย | | |

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64

วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564

วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

Version 2.0

| ประวัติสุขภาพในอดีต | | | ข้อมูลของคนในครอบครัว | | | ข้อมูลสุขภาพในปัจจุบัน | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| คุณเคยมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี | ญาติสายตรงมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี | คุณมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี |
| เบาหวาน | | | ..... | | | เป็นหวัดบ่อย | | |
| กระดูกเสื่อม | | | ..... | | | ปวดหลัง | | |
| | | | ..... | | | มีปัญหากระดูก | | |

**ท่านมีอาการบาดเจ็บทางร่างกายหรือไม่** ☐ ไม่มีอาการบาดเจ็บทางร่างกาย

☐ มีอาการบาดเจ็บทางร่างกาย โปรดระบุ

.....

**ช่วงระหว่าง 2 เดือนที่ผ่านมาท่านใช้ยาหรือไม่** ☐ ไม่ใช้ยา

☐ ใช้ยา โปรดระบุ

ยาที่ใช้.....สาเหตุที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้

.....

ยาที่ใช้.....สาเหตุที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้

.....

**ท่านใช้ฮอร์โมนเพศหรือไม่** ☐ ไม่ใช้

☐ ใช้ โปรดระบุ

ยาที่ใช้..... รูปแบบยา.....สาเหตุที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้

.....

ยาที่ใช้..... รูปแบบยา.....สาเหตุที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้

.....

**ปัจจุบันคุณสูบบุหรี่หรือไม่**

☐ ไม่สูบ

☐ สูบ ประมาณ.....มวน / วัน

☐ เคยสูบ สูบมานาน.....ปี แต่เลิกมาแล้ว.....ปี

**ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์หรือไม่**

☐ ไม่ดื่ม

☐ ดื่ม ระบุชนิด.....ประมาณ.....แก้ว / สัปดาห์

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64

วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564

วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

**ดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนหรือไม่**

☐ ไม่ดื่ม

☐ ดื่ม ระบุชนิด.....ประมาณ.....แก้ว / สัปดาห์

**หมวดที่ 3 พฤติกรรมการออกกำลังกายและการพักผ่อน**

| ข้อคำถาม | รายการคำตอบ |
|---|---|
| 1. หน้าที่การงานของท่านมีการเคลื่อนไหวแนวระดับใด | ☐ นั่งทำงาน ☐ ยืนและเดินบ้าง ☐ เคลื่อนไหวร่างกายเป็นประจำ ☐ มีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา |
| 2. ท่านนอนหลับวันละกี่ชั่วโมง | ☐ 1) 1-3 ชม. ☐ 2) 4-6 ชม. ☐ 3) 7-9 ชม. ☐ 4) 10-12 ชม. ☐ 5) 13 ชม. ขึ้นไป |
| 3. ท่านใช้เวลาว่างทำกิจกรรมใด | ☐ 1) ดูทีวี ☐ 2) อ่านหนังสือ/เขียนหนังสือ ☐ 3) เล่นกีฬา/ออกกำลังกาย ☐ 4) เลี้ยงสัตว์ ☐ 5) ปลูกต้นไม้ ☐ 7) พักผ่อน/นอนหลับ ☐ 8) เที่ยวกลางคืน ☐ 9) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |
| 4. ขณะนี้ท่านกำลังลดน้ำหนักตัวอยู่หรือไม่ | ☐ 1) ไม่ลดน้ำหนักตัว ☐ 2) กำลังลดน้ำหนักตัว ด้วยวิธี ☐ ออกกำลังกาย ☐ ควบคุมอาหาร ☐ ใช้ยาลดน้ำหนัก ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ ..... |
| 5. ใน 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬาหรือไม่ | ☐ 1) ออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา ☐ 2) ไม่ออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา เนื่องจาก ☐ ไม่สนใจ/ไม่ชอบ ☐ ไม่มีเวลา ☐ ไม่มีสถานที่ ☐ ไม่มีอุปกรณ์ ☐ ไม่มีผู้สนับสนุน ☐ ไม่มีเพื่อน ☐ เสียเวลาทำงาน ☐ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ☐ ไม่มีความรู้หรือเล่นไม่เป็น ☐ เคยได้รับบาดเจ็บจากการออกกำลังกาย/เล่นกีฬา ☐ อื่น ๆ ระบุ..... |
| 6. ท่านออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา เพื่อวัตถุประสงค์ใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | ☐ 1) เพื่อสุขภาพ ☐ 2) เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพ ☐ 3) เพื่อความสนุกสนาน ☐ 4) เพื่อการแข่งขัน ☐ 5) เพื่อแก้ไขความบกพร่องทางร่างกาย ☐ 6) เพื่อสังสรรค์สมาคม ☐ 7) เพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย ☐ 8) คลายความเครียด ☐ 9) คำแนะนำจากแพทย์ ☐ 10) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |
| 7. กิจกรรมใดที่ท่านเล่นและออกกำลังกายเป็นประจำ | ☐ 1) กายบริหาร ☐ 2) เต้นแอโรบิก ☐ 3) รำมวยจีน ☐ 4) โยคะ ☐ 5) เดิน วิ่ง/วิ่งเหยาะ ☐ 6) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |
| 8. ท่านออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา กี่ครั้งต่อสัปดาห์ | ☐ 1) 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ ☐ 2) 3-4 ครั้ง/สัปดาห์ ☐ 3) 4-5 ครั้ง/สัปดาห์ ☐ 4) 6-7 ครั้ง/สัปดาห์ |
| 9. ระยะเวลาที่ท่านออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา ในแต่ละครั้ง | ☐ 1) 1-15 นาที ☐ 2) 15-30 นาที ☐ 3) 31-45 นาที ☐ 4) 46-60 นาที ☐ 5) มากกว่า 60 นาที |
| 10. ระดับความหนักในการออกกำลังกายของท่านในแต่ละครั้ง | ☐ 1) ออกกำลังกายเบาไม่รู้สึกเหนื่อย ☐ 2) ออกกำลังกายจนรู้สึกเหนื่อยหรือเหงื่อออก ☐ 3) ออกกำลังกายจนเหนื่อยมากแต่ยังมีแรงเหลือ ☐ 4) ออกกำลังกายเหนื่อยมากจนหมดแรง |
| 11. ช่วงเวลาที่ท่านชอบออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬาประจำ | ☐ 1) 6.00-8.00 น. ☐ 2) 8.00-10.00 น. ☐ 3) 10.00-12.00 ☐ 4) 12.00-13.00 น. ☐ 5) 13.00-15.00 น. ☐ 6) 15.00-17.00 น. ☐ 7) 17.00-19.00 น. |

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64

วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564

วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

Version 2.0

| | |
|---|---|
| | ☐ 8) 19.00-21.00 น. 9) ☐ 8) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |
| 12. ท่านมีข้อปฏิบัติในการออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา ดังนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | ☐ 1) อบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนออกกำลังกาย<br>☐ 2) มีการผ่อนคลายให้หายเหนื่อยหลังออกกำลังกาย<br>☐ 3) แต่งกายให้เหมาะสม ☐ 4) ออกกำลังกายหลังรับประทานอาหารแล้วอย่างน้อย 2 ชม.<br>☐ 5) ใช้อุปกรณ์ป้องกันการบาดเจ็บ ☐ 6) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |
| 13. ท่านคิดว่าท่านได้อะไรจากการออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | ☐ 1) กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้น ☐ 2) รูปร่างดีขึ้น ☐ 3) ขะลอความเสื่อมของอวัยวะ<br>☐ 4) สมรรถภาพทางกายดีขึ้น ☐ 5) ขับถ่ายดีขึ้น ☐ 6) หัวใจ ปอด และหลอดเลือดดีขึ้น<br>☐ 7) นอนหลับได้ดีขึ้น ☐ 8) การทรงตัวดีขึ้น ☐ 9) สนุกสนานคลายเครียด<br>☐ 10) สังสรรค์ สมาคม ☐ 11) สดชื่นกระปรี้กระเปร่า ☐ 12) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |

**หมวดที่ 4 พฤติกรรมการบริโภคอาหาร**

| ข้อคำถาม | ไม่เคย | จำนวนครั้งใน 1 สัปดาห์ | | | จำนวนครั้งใน 1 เดือน | จำนวนครั้งใน 3 เดือน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1-2 | 3-4 | 5-7 | | |
| ท่านรับประทานข้าวซ้อมมือ ขนมปังโฮลวีท ธัญพืช หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งที่ไม่ได้ขัดสี | | | | | | |
| ท่านรับประทานผลไม้ที่มีรสไม่หวานจัดแทนการรับประทานขนมขบเคี้ยวอื่น ๆ | | | | | | |
| ท่านดื่มน้ำสะอาดแทนการดื่มน้ำผลไม้ น้ำหวาน หรือน้ำอัดลม | | | | | | |
| ท่านรับประทานอาหารผักสุกหรือผักสด | | | | | | |
| ท่านเลือกรับประทานเนื้อสัตว์เฉพาะเนื้อล้วน โดยเลาะไขมันที่เห็นออกทุกครั้ง | | | | | | |
| ท่านเติมเกลือ น้ำปลา ซอสปรุงรสในอาหาร | | | | | | |
| ท่านรับประทานอาหารที่มีกะทิเป็นองค์ประกอบ | | | | | | |
| ท่านใช้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร<br>โปรดระบุ .....<br>..... | | | | | | |

เลขที่โครงการวิจัย 186.1 /64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

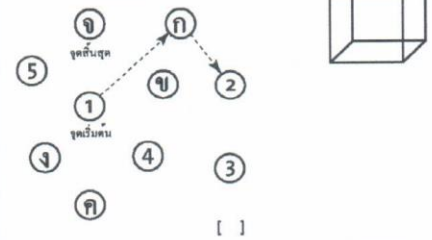
ภาคผนวก ง

แบบประเมินพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย Montreal Cognitive Assessment (MoCA-T)

**MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA)**

ชื่อ :
ระดับการศึกษา :
เพศ :
วันเดือนปีเกิด:
วันที่ทำการทดสอบ :

**VISUOSPATIAL / EXECUTIVE** — คะแนน



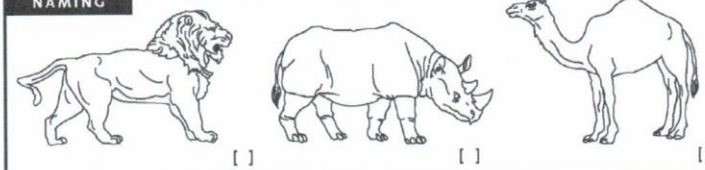

คัดลอก, ลูกบาศก์

[ ] [ ]

วาดหน้าปัดนาฬิกา บอกเวลาที่ 11.10 น. (3 คะแนน)

[ ] รูปร่าง [ ] ตัวเลข [ ] เข็ม /5

**NAMING**



[ ] [ ] [ ] /3

**MEMORY** อ่านชุดคำหุ่นนี้แล้วให้ผู้ทดสอบทวนซ้ำ ทดสอบ 2 ครั้ง และถามซ้ำอีกครั้งหลัง 5 นาที

| | หน้า | ค้ำไหม | วัด | มะลิ | สีแดง |
|---|---|---|---|---|---|
| ทวนครั้งที่ 1 | | | | | |
| ทวนครั้งที่ 2 | | | | | |

**ATTENTION**

อ่านตัวเลขต่อไปนี้ตามลำดับ (1 ตัว/วินาที) ให้ผู้ทดสอบทวนซ้ำตามลำดับ [ ] 2 1 8 5 4 /2

ผู้ทดสอบทวนซ้ำแบบย้อนลำดับ [ ] 7 4 2

อ่านออกเสียงตัวเลขต่อไปนี้ แล้วให้ผู้ทดสอบเคาะโต๊ะเมื่อได้ยินเสียงอ่านเลข " 1 " (ไม่มีคะแนนถ้าผิดเกิน 2 ครั้ง) /1

[ ] 5 2 1 3 9 4 1 1 8 0 6 2 1 5 1 9 4 5 1 1 1 4 1 9 0 5 1 1 2

เริ่มจาก 100 ลบไปเรื่อยๆทีละ 7 [ ] 93 [ ] 86 [ ] 79 [ ] 72 [ ] 65 /3

ลบถูก 4 หรือ 5 ตัว ได้ 3 คะแนน , 2 หรือ 3 ตัว ได้ 2 คะแนน , 1 ตัวได้ 1 คะแนน , 0 ตัว ไม่ได้คะแนน

**LANGUAGE**

Repeat : ฉันรู้ว่าจอมเป็นคนเดียวที่มาช่วยงานวันนี้ [ ] /2

แมวมักซ่อนตัวอยู่หลังเก้าอี้เมื่อมีหมาอยู่ในห้อง [ ]

Fluency / บอกคำที่ขึ้นต้นด้วยอักษร " ก " ให้มากที่สุดใน 1 นาที ก [ ] _____ (N ≥ 11 words) /1

**ABSTRACTION** บอกความเหมือนระหว่าง 2 สิ่ง เช่น กล้วย-ส้ม : เป็นผลไม้ [ ] รถไฟ - จักรยาน [ ] นาฬิกา - ไม้บรรทัด /2

**DELAYED RECALL**

| ให้ทวนชุดคำที่จำไว้ก่อนหน้านี้ โดยไม่มีการให้ตัวชวย | หน้า [ ] | ค้ำไหม [ ] | วัด [ ] | มะลิ [ ] | สีแดง [ ] | ให้คะแนนเฉพาะคำที่ทวนได้โดยไม่ให้ตัวชวย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Optional — Category cue | | | | | | |
| Optional — Multiple choice cue | | | | | | |

/5

**ORIENTATION** [ ] วันที่ [ ] เดือน [ ] ปี [ ] วัน [ ] สถานที่ [ ] จังหวัด /6

Translated by Solaphat Hemrungrojn MD
Trial version 01 Updated August 31, 2011
©Z Nasreddine MD
www.mocatest.org

ค่าปกติ ≥ 25/30

คะแนนรวม /30
เพิ่ม 1 คะแนน ถ้าจำนวนปีการศึกษา ≤ 6

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

Version 2.0

## ภาคผนวก จ

## แบบทดสอบสมรรถภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย

## (Mini-Mental State Examination Thai version; MMSE-T)

รหัส..... อายุ.....

ระดับทางการศึกษา ☐ ไม่ได้เรียน ☐ ประถมศึกษา ☐ สูงกว่าประถมศึกษา

ปัญหาด้านการสื่อสาร ☐ หู ☐ ตา ☐ อื่นๆ.....

**!!!ในกรณีที่ท่านอ่านหนังสือไม่ออกและเขียนไม่ได้ ให้ข้ามข้อ 4,9 และ 10**

1. Orientation for time ทดสอบการเรียนรู้เกี่ยวกับเวลาในปัจจุบัน (5 คะแนน)

ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน คะแนน

1.1 วันนี้ วันที่เท่าไร ..... .....

1.2 วันนี้ วันอะไร ..... .....

1.3 เดือนนี้ เดือนอะไร ..... .....

1.4 ปีนี้ ปีอะไร ..... .....

1.5 ฤดูนี้ ฤดูอะไร ..... .....

2. Orientation for place ทดสอบการรับรู้เกี่ยวกับที่อยู่ปัจจุบัน (5 คะแนน) (ให้เลือกคำตอบข้อใดข้อหนึ่ง)

ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน

1.1 กรณีอยู่ที่สถานพยาบาล

2.1.1 สถานที่ตรงนี้เรียกว่าอะไร และชื่อว่าอะไร ..... .....

2.1.2 ขณะนี้อยู่ที่ชั้นที่เท่าไรของตัวอาคาร ..... .....

2.1.3 ที่นี่อยู่ในอำเภออะไร เขตอะไร ..... .....

2.1.4 ที่นี่จังหวัดอะไร ..... .....

2.1.5 ที่นี่ภาคอะไร ..... .....

2.2 กรณีอยู่ที่บ้านของผู้ถูกทดสอบ

2.2.1 สถานที่ตรงนี้เรียกว่าอะไร เลขที่บ้านอะไร ..... .....

2.2.2 ที่นี่หมู่บ้าน (หรือระแวก/ถนน) อะไร ..... .....

2.2.3 ที่นี่อยู่ในอำเภอ หรือเขตอะไร ..... .....

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64

วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564

วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

2.2.4 ที่นี่จังหวัดอะไร ..... .....

2.2.5 ที่นี่ภาคอะไร ..... .....

3. Registration ทดสอบการบันทึกความจำโดยให้จำของ 3 อย่าง (3 คะแนน)

ต่อไปเป็นการทดสอบความจำ ผม(ดิฉัน) จะบอกชื่อของ 3 อย่าง จงตั้งใจฟังให้ดี เพราะจะบอกเพียงครั้งเดียว ไม่มีการบอกซ้ำอีก **จากนั้นพูดทบทวนให้ได้ยินอีก 3 ครั้ง** แล้วพยายามจำไว้ให้ดี เดี๋ยวผม(ดิฉัน) จะถามซ้ำ

การบอกชื่อแต่ละคำให้ห่างกันประมาณ 1 วินาที ต้องไม่ซ้ำหรือเร็วเกินไป (ตอบถูก 1 คำได้ 1 คะแนน)

☐ ดอกไม้ ☐ แม่น้ำ ☐ รถไฟ ..... .....

ในกรณีทำการทดสอบซ้ำภายใน 2 เดือน ให้ใช้คำว่า

☐ ต้นไม้ ☐ ทะเล ☐ รถยนต์ ..... .....

4. Attention/Calculation ทดสอบสมาธิโดยให้คิดเลขในใจ (5 คะแนน) **ให้เลือกทำข้อใดข้อหนึ่ง**

ข้อนี้เป็นการคิดเลขในใจเพื่อทดสอบสมาธิ คิดเลขในใจเป็นไหม?

ถ้าตอบว่าคิดเป็น ให้ทำข้อ 4.1 ถ้าตอบว่าคิดไม่เป็นให้ทำข้อ 4.2

4.1 "ข้อนี้คิดในใจเอา 100 ตั้ง ลบออกทีละ 7 ไปเรื่อย ๆ ได้ผลเท่าไรบอกมา"

100-7 =.....☐ 93-7 =.....☐ 86-7 =.....☐ 79-7 =.....☐ 72-7 =.....☐ .....

บันทึกคำตอบตัวเลขไว้ทุกครั้ง ทั้งคำตอบที่ถูกและผิด ทำทั้งหมด 5 ครั้ง

ถ้าลบได้ 1,2 หรือ 3 แล้วตอบไม่ได้ ก็คิดคะแนนเท่าที่ทำได้ ไม่ต้องย้ายไปทำข้อ 4.2

4.2 ผม (ดิฉัน) จะสะกดคำว่า "มะนาว" ให้ฟัง แล้วให้สะกดถอยหลังจากพยัญชนะตัวหลังมาตัวแรก คำว่า มะนาว สะกดว่า "มอม้า-สระอะ-นอหนู-สระอา-วอแหวน" ไหนลองสะกดถอยหลังให้ฟังซิ

.....☐ .....☐ .....☐ .....☐ .....☐

ว า น ะ ม

5. Recall ทดสอบความจำระยะสั้นของชื่อสิ่งของ 3 อย่าง ที่ให้จำไว้แล้ว (3 คะแนน)

"เมื่อสักครู่ที่ให้จำของ 3 อย่าง จำได้ไหมว่ามีอะไรบ้าง" (ตอบถูก 1 คำ ได้ 1 คะแนน)

☐ ดอกไม้ ☐ แม่น้ำ ☐ รถไฟ ..... .....

ในกรณีทำการทดสอบซ้ำภายใน 2 เดือน ให้ใช้คำว่า

☐ ต้นไม้ ☐ ทะเล ☐ รถยนต์ ..... .....

6. Naming ทดสอบการบอกชื่อสิ่งของที่ได้เห็น (2 คะแนน)

เลขที่โครงการวิจัย 186.1 /64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

6.1 ยื่นดินสอให้ผู้ถูกทดสอบดู และถามว่า “ของสิ่งนี้เรียกว่าอะไร” ..... .....

6.2 ชี้นาฬิกาข้อมือให้ผู้ถูกทดสอบดู และถามว่า “ของสิ่งนี้เรียกว่าอะไร” ..... .....

7. Repetition ทดสอบการพูดซ้ำที่ได้ยิน (พูดตามได้ถูกต้อง ได้ 1 คะแนน)

“ตั้งใจฟังผม(ดิฉัน) เมื่อผมพูดข้อความนี้แล้ว ให้พูดตาม ผมจะบอกเพียงเที่ยวเดียว”

“ใครใคร่ขายไก่ไข่” ..... .....

8. Verbal command ทดสอบความเข้าใจและทำตามคำสั่ง (3คะแนน)

“ฟังให้ดีนะ เดี๋ยวผมจะส่งกระดาษให้ แล้วให้

**รับด้วยมือขวา พับครึ่งด้วยทั้ง 2 มือ แล้ววางไว้.....(พื้น, โต๊ะ, เตียง)**

ผู้ทดสอบแสดงกระดาษ A4 ไม่มีรอยพับให้ผู้ถูกทดสอบ

☐ รับด้วยมือขวา ☐ พับครึ่ง ☐ วางไว้ที่ (พื้น, โต๊ะ,เตียง) .....

9. Written command ทดสอบการอ่าน การเข้าใจความหมาย สามารถทำได้ (1 คะแนน)

ต่อไปนี้เป็นคำสั่งที่เขียนด้วยตัวหนังสือ ต้องการให้อ่าน จากนั้นทำตาม จะอ่านออกเสียง หรือทำตามก็ได้

“ผู้ทดสอบแสดงกระดาษแล้วเขียนว่า “หลับตา” ☐ หลับตาได้ ..... .....

10. Writing ทดสอบการเขียนภาษาอย่างมีความหมาย (1 คะแนน)

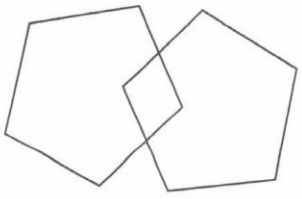
ข้อนี้เป็นคำสั่ง “ให้เขียนข้อความอะไรก็ได้ ที่อ่านแล้วรู้เรื่องหรือมีความหมายมา 1 ประโยค

.....

☐ ประโยคมีความหมาย .....

11. Visuostruction ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ตา กับ มือ (1 คะแนน)

ข้อนี้เป็นคำสั่ง “จงวาดภาพให้เหมือนภาพตัวอย่าง” (ลงในที่วางด้านซ้ายของภาพ



เลขที่โครงการวิจัย 186.1 /64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

| |
|---|
| ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ.....นาที คะแนนรวม.....คะแนน<br><br>ลงชื่อผู้ทำการทดสอบ.....วัน.....เดือน.....ปี..... |

จุดตัด (Cut-Off point) สำหรับสงสัยสมองคะแนนที่ภาวะ

| ระดับการศึกษา | คะแนน | |
|---|---|---|
| | จุดตัด | เต็ม |
| ผู้สูงอายุปกติไม่ได้เรียนหนังสือ (อ่านไม่ออก เขียนไม่ได้) | ≤ 14 | 23 (ไม่ต้องทำข้อ 4,9,10) |
| ผู้สูงอายุปกติ เรียนระดับประถมศึกษา | ≤ 17 | 30 |
| ผู้สูงอายุปกติ เรียนระดับสูงกว่าประถมศึกษา | ≤ 22 | 30 |

เสื่อม

แหล่งที่มา : โรงพยาบาลศิริราช, 2536

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

ภาคผนวก ฑ

แบบทดสอบสมาธิภาษาไทย (Trail Making Test B Thai)

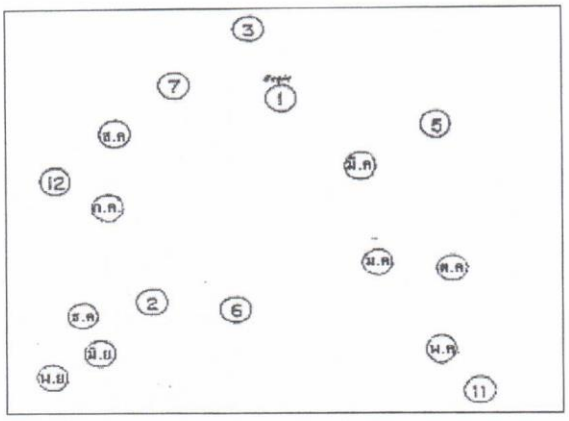
แบบทดสอบสมาธิภาษาไทย (TMT-B)

รหัสกลุ่มตัวอย่าง.....

วันที่ทำการทดสอบ ครั้งที่ 1..... วันที่ทำการทดสอบ ครั้งที่ 2.....

เวลาที่ทำได้ ครั้งที่ 1 ..... วินาที เวลาที่ทำได้ ครั้งที่ 2.....วินาที

ลงชื่อผู้ทำการทดสอบ.....




วิธีการทดสอบ

1. ผู้วิจัยชี้แจงผู้ถูกทดสอบว่าให้ใช้ดินสอลากเส้นโดยเรียงลำดับจากตัวเลขน้อยไปตัวอักษรลำดับแรก จากนั้นลากเส้นสลับตัวเลขที่เพิ่มขึ้นและตัวอักษรลำดับต่อไปให้เร็วที่สุดโดยไม่ยกมือ
2. ผู้ทำการทดสอบให้สัญญาณเริ่มพร้อมทั้งจับเวลาทันที
3. ผู้ถูกทดสอบเริ่มใช้ดินสอลากตามคำชี้แจงก่อนหน้า
4. เมื่อผู้ถูกทดสอบทำการลากเส้นถึงตัวสุดท้ายแล้ว ให้ทำการหยุดเวลา และบันทึกเวลา

แหล่งที่มา พัชราพร ชมภูคำ และคณะ (2550)

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

Version 2.0

AF 03-06

## ข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก

## (Participant Information Sheet)

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

Effects of Nordic Walking in Water on Cerebrovascular Function and Cognitive Impairment in Elderly with type 2 diabetes

ชื่อผู้วิจัยหลัก นายธวัชชัย พลอยแดง ตำแหน่ง นิสิตปริญญาดุษฎีบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก : ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ศาสตราจารย์ ดร.นพ.วีรพันธุ์ โชควัฒนกิจ และ ศาสตราจารย์ ดร.ฮิโรฟุมิ ทานากะ

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนน พระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

(ที่บ้าน) 70/38 ซอยประชาอุทิศ 74/1 ถนน ประชาอุทิศ เขต ทุ่งครุ กทม 10140

โทรศัพท์มือถือ 094-359-6145 อีเมล tum_krung@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ ท่านสามารถสอบถามได้ หากถ้อยความใดไม่ชัดเจน หรือขอข้อมูลเพิ่มเติมได้

2. *โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมอง ความสามารถด้านการจำ สมรรถภาพทางกายและคุณภาพชีวิตในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2*

3. ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

เกณฑ์การรับเข้าร่วมวิจัย

1) ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิงที่มีอายุ 60 – 74 ปี
2) ได้รับการยืนยันจากแพทย์ว่าเป็นผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เป็นมานานระหว่าง 5-10 ปี
3) *ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำตาลสะสม (HbA1c) ระหว่าง 7% ถึง 9%*
4) *มีผลการทดสอบพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย คะแนนระหว่าง 18 – 24 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยนักจิตวิทยาคลินิกเป็นผู้ทดสอบ*
5) เป็นผู้ที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการล้ม โดยใช้การทดสอบความสามารถการเดินและกลับตัว 3 เมตร อยู่ในระยะเวลาที่ทำได้ 8 – 15 วินาที

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64

วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564

วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

6) ผู้เข้าร่วมวิจัยผ่านการทดสอบด้วยแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทดสอบ

7) ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่จำเป็นต้องว่ายน้ำได้ เนื่องจากระดับน้ำที่ใช้ในงานวิจัยนี้อยู่ที่ระดับหน้าอกของผู้เข้าร่วมวิจัย

8) ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับวัคซีนโควิด 19 ครบ 2 เข็ม

9) สามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้

10) ไม่เป็นโรคหรือมีความผิดปกติ ได้แก่ โรคหัวใจ โรคแทรกซ้อนทางตาที่เกิดจากเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ โรคแทรกซ้อนทางระบบประสาทขั้นรุนแรงที่เกิดจากเบาหวาน โรคแทรกซ้อนทางไตที่เกิดจากเบาหวาน และโรคหลอดเลือดสมอง

11) ไม่ได้รับประทานอาหารเสริมที่มีผลต่อการพัฒนาระบบประสาท เช่น อาหารเสริมวิตามินบี 12 โอเมก้า 3 (Omega 3) กาบ้า (Gaba) พรมมิ (Brammi) กัญชา (Cannabis) แปะก๊วย (Ginkgo) เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 เดือน

12) ไม่ได้รับบาดเจ็บบริเวณขาข้างใดข้างหนึ่ง หรือทั้ง 2 ข้าง

13) ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสูงอย่างน้อย 155 เซนติเมตร

14) ไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร การมองเห็น หรือการได้ยิน โดยได้รับการประเมินจากแพทย์

15) ไม่เคยออกกำลังกายในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา ซึ่งการออกกำลังกายหมายถึง การทำกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างต่อเนื่อง เช่น การเดินเร็ว การปั่นจักรยาน การวิ่ง การว่ายน้ำ เป็นระยะเวลามากกว่า 15 นาที และรู้สึกเหนื่อย ความถี่ ตั้งแต่ 2 ครั้ง เป็นต้นไป

เกณฑ์การถอนผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากโครงการวิจัย

1) มีอาการปวด หรือ ชา หรือ ไม่สบายในขณะเข้าร่วมงานวิจัย

2) เข้ารับการฝึกน้อยกว่า 80% (ขาดเกิน 7 ครั้ง) ของทั้งหมด 36 ครั้ง

3) ไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อ

4) รับประทานเครื่องดื่ม ได้แก่ ชา กาแฟ หรือ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน และแอลกอฮอล์ ระหว่างการศึกษาวิจัย โดยผู้วิจัยจะสอบถามแต่ละวัน

5) รับประทานอาหารเสริมที่มีผลต่อการพัฒนาระบบประสาท เช่น อาหารเสริมวิตามินบี 12 โอเมก้า 3 กาบ้า พรมมิ กัญชา แปะก๊วย ระหว่างการศึกษาวิจัย โดยผู้วิจัยจะสอบถามผู้เข้าร่วมวิจัยในแต่ละวัน

6) มีแผลตามบริเวณร่างกายทั้งที่แขนและขาระหว่างการศึกษาวิจัย

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสิ้น 36 คน เมื่อได้ผู้เข้าร่วมวิจัยครบแล้ว ทำการแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 18 คน *ด้วยวิธีการจับฉลาก* หากทำการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการจับสลากแล้ว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่สามารถเปลี่ยนกลุ่มได้ แต่หากผู้เข้าร่วมวิจัยสนใจฝึกในรูปแบบการฝึกกลุ่มอื่น ทางผู้วิจัยยินดีที่จะให้ความรู้และคำแนะนำในการฝึกปฏิบัติจนสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองหลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย

กลุ่มที่ 1 กลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานที่มีภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่ฝึกด้วยการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำ

กลุ่มที่ 2 กลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานที่มีภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องเล็กน้อยที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก

*โดยกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ให้รับประทานยาได้ตามปกติตามแพทย์สั่ง โดยไม่ต้องหยุดยาขณะเข้าร่วมวิจัย*

4. *หากท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะทำการนัดหมายผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับการตรวจร่างกาย และการทดสอบสมรรถภาพร่างกายก่อนฝึกตามโปรแกรมการออกกำลังกาย และหลังเสร็จสิ้นการฝึกตามโปรแกรมการออกกำลังกาย โดยผู้วิจัยจะแบ่งการทดสอบเป็น 2 วัน ในวันที่ 1 ผู้วิจัยนัดผู้เข้าร่วมวิจัยที่ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ เวลา 07.00 น. เพื่อผู้วิจัยพาผู้เข้าร่วมวิจัยไปที่ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเก็บข้อมูลแต่ละสถานี ได้แก่ สถานีเจาะเลือด ใช้ระยะเวลา 10 นาที นักเทคนิคการแพทย์เป็นผู้เจาะเลือด สถานีประเมินทางด้านสรีรวิทยา ใช้ระยะเวลา 15 นาที และสถานีประเมินการทำงานของหลอดเลือด ใช้ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินทั้ง 2 สถานี ซึ่งแต่ละสถานีจะมีการให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพัก 10 นาที ในวันที่ 2 ผู้วิจัยนัดผู้เข้าร่วมวิจัย ณ ห้องกิจกรรม คลินิกผู้สูงอายุ กลุ่มงานเวชศาสตร์ชุมชนและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ ที่ควบคุมอุณภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส เวลา 08.00 น. เพื่อเก็บข้อมูลตามลำดับสถานี ได้แก่ สถานีการทำงานของสมอง มีนักจิตวิทยาเป็นผู้ประเมิน ใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และสถานีทดสอบสมรรถภาพทางกาย ผู้วิจัยเป็นผู้ทดสอบ โดยอยู่ในการดูแลของแพทย์และพยาบาล ใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมงครึ่ง โดยแต่ละสถานีผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพัก 10 นาที*

**วันที่ 1 ของการทดสอบ**

*1)* ก่อนวันทดสอบ ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยงดน้ำและอาหารเป็นระยะเวลา 10 – 12 ชั่วโมง แต่สามารถดื่มน้ำเปล่าได้ ในวันรุ่งขึ้นเมื่ออาสาสมัครมาถึง ณ ห้องปฏิบัติการ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยทำการตรวจโควิดด้วยชุดตรวจโควิด Antigen test kit ก่อนเข้ารับการเจาะเลือด ตามมาตรการป้องกันโควิด 19 กำหนดให้ผู้วิจัยเข้ารับการเจาะเลือดในเวลา 08.00 น. *ใช้เวลาทั้งสิ้น 10 นาที ในการเจาะเลือดปริมาณ 3 ช้อนชา ด้วยนักเทคนิคการแพทย์ เพื่อวิเคราะห์สารชีวเคมีในเลือด โดยหลังจากเจาะเลือดแล้วผู้วิจัยอาจจะมีการปวดบริเวณที่เจาะ ซึ่งผู้วิจัยมีเจลเย็นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยประคบ ซึ่งประคบประมาณ 15 นาที อาการปวดก็จะทุเลาลง ค่าการวิเคราะห์จากเลือดที่ได้ประกอบด้วย*

- *ระดับน้ำตาลในเลือด*
- *ระดับไขมันในเลือด*



เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

- *ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว*
- *ปริมาณเกร็ดเลือด*
- *สารที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบของร่างกาย*
- *ปริมาณอินซูลิน*
- *สารที่เกี่ยวข้องกับความจำ*
- *สารที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหลอดเลือด*

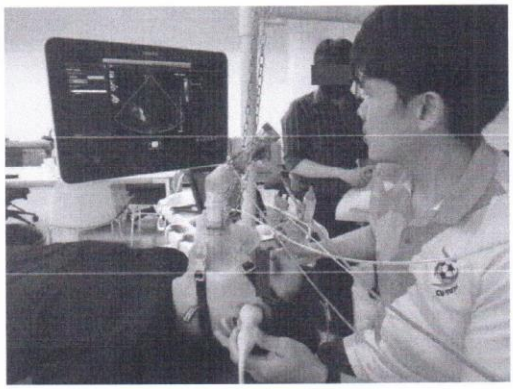
2) *ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยรับประทานอาหารที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้แล้ว*และพักผ่อน รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง จากนั้นนัดหมายมาเจอที่ห้องปฏิบัติการ แขนงสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ผู้เข้าร่วมวิจัยประเมินดัชนีมวลกายและองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่อง dual-energy x-ray absorptiometry หรือ DEXA ด้วยผู้วิจัยเป็นผู้ประเมิน ใช้ระยะเวลา 15 นาที

4) จากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก 15 นาที จากนั้น*ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งเฉยๆ โดยผู้วิจัยจะทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะพักของผู้เข้าร่วมวิจัยด้วยเครื่องวัดความดัน*

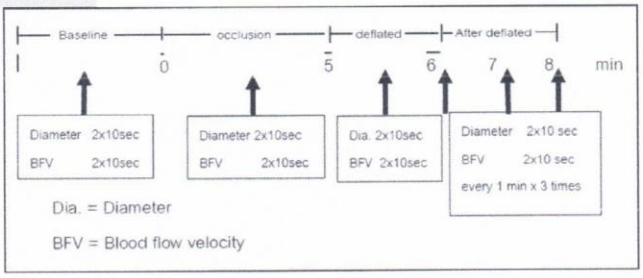
*5) จากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนบนเตียงเพื่อทำการวัดความสามารถของหลอดเลือดสมองด้วยการให้หายใจรับแก๊สคาร์บอนไดออกส์ที่มีปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยสวมใส่เสื้อมีแขนและกางเกงขาสั้นหรือขายาวก็ได้ จากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงายบนเตียง ผู้วิจัยทำการติดตั้งหน้ากากที่มีสายสำหรับบันทึกอากาศเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ และมีสายที่ต่อกับถังแก๊สที่มีคาร์บอนไดออกไซส์ผสมอยู่ต่อเข้ากับหน้ากาก จากนั้นผู้วิจัยทำการติดปลอกแขนสำหรับวัดความดันไว้ที่แขนข้างซ้าย เพื่อทำการวัดความดันในแต่ละช่วง เมื่อเริ่มทำการประเมิน ผู้วิจัยใช้หัวตรวจอัลตราซาวด์ วางบนตรงขมับข้างซ้ายเพื่อทำการฉายภาพหลอดเลือดสมอง ดังแสดงในรูปที่ 1 ก่อนที่จะเริ่มวัด ผู้วิจัยจะอธิบายถึงการวัด ว่าจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 คือ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจตามปกติเป็นระยะเวลา 3 นาที สภาวะที่ 2 คือ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเร็ว ด้วยความถี่ 1 ครั้งต่อ 1 วินาที เป็นระยะเวลา 1 นาที ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยหลังจากที่หายใจครบ 1 นาที แล้ว อาจจะรู้สึกหน้ามืด แต่ไม่เป็นอันตรายแต่อย่างไร โดยให้นอนพัก 5 นาที แล้วอาการหน้ามืดก็จะหาย ผู้วิจัยจะมีเครื่องกำหนดความเร็วไว้ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจตาม และสภาวะที่ 3 คือ ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจตามปกติ แต่ผู้วิจัยจะเปิดถังแก๊สที่มีส่วนผสมของคาร์บอนไดออกไซส์ผสมอยู่ในปริมาณที่ไม่เป็นอันตราย โดยให้หายใจเป็นระยะเวลา 3 นาที หลังจากที่หายใจครบ 3 นาทีแล้ว อาจจะมีอาการมึน ซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างไร โดยผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนพักจนกว่าจะกลับมาเป็นปกติ ใช้ระยะเวลาการทดสอบ 30 นาที*

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565



รูปที่ 1 แสดงการวัดการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity)

6) *หลังจากผู้วิจัยพักจนไม่มีอาการใดเกิดขึ้นแล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถเข้าห้องน้ำได้ หลังจากที่ผู้เข้าร่วมวิจัยหลับมาจากห้องน้ำแล้ว ผู้วิจัยทำการวัดประสิทธิภาพของหลอดเลือดที่แขนเมื่อมีการปิดกั้นไม่ให้เลือดไหลเป็นระยะเวลาหนึ่ง ทำการวัดที่แขนข้างซ้าย ซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างใด ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงายบนเตียง จากนั้นผู้วิจัยบำที่รองแขนไม่ให้สามารถขยับแขนได้ จากนั้นผู้วิจัยใช้ผ้าชนิดเดียวกับที่ใช้วัดความดันที่ต่อเข้ากับเครื่องให้แรงดัน สวมเข้าไปยังแขนท่อนล่าง จากนั้นผู้วิจัยใช้หัวอัลตราซาวน์วางบนข้อพับตรงหลอดเลือดแดงใหญ่ จากนั้นผู้วิจัยทำการวัดประสิทธิภาพการไหลของหลอดเลือดเริ่มต้น ใช้ระยะเวลาในการวัด 1 นาที จากนั้นผู้วิจัยทำการเพิ่มแรงดันของผ้าที่รัดแขนท่อนล่าง เพื่อไม่ให้เลือดไหลเวียน เป็นเวลา 5 นาที โดยระหว่างที่ปิดกั้นการไหลเวียนผู้เข้าร่วมวิจัยจะรู้สึกชาที่แขนซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างไร เมื่อปิดกั้นครบ 5 นาทีแล้ว ทำการปล่อยแรงดันออกจนหมด พร้อมทั้งวัดค่าการไหลเวียนของ เป็นอันเสร็จสิ้นสถานีการวัดนี้ โดยผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพักประมาณ 10 นาที จนไม่เกิดอาการชาที่แขนแล้ว ใช้ระยะเวลาการทดสอบ 30 นาที*






เลขที่โครงการวิจัย 186.1 /64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

รูปที่ 2 ขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพของหลอดเลือดที่แขน

*7) หลังจากที่ผู้เข้าร่วมวิจัยพักเป็นระยะเวลา 10 นาทีแล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงายยังเตียงที่มีเครื่องวัดความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้าทั้งด้านขวาและซ้าย เพื่อทำการวัดความแข็งตัวของหลอดเลือด โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนพักเป็นระยะเวลา 10 นาที จากนั้นจึงเริ่มวัด ผู้วิจัยทำการติดตั้งผ้าวัดความดันที่แขนและขาทั้ง 2 ข้าง จากนั้นติดเครื่องวัดสัญญาณชีพจรที่ข้อมือทั้ง 2 ข้าง และผู้วิจัยทำการวางเครื่องอ่านเสียงของหัวใจไว้ตรงบริเวณหน้าอกช่วงบนตรงกลาง ใกล้กับสะดูกไหปลาร้า จากนั้นผู้วิจัยทำการกดปุ่มที่เครื่องเพื่อเริ่มวัด โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะรู้สึกว่าผ้าที่รัดทั้งแขนและข้อเท้าค่อยๆบีบมากขึ้น ซึ่งนั้นหมายถึงว่ากำลังวัดความดันของหลอดเลือดอยู่ ซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างไร โดยใช้ระยะเวลาการวัดทั้งสิ้น 15 นาที ดังรูปที่ 3*

รูปที่ 3 การทดสอบความแข็งของหลอดเลือด

**วันที่ 2 ของการทดสอบ**

1) *ผู้วิจัยนัดหมายผู้เข้าร่วมวิจัยเวลา 09.00 น.* เพื่อทำการทดสอบ ณ ห้องกิจกรรม คลินิกผู้สูงอายุ กลุ่มงานเวชศาสตร์ชุมชนและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ โดยมีแพทย์และพยาบาลเป็นผู้ดูแลความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัยขณะทำการทดสอบ เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยมาถึง ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนักจิตวิทยาคลินิกเป็นผู้ประเมินความสามารถด้านการจำของผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่

*1.1) แบบประเมินแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย เป็นแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นที่ประกอบไปด้วย 11 หัวข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยจะมีนักจิตวิทยาคลินิกเป็นผู้ถามผู้เข้าร่วมวิจัย*

*1.2) แบบประเมินแบบสอบถามสมรรถนะตนเองด้านความจำ ประกอบด้วย 4 หมวด ได้แก่ หมวดการจำรายการซื้อของ หมวดการจำตำแหน่งสิ่งของ หมวดจำบุคคล หมวดจำเรื่องราว หมวดละ 5 ข้อ รวม 20 ข้อ ซึ่ง*



เลขที่โครงการวิจัย 186.1 /64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

*การประเมินนักจิตวิทยาคลินิกจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยระบุตนว่ามีความเชื่ออย่างไรว่าจะทำภารกิจแต่ละอย่างได้สำเร็จ โดยใช้การตอบเป็นมาตรา 0 – 100 เปอเซ็นต์*

*1.3) แบบประเมินแบบทดสอบสมองส่วนหน้า ใช้ประเมินการทำงานของความคิดและประสิทธิภาพของสมอง (cognitive functions) ร่วมกับการรับรู้ (perception) และความจำ โดยนักจิตวิทยาคลินิกจะเป็นผู้ประเมิน*

*1.4) แบบประเมินแบบทดสอบสมาธิฉบับภาษาไทย แบบทดสอบประกอบไปด้วยตัวเลข 1-13 และตัวย่อเดือนเป็นภาษาไทย ม.ค. - ธ.ค. รวมทั้งสิ้น 25 ตัว โดยตัวเลขและ/หรือตัวอักษะมีการเรียงแบบกระจายกันและเมื่อลากโยงเส้นเชื่อมต่อ เส้นที่ลากจะไม่ตัดกัน โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะเป็นผู้ทำแบบสอบถามนี้ โดยมีนักจิตวิทยาคลินิกเป็นผู้จับเวลาเป็นวินาที*

*จะใช้ระยะเวลาการประเมินความสามารถด้านการจำทั้งสิ้น 1 ชั่วโมง โดยจะเสร็จที่เวลา 10.00 น.*

2) ภายหลังจากที่ทำการประเมินความสามารถทางด้านการจำเสร็จแล้ว ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพักเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

3) เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยพักเสร็จ ผู้วิจัยเป็นผู้ทำการทดสอบผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับ*สมรรถภาพทางกาย* ตามลำดับต่อไปนี้

3.1) การทดสอบด้วยนั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมเตะปลายเท้า ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งเก้าที่เท้าสามารถสัมผัสพื้นและนั่งขอบเก้าอี้ ขาข้างไม่ถนัดให้วางฝ่าเท้าสัมผัสพื้น และเท้าข้างที่ถนัดเหยียดขาออก จากนั้นพับสะโพกแล้วเอื้อมนิ้วกลางของมือข้างเดียวกับขาที่เหยียดเอื้อมไปสัมผัสกับนิ้วกลางของปลายเท้าข้างที่เหยียดออก จากนั้นผู้วิจัยทำการวัดความห่างระหว่างนิ้วมือและนิ้วเท้า ถ้าสัมผัสกันหมายถึงมีระยะห่างเท่ากับศูนย์ จากนั้นเปลี่ยนข้าง

3.2) การทดสอบความอ่อนตัวของหัวไหล่ ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อบริเวณไหล่ สะบัก หน้าอก และ และแขน จากนั้นยืนตัวตรง ยกแขนขวาขึ้นเหนือไหล่ แล้วงอศอกลงด้านหลังในท่าคว่ำมือ โดยให้ฝ่ามือและนิ้วมือวางราบแตะลงบนหลัง จากนั้นกดลงไปด้านล่างให้ได้มากที่สุด ผู้เข้าร่วมวิจัยยกแขนซ้ายไปด้านหลังในท่าบิดแขนเข้าด้านใน แล้วงอข้อศอกพับขึ้นให้หลังมือวางแนบกับลำตัวด้านหลังยกขึ้นให้สูงที่สุด ผู้เข้าร่วมวิจัยเคลื่อนมือขวาและมือซ้ายเข้าหากันให้ได้มากที่สุด ทำค้างไว้ประมาณ 3 วินาที แล้วกลับสู่ท่าแขนปล่อยข้างลำตัว ทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง จากนั้นเปลี่ยนข้าง การประเมินจะวัดระยะห่างระหว่างปลายนิ้วกลางของมือบนกับส่วนปลายของกระดูกบริเวณข้อมือของมือล่าง

3.3) ลุกนั่ง ผู้วิจัยจะใช้เก้าอี้ที่ไม่มีพนักพิงแขน ความสูงพอที่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งแล้วเท้าสัมผัสพื้น เริ่มแรกให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งเก้าอี้ จากนั้นเมื่อเริ่มทดสอบให้ลุกขึ้นโดยที่มือทั้ง 2 จับบริเวณหัวไหล่ไขว้กัน จะจับเวลา 30 วินาที ลุก-นั่ง ให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุด *จากนั้นพัก 10 นาที เพื่อทำการทดสอบต่อไป*

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

3.4) งอแขน ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยถือลูกเหล็กข้างที่ถนัด สำหรับผู้หญิงจะใช้ 5 ปอนด์ และผู้ชายจะใช้ 8 ปอนด์ ผู้เข้าร่วมยกลูกเหล็กด้วยการงอแขนสุด และเหยียดแขนสุดนับเป็น 1 ครั้ง ผู้เข้าร่วมวิจัยทำให้ได้มากที่สุดภายใน 30 วินาที

3.5) การเดินและกลับตัว 3 เมตร เป็นการทดสอบการทรงตัวแบบเคลื่อนที่ ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งเก้าอี้ ฝ่าเท้าทั้งสองสัมผัสพื้น เมื่อเริ่มทดสอบ ผู้เข้าร่วมวิจัยลุกขึ้นและเดินไปยังเป้าหมายที่มีระยะห่างจากจุดเริ่มต้น 3 เมตร จากนั้นอ้อมเป้าหมายแล้วกลับมานั่งที่เดิม โดยผู้ทดสอบจะทำการจับเวลาตั้งแต่เริ่มจนถึงกลับมานั่ง *จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก 10 นาที เพื่อทำการทดสอบถัดไป*

3.6) การยกขาสูง 2 นาที (2-min step test) ผู้วิจัยหาความสูงในการยกเข่าสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนจะอยู่ที่จุดกึ่งกลางระหว่างเข่าและขอบบนของกระดูกสะโพก เมื่อผู้วิจัยให้คำสั่ง "เริ่ม" ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยกขาสูงอยู่กับที่ ให้ได้มากครั้งที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในเวลา 2 นาที ผู้วิจัยจะนับครั้งของการยกขาเมื่อยกเข่ามาถึงจุดที่กำหนดไว้เพียงเท่านั้น *จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก 30 นาที เพื่อทำการทดสอบถัดไป*

3.7) เดิน 6 นาที ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินด้วยความเร็วที่สามารถทำได้ เป็นระยะเวลา 6 นาที โดยลู่เดินที่ได้จัดเตรียมไว้ให้มีระยะทาง 15 เมตร *โดยผู้เข้าร่วมวิจัยเมื่อเดินไปจนสุดทางแล้ว ให้กลับตัวมายังจุดเริ่มต้นแล้วเดินกลับไปใหม่ ให้เดินแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบ 6 นาที*

*ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง โดยจะเสร็จ 12.00 น.*

*ผู้เข้าร่วมวิจัยอาจจะรู้สึกกล้ามเนื้อล้า ปวดกล้ามเนื้อ ซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างไร ผู้วิจัยทำการยืดกล้ามเนื้อ และให้พัก 1 วัน อาการก็จะดีขึ้น*

ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับผลการวิเคราะห์สมรรถภาพทางร่างกาย และค่าสารชีวเคมีในเลือดต่าง ๆ พร้อมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพและคำแนะนำในการปฏิบัติตัว แต่หากพบความผิดปกติ ผู้วิจัยจะแนะนำให้ปรึกษาแพทย์และบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไป

5. หลังจากนั้นผู้วิจัยจะนัดผู้เข้าร่วมวิจัยที่ คลินิกผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ เพื่อมาติดตาม สอบถามเกี่ยวการรักษาในปัจจุบัน การได้รับยา ว่ามีการเปลี่ยนไปจากเดิมหรือไม่ ในสัปดาห์ที่ 6

6. หลังจากครบ 12 สัปดาห์แล้ว ผู้วิจัยนัดผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อทดสอบเหมือนกับในครั้งแรก โดยแบ่งออกเป็น 2 วัน ในวันที่ 1 ผู้วิจัยจะนัดผู้เข้าร่วมวิจัยมาที่ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อทดสอบตามสถานีต่าง ๆ เช่นเดียวกับในครั้งแรกที่ได้ทดสอบ โดยนัดมาในเวลา 8 โมง ได้แก่

6.1) การเจาะเลือดเพื่อวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ ระดับน้ำตาลในเลือด ระดับไขมันในเลือด ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว ปริมาณเกร็ดเลือด สารที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบของร่างกาย ปริมาณอินซูลิน สารที่เกี่ยวข้องกับความจำ สารที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหลอดเลือด

6.2) การตรวจร่างกาย ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก

6.3) การประเมินความสามารถของหลอดเลือดทั้งที่สมองและแขน

7. ในวันที่ 2 ผู้วิจัยนัดผู้เข้าร่วมวิจัยมาที่ ห้องกิจกรรม คลินิกผู้สูงอายุ กลุ่มงานเวชศาสตร์ชุมชนและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุดินธโร อุทิศ ในเวลา 9 โมง โดยจะทดสอบดังสถานีต่อไปนี้

7.1) ประเมิณความสามารถทางด้านการจำ

7.2) ทดสอบสมรรถภาพทางกาย

หมายเหตุ

1. ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ แบบสอบถามการทดสอบเกี่ยวกับความจำ ค่าทางด้านสรีรวิทยา สมรรถภาพทางกาย ตัวอย่างเลือด และค่าการทำงานของหลอดเลือด ผู้วิจัยจะขออนุญาตบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมวิจัยจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวผู้เข้าร่วมวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน และจะดำเนินการทำลายข้อมูล อีกทั้งทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับท่านภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัยภายใน 1 ปี

2. อันตรายหรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในผู้เข้าร่วมวิจัย ดังนี้ การวิจัยครั้งนี้ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ในการเจาะเลือดอาจมีอาการเจ็บหรือเขียวช้ำเล็กน้อยบริเวณที่เจาะ *ผู้วิจัยจะนำเจลเย็นห่อกับผ้ามาประคบบริเวณที่เจาะประมาณ 3 นาที สามารถช่วยลดการเจ็บและเขียวช้ำ* ท่านอาจรู้สึกอึดอัด หรืออาจรู้สึกไม่สบายใจอยู่บ้างกับบางคำถาม ท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่ตอบคำถามเหล่านั้นได้ รวมถึงท่านมีสิทธิ์ถอนตัวออกจากโครงการนี้เมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และการไม่เข้าร่วมวิจัยหรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อท่านแต่อย่างใด

3. ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นภาพรวม ผู้ที่มีสิทธิ์เข้าถึงข้อมูลของท่านจะมีเฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ และคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนเท่านั้น

4. การวิจัยครั้งนี้ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ และท่านจะไม่ได้รับค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับค่าชดเชยการสูญเสียรายได้ ดังนี้

1) ช่วงของการทดสอบ 2 ครั้งแรก ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับทั้งสิ้น 300 บาท

2) กลุ่มไม่ออกกำลังกาย (กลุ่มควบคุม) จะได้รับค่าตอบแทน 200 บาท สำหรับครั้งที่ผู้วิจัยนัดเพื่อมาติดตาม (ช่วงสัปดาห์ที่ 6)

3) ช่วงของการทดสอบ 2 ครั้งสุดท้าย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับทั้งสิ้น 300 บาท

4) ผู้วิจัยมีรถรับ-ส่ง ผู้เข้าร่วมวิจัย สำหรับเดินทางไปทดสอบที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. *ประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับ ผู้เข้าร่วมวิจัยจะทราบถึงผลของค่าเลือดต่าง ๆ ประสิทธิภาพของหลอดเลือด*

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64

วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564

วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

*ความสามารถด้านการจำ และสมรรถภาพร่างกายของตนทั้งก่อนที่เข้าร่วมการวิจัยและหลังจากที่เข้าร่วมการวิจัยว่าการใช้ชีวิตประจำวัน ตามแผนการรักษาของแพทย์ใน 12 สัปดาห์ มีผลแตกต่างกันหรือไม่ รวมถึงผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับคำแนะนำการออกกำลังกายที่สามารถช่วยให้ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ภายหลังจากเสร็จสิ้นโครงการวิจัยแล้ว*

6. หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ โปรดสอบถามเพิ่มเติม โดยติดต่อกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว **เพื่อให้กลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยพิจารณาว่ายังสมัครใจจะมีส่วนร่วมในงานวิจัยต่อไปหรือไม่**

7. หากได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

AF 03-06

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว จึงลงนามเข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

| | |
|---|---|
| ลงชื่อ..... | ลงชื่อ..... |
| (.....) | (.....) |
| ผู้วิจัยหลัก | ผู้เข้าร่วมการวิจัย |
| วันที่...../...../..... | วันที่...../...../..... |
| ลงชื่อ..... | ลงชื่อ..... |
| (.....) | (.....) |
| พยาน | พ่อ/แม่/ผู้ปกครอง/ผู้ดูแล (ถ้าต้องมี) |
| วันที่...../...../..... | วันที่...../...../..... |

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

AF 03-06

## ข้อมูลสำหรับเข้าร่วมคัดกรอง

## (Participant Information Sheet)

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและภาวะพุทธิปัญญาบกพร่องในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

Effects of Nordic Walking in Water on Cerebrovascular Function and Cognitive Impairment in Elderly with type 2 diabetes

ชื่อผู้วิจัยหลัก นายธวัชชัย พลอยแดง ตำแหน่ง นิสิตปริญญาดุษฎีบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก : ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ศาสตราจารย์ ดร.นพ.วีรพันธุ์ โชวิฑูรกิจ และ ศาสตราจารย์ ดร.ฮิโรฟุมิ ทานากะ

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนน พระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

(ที่บ้าน) 70/38 ซอยประชาอุทิศ 74/1 ถนน ประชาอุทิศ เขต ทุ่งครุ กทม 10140

โทรศัพท์มือถือ 094-359-6145 อีเมล tum_krung@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมการคัดกรอง ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมการคัดกรอง มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ ท่านสามารถสอบถามได้ หากถ้อยความใดไม่ชัดเจน หรือข้อมูลเพิ่มเติมได้

2. โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของการเดินด้วยไม้เท้าในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมอง ความสามารถด้านการจำ สมรรถภาพทางกายและคุณภาพชีวิตในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

3. ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมการคัดกรองเนื่องจากท่านเป็นผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และมีความสนใจที่จะเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้

4. หากท่านตัดสินใจเข้าร่วมการคัดกรองแล้ว *ผู้วิจัยทำการขอประวัติผู้ป่วยผู้เข้าร่วมวิจัยจากเวชระเบียนผ่านทางคลินิกผู้สูงอายุ เพื่อตรวจสอบการรักษา การได้รับยาอินซูลิน และภาวะแทรกซ้อนที่แพทย์ได้วินิจฉัย (ประวัติผู้ป่วยที่ได้ขอจากเวชระเบียน ผู้วิจัยได้ทำการขออนุญาตผู้อำนวยการโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ ในการอนุญาตขอประวัติผู้ป่วยที่สนใจเข้าร่วมวิจัยผ่านทางเวชระเบียน โดยได้ทำบันทึกข้อความพร้อมกับขออนุญาตเข้าเก็บข้อมูลภายในโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ จังหวัด กรุงเทพมหานคร)* อีกทั้งชี้แจงและอธิบายข้อมูลการวิจัยตามเอกสารชี้แจงข้อมูลการวิจัย ให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัย ในประเด็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่จะได้รับจากการฝึกออกกำลังกายและการปฏิบัติตัวระหว่างช่วงที่เข้าร่วมการวิจัยให้กับผู้เข้าร่วมงานวิจัย ณ คลินิกผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64

วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564

วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

อุทิศ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะตอบข้อสงสัยจนผู้ที่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ และให้เวลาตัดสินใจโดยอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย และนัดหมายให้ผู้เข้าร่วมวิจัยแต่งกายด้วยชุดออกกำลังกายเข้าร่วม *การทดสอบโดยจะแบ่งเป็น 2 วัน ในวันที่ 1 ทดสอบ ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับวันที่ 2 ทดสอบ ณ ห้องกิจกรรมคลินิกผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ จังหวัดกรุงเทพมหานคร และการฝึกตามโปรแกรมออกกำลังกาย ณ สระว่ายน้ำ อะควอริช ไทยแลนด์ ที่อยู่ 5/199 หมู่บ้านวรารมย์สโมสรวรารมย์เฟส 15 ซอย 18 แขวงบางบอน เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร 10150 ซึ่งอยู่ห่างจากโรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ 2 กิโลเมตรโดยมีวิธีปฏิบัติ ดังนี้*

4.1 ทำการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ณ ห้องคลินิกผู้สูงอายุ กลุ่มงานเวชศาสตร์ชุมชนและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ *โดยมีแพทย์และพยาบาล* เป็นผู้ร่วมประเมินความผิดปกติขณะทำการคัดกรอง โดยมีอุปกรณ์ช่วยชีวิตเป็นเครื่องกระตุกหัวใจอัตโนมัติ (AED) ไว้ในยามฉุกเฉินหากตรวจพบความผิดปกติขณะทำการทดสอบ ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าของการวิจัย โดยจะแจ้งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยรับทราบ และแนะนำให้ไปพบแพทย์หรือบุคคลที่เกี่ยวข้องต่อไป ใช้ระยะเวลาในการคัดกรองประมาณ 1 ชั่วโมง รายละเอียดการคัดกรอง ดังนี้

1) *ผู้วิจัยสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับประวัติสุขภาพ ประกอบด้วย ประวัติสุขภาพในอดีต ประวัติการเจ็บป่วยของคนในครอบครัว และข้อมูลสุขภาพในปัจจุบัน เพิ่มเติมจากประวัติผู้ป่วยในเวชระเบียน*

2) *ผู้วิจัยสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับข้อมูลในแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย โดยมีแพทย์และพยาบาลเป็นพยาน*

3) *นักจิตวิทยาคลินิก ประจำคลินิกผู้สูงอายุ เป็นผู้ประเมินผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย หลังจากประเมินแล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพัก 10 นาที และผู้วิจัยทดสอบผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับความสามารถการเดินและกลับตัว 3 เมตร*

4) *แพทย์ประเมินผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับการฟัง การมองเห็น และการสื่อสาร*

หลังจากที่ผู้เข้าร่วมวิจัยได้ผ่านการคัดกรองเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยชี้แจงและอธิบายข้อมูลการวิจัยตามเอกสารชี้แจงข้อมูลการวิจัย ให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัย ในประเด็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่จะได้รับจากการฝึกออกกำลังกายและการปฏิบัติตัวระหว่างช่วงที่เข้าร่วมการวิจัยให้กับผู้เข้าร่วมงานวิจัย ณ คลินิกผู้สูงอายุ โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ ชุตินฺธโร อุทิศ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะตอบข้อสงสัยจนผู้ที่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้เวลาตัดสินใจโดยอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย และนัดหมายให้ผู้เข้าร่วมวิจัยแต่งกายด้วยชุดออกกำลังกายเข้าร่วมการวิจัย

5. *กรณีที่ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ผ่านการคัดกรอง ผู้วิจัยจะมีของที่ละลึกให้กับผู้เข้าร่วมวิจัยที่มาคัดกรอง เพื่อเป็นค่าตอบแทนการเสียสละเวลามาทำการคัดกรอง*

6. *ประโยชน์ของผู้เข้าร่วมวิจัยที่เข้าร่วมการคัดกรอง*

*6.1 ผู้เข้าร่วมการคัดกรองจะทราบระดับความจำของท่านว่ามีความเสี่ยงของการเกิดความจำเสื่อมหรือไม่ รวมทั้งท่านจะได้รับคำแนะนำการพัฒนาด้านความจำจากนักจิตวิทยาคลินิก สำหรับท่านที่ไม่ผ่านการคัดกรอง*

*6.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยได้ทราบความเสี่ยงของการล้มจากการทดสอบเดินและกลับตัว 3 เมตร ว่าท่านมีความเสี่ยงต่อการล้มหรือไม่ เพื่อให้ท่านระวังขณะเดิน ท่านจะได้รับคำแนะนำจากผู้วิจัยสำหรับการป้องกันการล้ม สำหรับท่านที่ไม่ผ่านการคัดกรอง*

*6.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้ทราบถึงความผิดปกติในด้านการมอง การฟัง และการสื่อสารของท่านมีความผิดปกติหรือไม่ ท่านจะได้รับคำแนะนำจากแพทย์ที่ประเมินว่าควรพบแพทย์เฉพาะทางหรือไม่ สำหรับท่านที่ไม่ผ่านการคัดกรอง*

5. หากได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

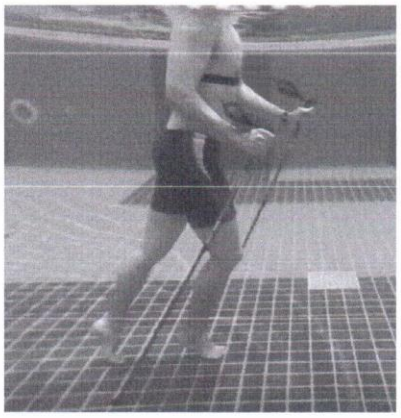
ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย **และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว จึงลงนามเข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ** และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

| | |
|---|---|
| ลงชื่อ..... | ลงชื่อ..... |
| (.....) | (.....) |
| ผู้วิจัยหลัก | ผู้เข้าร่วมการวิจัย |
| วันที่...../...../..... | วันที่...../...../..... |
| ลงชื่อ..... | ลงชื่อ..... |
| (.....) | (.....) |
| พยาน | พ่อ/แม่/ผู้ปกครอง/ผู้ดูแล (ถ้าต้องมี) |
| วันที่...../...../..... | วันที่...../...../..... |

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

## ขอเชิญชวนอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย

**เรื่อง "ผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ**
**ต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและภาวะพุทธิปัญญาบกพร่อง**
**ในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2"**



<u>คุณสมบัติดังต่อไปนี้</u>

- มีอายุระหว่าง 60 -74 ปี
- เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
- น้ำตาลสะสม 7% - 9%

<u>ประโยชน์ที่จะได้รับ</u>

- ได้รับการตรวจหลอดเลือด ทดสอบสมรรถภาพร่างกาย พุทธิปัญญา ทั้งก่อนเริ่มฝึก และหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัยสามารถสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่คลินิกผู้สูงอายุ
กลุ่มงานเวชศาสตร์ชุมชนและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ

**ติดต่อ นายกรณ์ นงค์กระโทก เบอร์โทรศัพท์ 095-5947000**

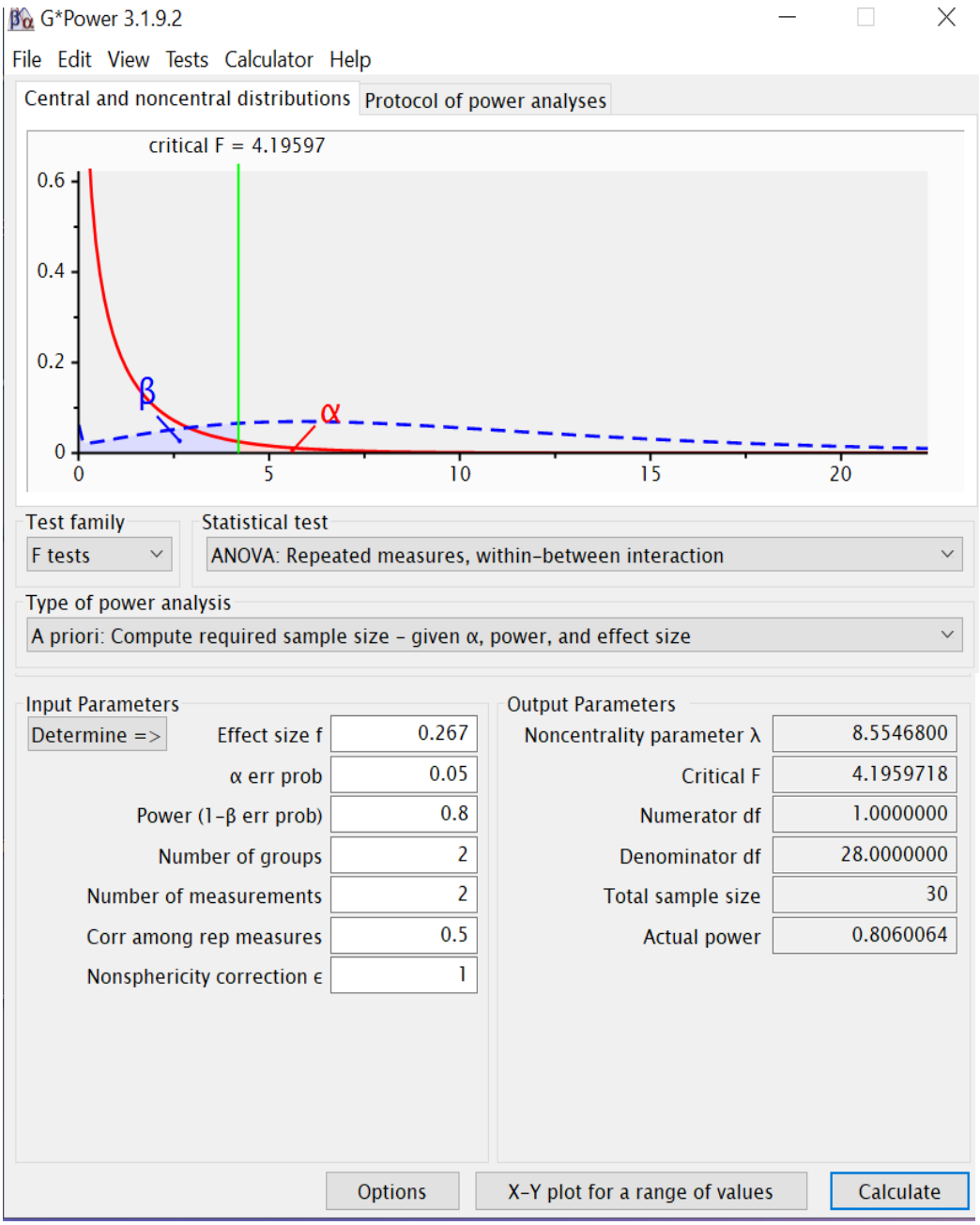
**ติดต่อ ธวัชชัย พลอยแดง เบอร์โทรศัพท์ 094-359-6145**

เลขที่โครงการวิจัย 186.1/64
วันที่รับรอง 23 พ.ย. 2564
วันหมดอายุ 22 พ.ย. 2565

Version 1.0

# ภาคผนวก ข

## การคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G Power



**ภาคผนวก ค**

**การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้ทรงคุณวุฒิ**

**<u>ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน</u>**

| | |
|---|---|
| รองศาสตราจารย์ นพ.สมพล สงวนรังศิริกุล | อาจารย์พิเศษภาควิชาสรีรวิทยา<br>คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

**<u>ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก</u>**

| | |
|---|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาส โพธิ์ทองสุนันท์ | ผู้อำนวยการคลินิกกายภาพบำบัดแม่ปิง<br>อดีตอาจารย์กายภาพบำบัด<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพงษ์ ชิดนอก | รองคณบดีฝ่ายบริหารและบริการวิชาการ<br>อาจารย์ประจำคณะสหเวชศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยนเศวร |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทิต มิตรานันท์ | อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา<br>คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 4. บุญฤทธิ์ ปิ่นทับทิม | กรรมการผู้จัดการ<br>บริษัท บุญฤทธิ์เทรนนิ่งเซ็นเตอร์ จำกัด<br>ผู้นำและผู้เชี่ยวชาญแอโรบิกในน้ำ |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**แบบตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ**

การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC)

**คำชี้แจง** ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อโปรแกรมการฝึกในโครงการวิจัยเรื่องผลของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำต่อการทำงานของหลอดเลือดสมองและ แบบประเมินพุทธิปัญญาบกพร่องในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

แบบประเมินฉบับนี้ใช้สำหรับท่านซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบว่าคำถามแต่ละข้อมีความตรงของเนื้อหาการวิจัยนี้หรือไม่ ตามเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่ามีความตรงของเนื้อหา

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความตรงของเนื้อหา

ให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าไม่มีความตรงของเนื้อหา

โดยใส่เครื่องหมาย (✓) ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

| **รายละเอียดของเนื้อหา** | **คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ** | | | **คะแนน IOC** |
|---|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 | |
| **1. ท่าทางการออกกำลังกาย** | | | | |
| 1.1 ท่าทางการออกกำลังกายทำได้ง่าย | 5 | | | 1 |
| 1.2 ท่าทางการออกกำลังกายน่าสนใจ | 5 | | | 1 |
| 1.3 ท่าทางการออกกำลังกายประกอบด้วยกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆ ในร่างกาย | 5 | | | 1 |
| 1.4 ท่าการออกกำลังกายมีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และมีความเสี่ยงน้อยต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนหรือการบาดเจ็บ | 5 | | | 1 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| รายละเอียดของเนื้อหา | คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | คะแนน IOC |
|---|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 | |
| **2. ขั้นตอนการออกกำลังกาย** | | | | |
| **ช่วงอบอุ่นร่างกาย (Warm up)** | | | | |
| 2.1 มีการเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำได้เป็นอย่างดี | 5 | | | 1 |
| 2.2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อและข้อต่อทำได้ครบทุกส่วนที่ใช้สำหรับการออกกำลังกาย | 4 | 1 | | 0.8 |
| 2.3 การอบอุ่นร่างกายโดยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่ความหนัก 30% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง มีความเหมาะสมดี | 5 | | | 1 |
| 2.4 ระยะเวลาการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที มีความเหมาะสม | 5 | | | 1 |
| **ช่วงออกกำลังกาย (Exercise)** | | | | |
| 2.5 ความหนักของการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำ (NWW) ดังนี้ | | | | |
| 2.5.1 ความหนักประมาณ 40 – 50 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ในสัปดาห์ที่ 1 – 6 มีความเหมาะสม | 5 | | | 1 |
| 2.5.2 ความหนักประมาณ 50 – 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ในสัปดาห์ที่ 7 – 12 มีความเหมาะสม | 5 | | | 1 |
| 2.5.3 ความถี่ของการออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ มีความเหมาะสม | 5 | | | 1 |
| | 5 | | | 1 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| รายละเอียดของเนื้อหา | คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | คะแนน IOC |
|---|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 | |
| 2.5.4 การออกกำลังด้วยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำมีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 | | | | |
| **ช่วงผ่อนคลาย (Cool down)** | | | | |
| 2.6 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อโดยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่ความหนัก 30% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง มีความเหมาะสมดี | 3 | 2 | | 0.6 |
| 2.7 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกกำลังกายจากการยืดใช้ทำได้ดี | 4<br>5 | 1 | | 0.8<br>1 |
| 2.8 การผ่อนคลายโดยการยืดกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำได้ดี | 4 | 1 | | 0.8 |
| 2.9 ระยะเวลาการผ่อนคลาย 10 นาที มีความเหมาะสม | | | | |
| 3. อุปกรณ์ “ไม้นอร์ดิก” | | | | |
| 3.1 สามารถใช้ในการออกกำลังกายได้ง่าย | 5 | | | 1 |
| 3.2 เกิดความเสี่ยงน้อยต่อการบาดเจ็บในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 | 5 | | | 1 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| รายละเอียดของเนื้อหา | คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | | | ค่า IOC | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1.1 ท่าทางการออกกำลังกายทำได้ง่าย | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 1.2 ท่าทางการออกกำลังกายน่าสนใจ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 1.3 ท่าทางการออกกำลังกายประกอบด้วยกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆ ในร่างกาย | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 1.4 ท่าการออกกำลังกายมีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และมีความเสี่ยงน้อยต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนหรือการบาดเจ็บ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 2.1 มีการเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำได้เป็นอย่างดี | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 2.2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อและข้อต่อทำได้ครบทุกส่วนที่ใช้สำหรับการออกกำลังกาย | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 2.3 การอบอุ่นร่างกายโดยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่ความหนัก 30% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง มีความเหมาะสมดี | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 2.4 ระยะเวลาการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที มีความเหมาะสม | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 2.5.1 ความหนักประมาณ 40 – 50 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ในสัปดาห์ที่ 1 – 6 มีความเหมาะสม | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 2.5.2 ความหนักประมาณ 50 – 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ในสัปดาห์ที่ 7 – 12 มีความเหมาะสม | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 2.5.3 ความถี่ของการออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ มีความเหมาะสม | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.5.4 การออกกำลังด้วยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำมีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 2.6 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อโดยการเดินแบบนอร์ดิกในน้ำที่ความหนัก 30% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง มีความเหมาะสมดี | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.6 | ใช้ได้ |
| 2.7 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกกำลังกายจากการยืดใช้ทำได้ดี | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 2.8 การผ่อนคลายโดยการยืดกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำได้ดี | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 2.9 ระยะเวลาการผ่อนคลาย 10 นาที มีความเหมาะสม | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.8 | ใช้ได้ |
| 3.1 สามารถใช้ในการออกกำลังกายได้ง่าย | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| 3.2 เกิดความเสี่ยงน้อยต่อการบาดเจ็บในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ใช้ได้ |
| **รวม** | | | | | | 0.94 | ใช้ได้ |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาคผนวก ง**

**แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย**

รหัส..... วันที่.....

**แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย**

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย✓ลงใน ☐ หน้าข้อความที่เลือกและเติมข้อมูลในช่องว่างให้ตรงกับความเป็นจริง

**หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป**

รหัส..... กลุ่มเลือด .....

วัน/เดือน/ปี (เกิด) ..... อายุ .....ปี ศาสนา .....

น้ำหนัก ..... กิโลกรัม ส่วนสูง ..... เซนติเมตร อาชีพ .....

ที่อยู่พักอาศัยปัจจุบัน: ☐ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

เพศ: ☐ เพศชาย ☐ เพศหญิง

โรคประจำตัว ..... Onset..... .....ปี..... .....เดือน

ภาวะแทรกซ้อน ☐ Neuropathy โปรดระบุ ..... ☐ Retinopathy โปรดระบุ .....

☐ Angiopathy โปรดระบุ ..... ☐ Nephropathy โปรดระบุ .....

☐ อื่น ๆ โปรดระบุ .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**หมวดที่ 2 ข้อมูลสุขภาพ**

โรคประจำตัว ☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ

.....

ใน 1 เดือนที่ผ่านมาท่านประเมินสุขภาพทั่วไปของท่านอย่างไรบ้าง

☐ เยี่ยม ☐ ดีมาก ☐ ดี ☐ พอใช้ ☐ ต่ำ

| ประวัติสุขภาพในอดีต | | | ข้อมูลของคนในครอบครัว | | | ข้อมูลสุขภาพในปัจจุบัน | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| คุณเคยมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี | ญาติสายตรงมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี | คุณมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี |
| ความดันโลหิตสูง | | | หัวใจวาย | | | เจ็บแน่นหน้าอก | | |
| โรคหัวใจ | | | ความดันโลหิตสูง | | | หายใจติดขัด | | |
| โรคลิ้นหัวใจ | | | คอเลสเตอรอลสูง | | | ใจสั่น | | |
| โรคหลอดเลือดแดง | | | หลอดเลือดสมอง | | | หัวใจเต้นผิดจังหวะ | | |

| ประวัติสุขภาพในอดีต | | | ข้อมูลของคนในครอบครัว | | | ข้อมูลสุขภาพในปัจจุบัน | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| คุณเคยมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี | ญาติสายตรงมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี | คุณมีอาการเหล่านี้ | มี | ไม่มี |
| เส้นเลือดขอด | | | เบาหวาน | | | มีอาการไอเมื่อมีการ | | |
| โรคปอด | | | ผ่าตัดหัวใจ | | | เคลื่อนไหวร่างกาย | | |
| หอบหืด | | | โรคหัวใจแต่กำเนิด | | | ไอเป็นเลือด | | |
| โรคไต | | | เสียชีวิตก่อนวัย | | | เวียนศีรษะ | | |
| ตับอักเสบ | | | อาการป่วยอื่น ๆ | | | ปวดศีรษะบ่อย | | |
| เบาหวาน | | | ..... | | | เป็นหวัดบ่อย | | |
| กระดูกเสื่อม | | | ..... | | | ปวดหลัง | | |
| | | | ..... | | | มีปัญหากระดูก | | |

**ท่านมีอาการบาดเจ็บทางร่างกายหรือไม่** ☐ ไม่มีอาการบาดเจ็บทางร่างกาย

☐ มีอาการบาดเจ็บทางร่างกาย โปรดระบุ

**ช่วงระหว่าง 2 เดือนที่ผ่านมาท่านใช้ยาหรือไม่** ☐ ไม่ใช้ยา

☐ ใช้ยา โปรดระบุ

ยาที่ใช้.....สาเหตุที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้.....

ยาที่ใช้.....สาเหตุที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้.....

**ท่านใช้ฮอร์โมนเพศหรือไม่** ☐ ไม่ใช้

☐ ใช้ โปรดระบุ

ยาที่ใช้..... รูปแบบยา.....สาเหตุที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้.....

ยาที่ใช้..... รูปแบบยา.....สาเหตุที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ปัจจุบันคุณสูบบุหรี่หรือไม่**

☐ ไม่สูบ

☐ สูบ ประมาณ.....มวน / วัน

☐ เคยสูบ สูบมานาน.....ปี แต่เลิกมาแล้ว.....ปี

**ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์หรือไม่**

☐ ไม่ดื่ม

☐ ดื่ม ระบุชนิด.....ประมาณ.....แก้ว / สัปดาห์

**ดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนหรือไม่**

☐ ไม่ดื่ม

☐ ดื่ม ระบุชนิด.....ประมาณ.....แก้ว / สัปดาห์

**หมวดที่ 3 พฤติกรรมการออกกำลังกายและการพักผ่อน**

| ข้อคำถาม | รายการคำตอบ |
|---|---|
| 1. หน้าที่การงานของท่านมีการเคลื่อนไหวแนวระดับใด | ☐ นั่งทำงาน ☐ ยืนและเดินบ้าง ☐ เคลื่อนไหวร่างกายเป็นประจำ<br>☐ มีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา |
| 2. ท่านนอนหลับวันละกี่ชั่วโมง | ☐ 1) 1-3 ชม. ☐ 2) 4-6 ชม. ☐ 3) 7-9 ชม. ☐ 4) 10-12 ชม. ☐ 5) 13 ชม. ขึ้นไป |
| 3. ท่านใช้เวลาว่างทำกิจกรรมใด | ☐ 1) ดูทีวี ☐ 2) อ่านหนังสือ/เขียนหนังสือ ☐ 3) เล่นกีฬา/ออกกำลังกาย<br>☐ 4) เลี้ยงสัตว์ ☐ 5) ปลูกต้นไม้ ☐ 7) พักผ่อน/นอนหลับ ☐ 8) เที่ยวกลางคืน<br>☐ 9) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |
| 4. ขณะนี้ท่านกำลังลดน้ำหนักตัวอยู่หรือไม่ | ☐ 1) ไม่ลดน้ำหนักตัว<br>☐ 2) กำลังลดน้ำหนักตัว ด้วยวิธี<br>☐ ออกกำลังกาย ☐ ควบคุมอาหาร ☐ ใช้ยาลดน้ำหนัก ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ .....<br>..... |
| 5. ใน 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬาหรือไม่ | ☐ 1) ออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา<br>☐ 2) ไม่ออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา เนื่องจาก<br>☐ ไม่สนใจ/ไม่ชอบ ☐ ไม่มีเวลา ☐ ไม่มีสถานที่ ☐ ไม่มีอุปกรณ์<br>☐ ไม่มีผู้สนับสนุน ☐ ไม่มีเพื่อน ☐ เสียเวลาทำงาน ☐ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย<br>☐ ไม่มีความรู้หรือเล่นไม่เป็น ☐ เคยได้รับบาดเจ็บจากการออกกำลังกาย/เล่นกีฬา<br>☐ อื่น ๆ ระบุ..... |
| 6. ท่านออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา เพื่อวัตถุประสงค์ใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | ☐ 1) เพื่อสุขภาพ ☐ 2) เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพ ☐ 3) เพื่อความสนุกสนาน<br>☐ 4) เพื่อการแข่งขัน ☐ 5) เพื่อแก้ไขความบกพร่องทางร่างกาย ☐ 6) เพื่อสังสรรค์สมาคม<br>☐ 7) เพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย ☐ 8) คลายความเครียด ☐ 9) คำแนะนำจากแพทย์<br>☐ 10) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |
| 7. กิจกรรมใดที่ท่านเล่นและออกกำลังกายเป็นประจำ | ☐ 1) กายบริหาร ☐ 2) เต้นแอโรบิก ☐ 3) รำมวยจีน ☐ 4) โยคะ ☐ 5) เดิน วิ่ง/วิ่งเหยาะ ☐ 6) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |
| 8. ท่านออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา กี่ครั้งต่อสัปดาห์ | ☐ 1) 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ ☐ 2) 3-4 ครั้ง/สัปดาห์<br>☐ 3) 4-5 ครั้ง/สัปดาห์ ☐ 4) 6-7 ครั้ง/สัปดาห์ |
| 9. ระยะเวลาที่ท่านออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา ในแต่ละครั้ง | ☐ 1) 1-15 นาที ☐ 2) 15-30 นาที ☐ 3) 31-45 นาที<br>☐ 4) 46-60 นาที ☐ 5) มากกว่า 60 นาที |
| 10. ระดับความหนักในการออกกำลังกายของท่านในแต่ละครั้ง | ☐ 1) ออกกำลังกายเบาไม่รู้สึกเหนื่อย ☐ 2) ออกกำลังกายจนรู้สึกเหนื่อยหรือเหงื่อออก<br>☐ 3) ออกกำลังกายจนเหนื่อยมากแต่ยังมีแรงเหลือ ☐ 4) ออกกำลังกายเหนื่อยมากจนหมดแรง |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| 11. ช่วงเวลาที่ท่านชอบออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬาประจำ | ☐ 1) 6.00-8.00 น. ☐ 2) 8.00-10.00 น. ☐ 3) 10.00-12.00 ☐ 4) 12.00-13.00 น. ☐ 5) 13.00-15.00 น. ☐ 6) 15.00-17.00 น. ☐ 7) 17.00-19.00 น. ☐ 8) 19.00-21.00 น. 9) ☐ 8) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |
| 12. ท่านมีข้อปฏิบัติในการออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา ดังนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | ☐ 1) อบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนออกกำลังกาย ☐ 2) มีการผ่อนคลายให้หายเหนื่อยหลังออกกำลังกาย ☐ 3) แต่งกายให้เหมาะสม ☐ 4) ออกกำลังกายหลังรับประทานอาหารแล้วอย่างน้อย 2 ชม. ☐ 5) ใช้อุปกรณ์ป้องกันการบาดเจ็บ ☐ 6) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |
| 13. ท่านคิดว่าท่านได้อะไรจากการออกกำลังกายและ/หรือเล่นกีฬา (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | ☐ 1) กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้น ☐ 2) รูปร่างดีขึ้น ☐ 3) ชะลอความเสื่อมของอวัยวะ ☐ 4) สมรรถภาพทางกายดีขึ้น ☐ 5) ขับถ่ายดีขึ้น ☐ 6) หัวใจ ปอด และหลอดเลือดดีขึ้น ☐ 7) นอนหลับได้ดีขึ้น ☐ 8) การทรงตัวดีขึ้น ☐ 9) สนุกสนานคลายเครียด ☐ 10) สังสรรค์ สมาคม ☐ 11) สดชื่นกระปรี้กระเปร่า ☐ 12) อื่น ๆ โปรดระบุ..... |

**หมวดที่ 4 พฤติกรรมการบริโภคอาหาร**

| ข้อคำถาม | ไม่เคย | จำนวนครั้งใน 1 สัปดาห์ | | | จำนวนครั้งใน 1 เดือน | จำนวนครั้งใน 3 เดือน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1-2 | 3-4 | 5-7 | | |
| ท่านรับประทานข้าวซ้อมมือ ขนมปังโฮลวีท ธัญพืช หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งที่ไม่ได้ขัดสี | | | | | | |
| ท่านรับประทานผลไม้ที่มีรสไม่หวานจัดแทนการรับประทานขนมขบเคี้ยวอื่น ๆ | | | | | | |
| ท่านดื่มน้ำสะอาดแทนการดื่มน้ำผลไม้ น้ำหวาน หรือน้ำอัดลม | | | | | | |
| ท่านรับประทานอาหารผักสุกหรือผักสด | | | | | | |
| ท่านเลือกรับประทานเนื้อสัตว์เฉพาะเนื้อล้วน โดยเลาะไขมันที่เห็นออกทุกครั้ง | | | | | | |
| ท่านเติมเกลือ น้ำปลา ซอสปรุงรสในอาหาร | | | | | | |
| ท่านรับประทานอาหารที่มีกะทิเป็นองค์ประกอบ | | | | | | |
| ท่านใช้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โปรดระบุ ..... ..... | | | | | | |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาคผนวก จ**

**แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย**

**(Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q)**

การออกกำลังนั้นเป็นประโยชน์สำหรับสุขภาพทางกายอย่างมาก ซึ่งมีการแนะนำให้คนส่วนใหญ่ออกกำลังกายด้วยความถี่ 5-7 วัน ระยะเวลาอย่างน้อย 30 นาทีต่อครั้ง ซึ่งแบบสอบถามนี้จะเป็นการประเมินความพร้อมก่อนที่คุณจะเริ่มออกกำลังกาย โดยการประเมินความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ ซึ่งถ้าคุณมีความเสี่ยง จะได้รับคำแนะนำจากหมอหรือผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายในการปฏิบัติตัวระหว่างออกกำลังกาย

โปรดอ่านหย่างละเอียดและตอบคำถามเหล่านี้ตามความเป็นจริงว่า มี/เคย หรือ ไม่มี/ไม่เคย ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

☐ เคย ☐ ไม่เคย 1. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่าน เคยบอกหรือไม่มาท่านมีความผิดปกติของหัวใจ และควรมีการออกกำลังกายภายใต้คำแนะนำของแพทย์

☐ เคย ☐ ไม่เคย 2. ท่านมีความรู้สึกเจ็บปวดหรือเน้นบริเวณหน้าอกในขณะที่ท่านออกกำลังกายหรือไม่?

☐ เคย ☐ ไม่เคย 3. ในรอบเดือนที่ผ่านมา ท่านเคยมีอาการเจ็บแน่นหน้าอกขณะที่อยู่เฉยๆ โดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่?

☐ เคย ☐ ไม่เคย 4. ท่านมีอาการสูญเสียการทรงตัว (ยืนหรือเดินเซ) เนื่องมาจากอาการวิงเวียนศีรษะหรือไม่? หรือท่านเคยหมดสติหรือไม่?

☐ เคย ☐ ไม่เคย 5. ท่านมีปัญหาเรื่องกระดูกหรือข้อ ซึ่งจะมีอาการแย่ลง ถ้าออกกำลังกายหรือไม่?

☐ เคย ☐ ไม่เคย 6. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่าน มีการสั่งยาโรคความดันโลหิตสูง หรือความผิดปกติของหัวใจของท่านหรือไม่?

☐ เคย ☐ ไม่เคย 7. เท่าที่ท่านทราบยังมีเหตุผลอื่นๆ อีก ที่ทำให้ท่านไม่สามารถออกกำลังกายได้หรือไม่?

ข้าพเจ้าได้อ่านแต่กรอกแบบสอบถาม PAR-Q ทุกคำถามด้วยความเต็มใจ

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมวิจัย วันที่...../...../.....

(.....)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลายเซ็น.....ผู้ประเมิน วันที่...../...../.....

(.....)

แหล่งที่มา : ดรุณวรรณ สุขสม, 2561



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

## ภาคผนวก ฉ

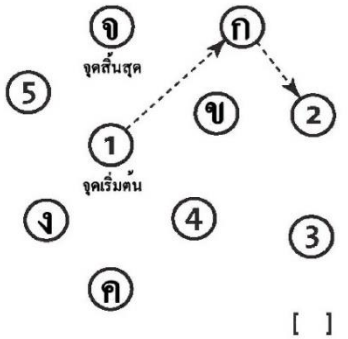
## แบบประเมินพุทธิปัญญา Montreal Cognitive Assessment (MoCA-T)

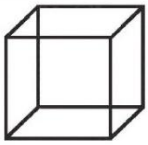
ชื่อ :
ระดับการศึกษา :
เพศ :

**MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA)**

วันเดือนปีเกิด:
วันที่ทำการทดสอบ :

**VISUOSPATIAL / EXECUTIVE** — คะแนน



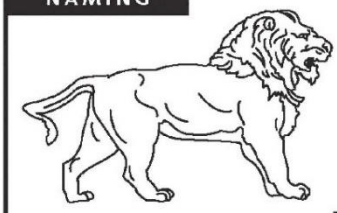



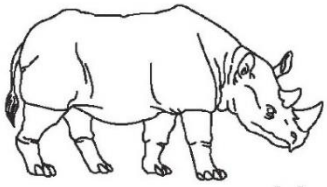
คัดลอก ลูกบาศก์

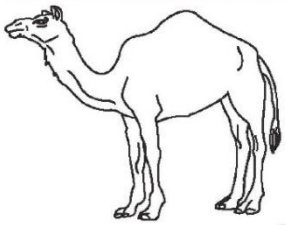
วาดหน้าปัดนาฬิกา บอกเวลาที่ 11.10 น. (3 คะแนน)

[ ] [ ] [ ] [ ] [ ] __/5
รูปร่าง ตัวเลข เข็ม

**NAMING**







[ ] [ ] [ ] __/3

**MEMORY**

อ่านชุดคำเหล่านี้แล้วให้ผู้ทดสอบทวนซ้ำ ทดสอบ 2 ครั้ง และถามซ้ำอีกครั้งหลัง 5 นาที

| | หน้า | ผ้าไหม | วัด | มะลิ | สีแดง |
|---|---|---|---|---|---|
| ทวนครั้งที่ 1 | | | | | |
| ทวนครั้งที่ 2 | | | | | |

**ATTENTION**

อ่านตัวเลขต่อไปนี้ตามลำดับ (1 ตัว/วินาที) ให้ผู้ทดสอบทวนซ้ำตามลำดับ [ ] 2 1 8 5 4 __/2
ผู้ทดสอบทวนซ้ำแบบย้อนลำดับ [ ] 7 4 2

อ่านออกเสียงตัวเลขต่อไปนี้ แล้วให้ผู้ทดสอบเคาะโต๊ะเมื่อได้ยินเสียงอ่านเลข " 1 " (ไม่มีคะแนนถ้าผิดเกิน 2 ครั้ง) __/1
[ ] 5 2 1 3 9 4 1 1 8 0 6 2 1 5 1 9 4 5 1 1 1 4 1 9 0 5 1 1 2

เริ่มจาก 100 ลบไปเรื่อยๆทีละ 7 [ ] 93 [ ] 86 [ ] 79 [ ] 72 [ ] 65 __/3
ลบถูก 4 หรือ 5 ตัว ได้ 3 คะแนน , 2 หรือ 3 ตัว ได้ 2 คะแนน , 1 ตัวได้ 1 คะแนน , 0 ตัว ไม่ได้คะแนน

**LANGUAGE**

Repeat : ฉันรู้ว่าจอมเป็นคนเดียวที่มาช่วยงานวันนี้ [ ] __/2
แมวมักซ่อนตัวอยู่หลังเก้าอี้เมื่อมีหมาอยู่ในห้อง [ ]

Fluency / บอกคำที่ขึ้นต้นด้วยตัวอักษร " ก " ให้มากที่สุดใน 1 นาที ก [ ] _____ (N ≥ 11 words) __/1

**ABSTRACTION**

บอกความเหมือนระหว่าง 2 สิ่ง เช่น กล้วย-ส้ม : เป็นผลไม้ [ ] รถไฟ - จักรยาน [ ] นาฬิกา - ไม้บรรทัด __/2

**DELAYED RECALL**

| ให้ทวนชุดคำที่จำไว้ก่อนหน้านี้ โดยไม่มีการให้ตัวช่วย | หน้า [ ] | ผ้าไหม [ ] | วัด [ ] | มะลิ [ ] | สีแดง [ ] | ให้คะแนนเฉพาะคำที่ทวนได้โดยไม่ให้ตัวช่วย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Optional — Category cue | | | | | | |
| Optional — Multiple choice cue | | | | | | |

__/5

**ORIENTATION**

[ ] วันที่ [ ] เดือน [ ] ปี [ ] วัน [ ] สถานที่ [ ] จังหวัด __/6

Translated by Solaphat Hemrungrojn MD
Trial version 01 Updated August 31, 2011
©Z Nasreddine MD
www.mocatest.org

ค่าปกติ ≥ 25/30

คะแนนรวม __/30
เพิ่ม 1 คะแนน ถ้าจำนวนปีการศึกษา ≤ 6

**ขั้นตอนการใช้แบบประเมินและการให้คะแนน พุทธิปัญญา ฉบับภาษาไทย**

**Montreal Cognitive Assessment (MoCA-T)**

**1. การสร้างเส้นลำดับโดยเรียงสลับตัวเลขและตัวอักษร (Alternative Trail Making) :**

**คำสั่ง :** ผู้ทดสอบสั่งให้ผู้ทำแบบทดสอบ “ลากเส้นต่อเนื่องไปตามลำดับ โดยเริ่มต้นจากตัวเลข แล้วสลับไปตัวอักษร/หนังสือ เรียงไปเรื่อย ๆ เริ่มที่นี่ [ชี้ไปที่เลข 1] ลากเส้นจาก 1 ไปที่ ก แล้วลากต่อไปที่ 2 ไปต่อเรื่อยๆจนจบที่นี่ [ชี้ไปที่ จ]

**การให้คะแนน :** ให้ 1 คะแนน เมื่อผู้ทำแบบทดสอบ ลากเส้นต่อจาก 1-ก-2-ข-3-จ-4-ค-5-ง-6-จ ได้ครบถูกต้องโดยไม่มีเส้นใดตัดกัน ถ้ามีข้อผิดพลาดใดๆที่ทำผิดและไม่ได้แก้ไขเองทันทีให้ถือว่าได้ 0 คะแนน

**2. Visuoconstructional skills: วาดลูกบาศก์ (cube)**

**คำสั่ง :** ผู้ทดสอบสั่งให้ผู้ทำแบบทดสอบทำตามโดย [ชี้ไปที่รูปลูกบาศก์ตัวอย่าง] “คัดลอกรูปให้เหมือนที่สุดเท่าที่จะทำได้ ลงในช่องว่างนี้”

**การให้คะแนน :** ให้ 1 คะแนน เมื่อผู้ถูกทดสอบ สามารถคัดลอกได้ถูกต้องตามดังนี้

- รูปถูกต้องและมี 3 มิติ
- วาดทุกเส้นได้ครบถ้วน
- ไม่มีวาดเส้นเพิ่มเติมเอง
- เส้นอยู่แนวขนานกันและมีขนาดใกล้เคียงกันดี (รูป 4 เหลี่ยมมุมฉาก)

ไม่ให้คะแนนถ้าไม่ตรงข้ามเงื่อนไข

**3. Visuoconstructional skills: วาดหน้าปัดนาฬิกา (Clock)**

คำสั่ง : ผู้ทดสอบชี้ไปที่บริเวณช่องว่างขวาสุดของแถวบน แล้วสั่งผู้ทำแบบทดสอบดังนี้

“ วาดนาฬิกา ใส่ตัวเลขให้ครบและชี้บอกเวลาที่ 11 โมง 10 นาที”

การให้คะแนน : ให้ 1 คะแนน เมื่อผู้ทำแบบทดสอบ ทำได้ในแต่ละข้อดังนี้

- รูปร่าง (1 คะแนน) : หน้าปัดนาฬิกาต้องรูปร่างกลม มีความผิดเพี้ยนได้เล็กน้อย (เช่นเส้นรอบวงกลมไม่ครบเล็กน้อย) ถ้าผู้ถูกทดสอบวาดรูปสี่เหลี่ยม บอกให้วาดใหม่เป็นวงกลม
- ตัวเลข (1 คะแนน) : ต้องมีตัวเลขให้ครบ ไม่ให้เกิน ตัวเลขต้องเรียงถูกลำดับและวางในตำแหน่ง Quadrant ที่เหมาะสม ใช้เลขโรมันได้ ตัวเลขอาจจะวางอยู่นอกวงหน้าปัดได้

- เข็มนาฬิกา (1 คะแนน) : ต้องมี 2 เข็ม ชี้บอกเวลาที่ถูกต้อง โดยเข็มสั้นบอกชั่วโมงต้องสั้นกว่าเข็มยาวบอกนาที และเข็มทั้ง 2 ต้องวางอยู่กลางหน้าปัด โดยมีจุดเชื่อมต่ออยู่ใกล้กับศูนย์กลางของนาฬิกา ไม่ได้คะแนนถ้าไม่ได้ถูกต้องตามเงื่อนไขดังกล่าวในแต่ละข้อ

**4. การเรียกชื่อ (Naming) :**

**คำสั่ง :** เริ่มจากซ้ายมือสุดของผู้ทำแบบทดสอบก่อน ชี้ไปทีละรูปแล้วพูดว่า “สัตว์ตัวนี้ชื่ออะไร”

**การให้คะแนน** : ให้ 1 คะแนน เมื่อผู้ทำแบบทดสอบตอบได้ถูกต้องในแต่ละข้อ ดังนี้ (1) สิงโต (2) แรด (3) อูฐ

**5. ความจำ (Memory):**

**คำสั่ง :** ผู้ทดสอบอ่านคำ 5 คำในอัตรา 1 คำต่อ 1 วินาที ให้อธิบายดังนี้:

“นี่คือแบบทดสอบความจำจะอ่านคำเหล่านี้ ให้ตั้งใจฟัง และเมื่ออ่านจบ ให้บอกคำให้ได้มากที่สุด” ให้ใส่เครื่องหมายถูกลงในช่องว่างเมื่อผู้ทดสอบตอบถูกในครั้งแรก ต่อไปผู้ทดสอบอ่านคำรอบที่ 2 พร้อมกับอธิบายตามนี้ “จะอ่านชุดคำเดิมเป็นครั้งที่ 2 พยายามจำ และบอกคำให้ได้มากที่สุด (รวมทั้งคำในรอบแรกด้วย)” เมื่อจบครั้งที่ 2 ให้บอกผู้ทำแบบทดสอบว่าจะให้ทวนคำอีกครั้งโดยพูดดังนี้ “จะให้ทวนคำที่พูดอีกครั้งในภายหลัง”

**การให้คะแนน :** ไม่มีคำแนนให้สำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2

**6. ความตั้งใจ (Attention) :**

**ทวนตัวเลขตามลำดับจากหน้าไปหลัง (Forward digit Span):**

**คำสั่ง :** ให้อธิบายดังต่อไปนี้ “จะพูดชุดตัวเลข 1 ชุด และเมื่อพูดจบ ให้พูดตามให้เหมือนที่สุด” อ่านตัวเลข 5 ตัว ตามลำดับในอัตรา 1 ตัวต่อ 1 วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ทวนตัวเลขตามลำดับจากหลังไปหน้า (Backward digit Span):**

**คำสั่ง :** ให้อธิบายดังต่อไปนี้ “ต่อไปจะพูดชุดตัวเลขอีกชุด และเมื่อพูดจบให้พูดย้อนกลับจากหลังไปหน้าตามลำดับ ยกตัวอย่างเช่น 1-2 ย้อนกลับไปได้ 2-1” อ่านตัวเลข 3 ตัว ตามลำดับในอัตรา 1 ตัวต่อ 1 วินาที

**การให้คะแนน :** ให้ 1 คะแนน สำหรับการทวนตามลำดับ อย่างถูกต้อง

**การทดสอบ Vigilance:**

**คำสั่ง :** ให้ยกมือข้างที่ถนัดมาวางบนโต๊ะ “ถ้าได้ยินเลข 1 ให้เคาะ 1 ครั้ง ถ้าเลขอื่นไม่ต้องเคาะ” ให้ผู้ทดสอบอ่านรายการตัวเลขในอัตรา 1 ตัวต่อวินาที

**การให้คะแนน :** ให้ 1 คะแนน ถ้าผิด 1 ครั้ง หรือไม่ผิดเลย

**การคิดคำนวณ (Calculation) :**

**คำสั่ง :** ผู้ทดสอบให้คำอธิบายดังนี้ “ต่อไปจะเอา 100 – 7 จากนั้นได้คำตอบเท่าไหร่ให้ลบด้วย 7 ต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งบอกให้หยุด” ให้อ่านคำอธิบายได้ สองรอบถ้าจำเป็น *ห้ามบอกตัวตั้งต้นใหม่ ห้ามบอกผลลัพธ์ที่ลบได้ ห้ามให้ญาติช่วย*

การให้คะแนน : ข้อนี้มีคะแนนเต็ม 3 คะแนน ให้คะแนนเต็ม 3 คะแนน เมื่อถูกลบ 4 หรือ 5 ตัว ให้ 2 คะแนน เมื่อลบถูก 2 หรือ 3 ตัว ให้ 1 คะแนน เมื่อลบถูก 1 ตัว และไม่ได้คะแนนเลย ถ้าลบไม่ถูกต้อง

**7. การพูดทวนประโยค (Sentence repetition) :**

**คำสั่ง :** ผู้ทดสอบให้คำอธิบายดังต่อไปนี้ “จะอ่านประโยคให้ฟังหลังจากนั้นให้พูดตามให้เหมือนที่สุด” พูดว่า “ฉันรู้ว่าจอมเป็นคนเดียวที่มาช่วยงานวันนี้” เมื่อทวนเสร็จ “ต่อไปจะอ่านอีกหนึ่งประโยคให้ฟัง” พูดว่า “แมวมักซ้อนตัวอยู่หลังเก้าอี้เมื่อมีหมาอยู่ในห้อง”

**การให้คะแนน :** ให้ 1 คะแนนเมื่อทวนประโยคให้ถูกต้อง การทวนจะต้องถูกต้องทุกคำ

**8. ความสามารถในการใช้คำพูด (Verbal Fluency)** :

เริ่มจากให้เข้าใจเรื่องคำก่อน โดยให้ผู้ทดสอบถามผู้ถูกทดสอบว่า ลองคิดคำที่ขึ้นต้นด้วย “ส” ดูถ้านึกไม่ออก ยกตัวอย่างเสริมขึ้นมา เช่น เสือ เสื้อผ้า สนุกสนาน โดยไม่เอาชื่อเฉพาะ เช่น สมชาย สมหมาย

**คำสั่ง :** ต่อไปนี้ให้บอกคำที่ขึ้นต้นด้วยตัวอักษะ “ก” ให้มากที่สุดใน 1 นาที

**การให้คะแนน :** ให้ 1 คะแนน ถ้าผู้ทำแบบทดสอบคิดคำได้ 11 คำหรือมากกว่า ใน 1 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**9.** ความคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) :

**คำสั่ง :** ผู้ทดสอบให้คำอธิบายดังต่อไปนี้ “ให้บอกว่าของ 2 สิ่ง เหมือนกันอย่างไร เช่น กล้วย กับส้ม เหมือนกันเพราะเป็นผลไม้ หลังจากที่ลองฝึกแล้ว ให้พูดว่า “ต่อไปให้บอกว่ารถไฟกับจักรยานเหมือนกันอย่างไร” หลังจากที่ตอบคำถามแล้ว ให้ทดสอบครั้งที่ 2 พูดว่า “แล้วไม้บรรทัดกับนาฬิกาเหมือนกันอย่างไร” ถ้าผู้ถูกทดสอบยังไม่สามารถตอบได้ ให้พูดเพิ่มเติมว่า “ทั้ง 2 อย่างนั้นอยู่ในกลุ่มหรือจัดประเภทใดเหมือนกัน”

**การให้คะแนน :** ให้ 1 คะแนน ในแต่ละคู่ที่ตอบถูก ต้องตอบเป็นนามธรรมเช่น

**รถไฟ-จักรยาน** = มีความหมายเป็นพาหนะ มีความหมายถึงการเดินทาง/ท่องเที่ยว ทั้ง 2 ใช้สำหรับเดินทางเหมือนกัน

ไม้บรรทัด – นาฬิกา = อุปกรณ์ในการวัด ใช้สำหรับวัด มาตรวัด

**คำตอบต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง :** คือคำตอบที่เป็นรูปธรรม ตอบสิ่งที่เป็นรูปร่าง เช่น รถไฟ-จักรยาน = ทั้งคู่มีล้อเหมือนกัน และ ไม้บรรทัด-นาฬิกา = ทั้งคู่มีเลขเหมือนกัน

**10. การทวนซ้ำ (Delay recall) :**

**คำสั่ง :** ผู้ทดสอบให้คำอธิบายดังนี้ “ให้ทวนคำ 5 คำที่ให้จำเอาไว้ให้ได้มากที่สุด” คำเครื่องหมายถูกลงในช่องว่าง สำหรับคำที่จำได้อย่างถูกต้องโดยไม่ต้องใบ้คำหรือมีตัวเลือก

**การให้คะแนน :** ให้ 1 คะแนน สำหรับคำที่จำได้เองโดยไม่ต้องใบ้คำหรือมีตัวเลือก

**ทางเลือก (Optional) :** ถ้าผู้ทำแบบทดสอบไม่สามารถทวนคำที่ให้จำไว้ได้ ให้ใบ้เป็นหมวดหมู่ก่อน ตัวอย่างเช่น “คำที่ให้จำเมื่อสักครู่เป็นอวัยวะส่วนหนึ่งของร่างกาย” “คำที่ให้จำเป็นชนิดของผ้า” “คำที่ให้จำเมื่อสักครู่เป็นชื่อของสถานที่” “คำที่ให้จำเมื่อสักครู่เป็นชื่อของดอกไม้” และ “คำที่ให้จำเมื่อสักครู่เป็นชนิดของสี” อย่างผู้ถูกทดสอบยังไม่สามารถตอบได้ ให้ตัวเลือกกลับผู้ป่วยดังต่อไปนี้ “คำที่ให้จำเป็นอวัยวะส่วนหนึ่งของร่างกายมีตัวเลือกให้เช่น แขน มือ หน้า คำที่ให้จำคือคำไหน” “คำที่ให้จำเป็นชนิดของผ้ามีตัวเลือก คือ ผ้าฝ้าย ผ้าไหม ผ้าลินิน คำที่ให้จำคือ” เป็นต้น

**11. Orientation (6 คะแนน)** ให้ผู้ทดสอบถามผู้ถูกทดสอบ ดังต่อไปนี้

**คำสั่ง :** “วันนี้เป็นวันอะไรของสัปดาห์ เป็นวันที่เท่าไร เดือน และปี พ.ศ. อะไร”

“ที่นี่ที่ไหน และอยู่ในจังหวัดอะไร

**การให้คะแนน :** ให้ 1 คะแนน ต่อ 1 คำตอบ เมื่อผู้ถูกทดสอบ บอกถูกต้องตามจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาคผนวก ช**

**Thiobarbituric acid reactive substance (TBAR)**

**Malondialdehyde**

Malondialdehyde (MDA) เป็นสารรีเอกทีฟออกซิเจนสปีชี่ (ROS) ที่ได้มาจากขบวนการลิปิดออกซิเดชัน (lipid oxidation) ของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 2 (Polyunsaturated fatty acid) ซึ่งสารประกอบนี้มีการตอบสนองและเป็นพิษที่สูงมากและยังเป็นตัวที่ใช้วัดระดับภาวะเครียดจากออกซิเดชัน (Oxidative stress) วิธี TBAR นั้นเป็นวิธีที่ใช้วัด MDA (Nunhini and Anuradha, 2003) อธิบายได้ดังนี้

**Reagent**

1. Phosphate buffer saline (PBS) pH 7.4
   - $Na_2HPO_2$ 2.27 กรัม, $NaH_2PO_4$ 0.12 กรัม และ NaCl 8.18 กรัม ลลายในน้ำกลั่นจนกระทั่งปริมาตรของสารลลายทั้งหมดเท่ากับ 1,000 มิลลิลิตร และถูกปรับให้ค่า pH เท่ากับ 7.4
2. 30% Trichloroacetic acid (TCA)
   - ลลาย TCA 30 กรัม ในน้ำกลั่นจนกระทั่งได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
3. Butylated hydroxyl toluene (BHT)
   - ลลาย BHT 88 มิลลิกรัม ใน ethanol 10 มิลลิลิตร
4. 1% Thiobarbituric acid (TBA)
   - 1 กรัม ของ 2-TBA ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
5. Malondialdehyde bis (diethylacetal) จะใช้เป็นมาตรฐานภายนอก (External standard)

**Sample**

ใช้ตัวอย่างเลือด แบบ EDTA whole blood samples

**Sample preparation**

ทำการปั่นเลือดเป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิ 4 องศา ที่ความเร็ว 3,500 รอบต่อนาที และแยกพลาสม่ากับเม็ดเลือดแดงออก จากนั้นนำเม็ดเลือดแดงไปผสมกับน้ำเกลือ (normal saline)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งหมด 4 ครั้ง โดยแต่ละรอบจะต้องนำเม็ดเลือดแดงไปปั่นเป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิ 4 องศา ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที

**ขั้นตอนการวัด MDA**

1. นำเม็ดเลือดแดง พลาสม่า และ dietthylacetal ใส่เข้าไปยังหลอดชนิด Eppendorf tubes
2. แต่ละหลอดให้เพิ่ม PBS 800 µl และเพิ่ม TCA 30% สำหรับการสลายเม็ดเลือดแดง และ protein precipitation
3. เพิ่ม BHT 25 µl แล้วนำเข้าตู้เย็นที่อุณหภูมิ -20 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. ทำการปั่นด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
5. แยกส่วนของเหลวเหนือตะกอนไปไว้ในหลอดชนิด Eppendorf tubes หลอดใหม่
6. เพิ่ม 1% TBA 250 µl แต่ละหลอด แล้วทำการต้มในกล่อง (ACCUBOX$^{TM}$ Digital Dry Bath, Labnet international) ที่อุณหภูมิ 103 องศา เป็นเวลา 15 นาที
7. จากนั้นใช้น้ำเย็นเพื่อทำการหยุดปฏิกิริยาของสาร แล้วหยอดสารปริมาณ 300 µl ลงบน 96-well-plate-ELISA
8. ใช้ ELISA Reader (Enspire multilabel plate, Perkin-Elmer, USA) วัดการดูดซึมของแสงที่ 532 nm

คำนวณ lipid oxidation ของสารตัวอย่างจาก standard curve

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ภาคผนวก ซ**

**การทดสอบการตอบสนองของหลอดเลือด (Cerebrovascular reactivity)**

การตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) เป็นการทดสอบการตอบสนองของหลอดเลือดสมองด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (Cerebral $CO_2$ reactivity test) หมายถึง การวิเคราะห์ความสามารถการหดตัวและขยายตัวของหลอดเลือดสมอง ภายหลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงความดันคาร์บอนไดออกไซด์ (Partial pressure $CO_2$) โดยการใช้เครื่องอัลตราซาวด์ (Philips, Andover, MA, USA) และหัวตรวจ (CX50 S5-1 Transducer) ที่ให้ความถี่ของคลื่น 5 ถึง 1 MHz โดยทำการวัดความเร็วของหลอดเลือดสมอง (Cerebral blood flow velocity:CBFV) ในหลอดเลือดสมอง middle cerebral artery ข้างซ้าย ที่ระดับความลึกของการตรวจ 30-65 มิลลิเมตร (Hacke, 2011) โดยมีตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยของหลอดเลือดสมอง (Time average peak velocity; TAPV) ความเร็วเฉลี่ยของเลือดช่วงหัวใจบีบตัว (Peak systolic velocity; PSV) ความเร็วของเลือดช่วงหัวใจคลายหัว (End diastolic velocity; EDV) และค่าความต้านทานของหลอดเลือดสมอง (Pulsatility index; PI)

การทดสอบการตอบสนองของหลอดเลือดโดยวิธีการทดสอบการตอบสนองของหลอดเลือดสมองด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (Cerebral $CO_2$ reactivity test) (Tarumi & Zhang, 2018; Zhu et al., 2013) แบ่งเป็น 3 สภาวะ ดังต่อไปนี้

1. สถาวะที่ 1 สภาวะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติหรือขณะพัก (Normocapnic; Baseline) ผู้วิจัยสวมหน้ากากสำหรับวิเคราะห์ก๊าซกับผู้เข้าร่วมวิจัย และหนีบจมูกเพื่อให้หายใจทางปาก โดยหน้ากากจะเชื่อมต่อกับถังแก๊สที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 และออกซิเจนร้อยละ 21 และไนโตรเจนสัดส่วนที่สมดุล และเชื่อมต่อกับเครื่องวิเคราะห์แก๊สที่วิเคราะห์ปริมาณก๊าซ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คาร์บอนไดออกไซด์ขณะหายใจออก (End-tidal $CO_2$; $EtCO_2$) แต่เนื่องจากเป็นการทดสอบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจะให้ผู้เข้าร่วมหายใจทางปากรับอากาศในห้องปกติ

จากนั้นติด cuff ไว้ที่ต้นแขนเพื่อวัดความดัน โดยให้ผู้เข้าร่วมนอนหงายผ่อนคลายเป็นเวลา 10 นาที เพื่อวัดความดันโลหิต (Blood pressure; BP) และความดันเฉลี่ยของหลอดเลือดแดง (Mean arterial pressure; MAP)

สำหรับการวัดความเร็วของเลือดที่ไหลเวียนชนิด middle cerebral artery (MCAv) จะใช้เวลาในการวัด 3 นาที ในท่านอนหงายสบายและไม่เคลื่อนไหวร่างกาย โดยเฉพาะตั้งแต่บริเวณคอขึ้นไป เนื่องจากการเคลื่อนไหวของกะโหลกศีรษะจะส่งผลต่อการเปลี่ยนตำแหน่งของหลอดเลือดได้ วิธีการวัด คือ ผู้เชี่ยวชาญนำหัวตรวจมาวางไว้ที่บริเวณขมับ (Temporal window) ข้างซ้าย โดยมีเจลเป็นตัวนำสัญญาณคลื่นจากหัวตรวจผ่านกะโหลกศีรษะ ที่ความลึก 30-65 มิลลิเมตร เพื่อตรวจหาค่าตัวแปร ได้แก่ TAPV, PSV, EDV และ PI ซึ่งการวัดนี้จะวัดตั้งแต่นาทีแรกจนถึงนาทีที่ 3 จากนั้นนำค่ามาเฉลี่ย

2. สภาวะที่ 2 สภาวะปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hypocapnic) ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการหายใจที่ความเร็ว 1 ครั้งต่อ 1 วินาที เป็นระยะเวลา 60 วินาที โดยการหายใจจะต้องหายใจทางปากเท่านั้น ทั้งนี้มีเครื่องนับจังหวะเพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจตามจังหวะ จุดประสงค์เพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดร์ออกไซส์ออกจากร่างกาย ส่งผลให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือด จากนั้นผู้เข้าร่วมจะถูกวัดความดันและความดันเฉลี่ยของหลอดเลือดแดงภายใน 10 วินาทีแรกของการให้ผู้เข้าร่วมเริ่มหายใจถี่ จากนั้นในวินาทีที่ 40 ให้เริ่มบันทึกค่าตัวแปรความเร็วของหลอดเลือด MCA เหมือนในสภาวะที่ 1 และให้ผู้เข้าร่วมพัก 5 นาทีหลังจากการทดสอบเสร็จสิ้น เพื่อให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่ปกติ

3. สภาวะที่ 3 สภาวะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าปกติ (Hypercapnic)

ผู้วิจัยเปิดทางเดินของก๊าซที่มีส่วนผสมของคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ออกซิเจนร้อยละ 21 และไนโตรเจน เพื่อให้ผู้เข้าร่วมหายใจเป็นเวลา 3 นาที ส่งผลให้หลอดเลือดเกิดการขยายตัว จากนั้นผู้วิจัยบันทึกค่าตัวแปรเช่นเดียวกับสภาวะที่ 1 และวัดความดันโลหิตและความดันโลหิตเฉลี่ยของหลอดเลือดแดงในนาทีที่ 3 ของการหายใจ โดยค่าที่บันทึกได้ทั้ง 3 สภาวะจะเป็นตัวแปรในการวิเคราะห์ตัวแปรทางการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) ดังสูตรต่อไปนี้ (Zhu et al.,2013)

**1) ดัชนีการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity index)** มีหน่วยเป็น $\%cm/s*mmHg^{-1}$ สูตร $\%\Delta MCAV/\Delta EtCO_2$ หรือ $\Delta CBFV/EtCO_2$ หมายถึง ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความเร็วการไหลเวียนหลอดเลือด MCA เมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกเปลี่ยนแปลงไป

**2) ดัชนีความสามารถในการไหลของหลอดเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance Index; CVCi)** มีหน่วยเป็น cm/sec*mmHg สูตร MCA-CBFV/MAPหมายถึง ความดันโลหิตที่มีผลต่อการไหลของเลือดในหลอดเลือด MCA

**3) ดัชนีความสามารถการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular conductance index)** มีหน่วยเป็น %cm/s สูตร $\%\Delta CVCi/\Delta EtCO_2$
หมายถึง เปอเซ็นการเปลี่ยนแปลงการไหลของเลือดในหลอดเลือด MCA เมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่หายใจออกมีค่าเปลี่ยนแปลงไป

ทั้งนี้ค่าการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) จะคำนวนเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของความเร็วของการไหลของเลือดในหลอดเลือดสมองมิดเดิล ซีรีบอล อาร์เทอร์รี่ (Middle cerebral artery – Cerebral blood flow celocity; MCA – CBFV) เมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก ($EtCO_2$) มีการเปลี่ยนแปลงไปในช่วงต่าง ๆ คือ

- ระหว่างช่วงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติและช่วงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Normocapnic – Hypocapnic) โดยค่าการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) ในช่วงนี้จะบ่งชี้ถึงการตอบสนองของหลอดเลือดสมองเมื่อถูกกระตุ้นให้หดตัว (Vasoconstriction)

- ระหว่างช่วงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปกติและช่วงคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Normocapnic – Hypercapnic) โดยค่าการตอบสนองของหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular reactivity) ในช่วงนี้จะบ่งบอกถึงการตอบสนองของหลอดเลือดสมองเมื่อถูกกระตุ้นให้หลอดเลือดคลายตัว (Vasodialation)

- ระหว่างช่วงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง (Hypocapnic – Hepercapnic) โดยค่าการตอบสนองของหลอดเลือด (Cerebrovascular reactivity) ในช่วงนี้จะบ่งถึงการตอบสนองของหลอดเลือดสมองเมื่อถูกกระตุ้นให้มีการหดตัว (Vasoconstriction) และคลายตัว (Vasodilation)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาคผนวก ฌ**

**การขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกั้นการไหลเวียน Flow-mediated dilation (FMD)**

การวัดค่าการขยายตัวของหลอดเลือดแดงบริเวณต้นแขน (Brachial artery) หลังการปิดกั้นการไหลเวียน ทดสอบโดยการใช้เครื่องอัลตราซาวน์ ยี่ห้อ Philip รุ่น EPIQ 5 (EPIQ5, Philips Healthcare, Andover, MA, USA) และหัวตรวจที่ให้ความถี่ 12 – 5 เมกกะเฮิตร์ ทำการวัด 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงขณะพัก ช่วงขณะปิดกั้น และช่วงหลังจากเปิดการปิดกั้น โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงายเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นวัดค่าช่วงขณะพักเป็นเวลา 1 นาที โดยใช้หัวอัลตราซาวน์วางบริเวณเหนือข้อพับแขนด้านหน้า จากนั้นทำการปิดกั้นหลอดเลือดแดงไม่ให้เกิดการไหล โดยการเพิ่มแรงดันเข้าไปยังเครื่องวัดความดันโลหิตเหนือความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว 50 มิลลิเมตรปรอท ค้างไว้ 5 นาที จากนั้นทำการเปิดการปิดกั้น ส่งผลให้หลอดเลือดถูกกระตุ้นให้เกิดการขยายตัว ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือด การหาค่า FMD จะคำนวณจากสูตร (Ratcliffe et al., 2017)

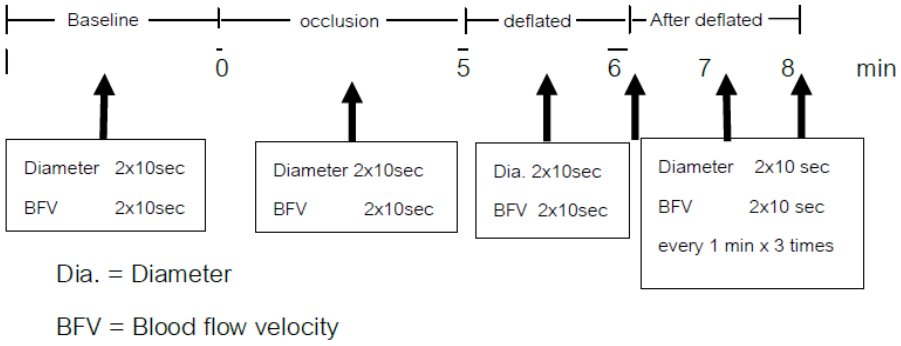
$$\%FMD = \frac{(D2-D1)}{D1} \times 100$$

เมื่อ FMD คือ การขยายตัวของหลอดเลือดหลังการปิดกลั้นการไหลเวียน (เปอเซ็นต์)

D1 คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์ของหลอดเลือดก่อนการถูกปิดกั้นการไหลเวียน (มิลลิเมตร)

D2 คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดสูงสุดขณะเปิดการปิดกั้นการไหลเวียน (มิลลิเมตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




ขั้นตอนการวัด FMD

การวิเคราะห์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Brachial analyzer research (Vascular Research Tools, Medical Imaging Applications LLC, Coralville, IA, USA) โดยการนำภาพวีดีโอที่บันทึกได้เข้าโปรแกรม จากนั้นทำการ Calibration โดยการปรับขนาดของภาพที่เครื่องให้เท่ากับขนาดจริง จากนั้นทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาคผนวก ญ**

**แบบทดสอบสมรรถภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย**

**(Mini-Mental State Examination Thai version; MMSE-T)**

รหัส..... อายุ.....

ระดับทางการศึกษา ☐ ไม่ได้เรียน ☐ ประถมศึกษา ☐ สูงกว่าประถมศึกษา

ปัญหาด้านการสื่อสาร ☐ หู ☐ ตา ☐ อื่นๆ.....

**!!!ในกรณีที่ท่านอ่านหนังสือไม่ออกและเขียนไม่ได้ ให้ข้ามข้อ 4,9 และ 10**

1. Orientation for time ทดสอบการเรียนรู้เกี่ยวกับเวลาในปัจจุบัน (5 คะแนน)

ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน

คะแนน

1.1 วันนี้ วันที่เท่าไร .....

1.2 วันนี้ วันอะไร .....

1.3 เดือนนี้ เดือนอะไร .....

1.4 ปีนี้ ปีอะไร .....

1.5 ฤดูนี้ ฤดูอะไร .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. Orientation for place ทดสอบการรับรู้เกี่ยวกับที่อยู่ปัจจุบัน (5 คะแนน) (ให้เลือกคำตอบข้อใดข้อหนึ่ง)

ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน

1.1 กรณีอยู่ที่สถานพยาบาล

2.1.1 สถานที่ตรงนี้เรียกว่าอะไร และชื่อว่าอะไร .....

2.1.2 ขณะนี้อยู่ที่ชั้นที่เท่าไรของตัวอาคาร .....

2.1.3 ที่นี่อยู่ในอำเภออะไร เขตอะไร .....

2.1.4 ที่นี่จังหวัดอะไร .....

2.1.5 ที่นี่ภาคอะไร .....

2.2 กรณีอยู่ที่บ้านของผู้ถูกทดสอบ

2.2.1 สถานที่ตรงนี้เรียกว่าอะไร เลขที่บ้านอะไร .....

2.2.2 ทีนี่หมูบ้าน (หรือระแวก/ถนน) อะไร .....

2.2.3 ที่นี่อยู่ในอำเภอ หรือเขตอะไร .....

2.2.4 ที่นี่จังหวัดอะไร .....

2.2.5 ที่นี่ภาคอะไร .....

3. Registration ทดสอบการบันทึกความจำโดยให้จำของ 3 อย่าง (3 คะแนน)

ต่อไปเป็นการทดสอบความจำ ผม(ดิฉัน) จะบอกชื่อของ 3 อย่าง จงตั้งใจฟังให้ดี เพราะจะบอกเพียงครั้งเดียว ไม่มีการบอกซ้ำอีก **จากนั้นพูดทบทวนให้ได้ยินอีก 3 ครั้ง** แล้วพยายามจำไว้ให้ดีเดี๋ยวผม(ดิฉัน) จะถามซ้ำ

การบอกชื่อแต่ละคำให้ห่างกันประมาณ 1 วินาที ต้องไม่ซ้ำหรือเร็วเกินไป (ตอบถูก 1 คำได้ 1 คะแนน)

☐ ดอกไม้ ☐ แม่น้ำ ☐ รถไฟ .....

ในกรณีทำการทดสอบซ้ำภายใน 2 เดือน ให้ใช้คำว่า

☐ ต้นไม้ ☐ ทะเล ☐ รถยนต์ .....

4. Attention/Calculation ทดสอบสมาธิโดยให้คิดเลขในใจ (5 คะแนน) **ให้เลือกทำข้อใดข้อหนึ่ง**

ข้อนี้เป็นการคิดเลขในใจเพื่อทดสอบสมาธิ คิดเลขในใจเป็นใหม่?

ถ้าตอบว่าคิดเป็น ให้ทำข้อ 4.1 ถ้าตอบว่าคิดไม่เป็นให้ทำข้อ 4.2

4.1 “ข้อนี้คิดในใจเอา 100 ตั้ง ลบออกทีละ 7 ไปเรื่อย ๆ ได้ผลเท่าไรบอกมา”

100-7 =.....☐ 93-7 =.....☐ 86-7 =.....☐ 79-7 =.....☐ 72-7 =.....☐

บันทึกคำตอบตัวเลขไว้ทุกครั้ง ทั้งคำตอบที่ถูกและผิด ทำทั้งหมด 5 ครั้ง

ถ้าลบได้ 1,2 หรือ 3 แล้วตอบไม่ได้ ก็คิดคะแนนเท่าที่ทำได้ ไม่ต้องย้ายไปทำข้อ 4.2

4.2 ผม (ดิฉัน) จะสะกดคำว่า “มะนาว” ให้ฟัง แล้วให้สะกดถอยหลังจากพยัญชนะตัวหลังมาตัวแรก คำว่า มะนาว สะกดว่า “มอม้า-สระอะ-นอหนู-สระอา-วอแหวน” ไหนลองสะกดถอยหลังให้ฟังซิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

.....☐ .....☐ .....☐ .....☐ .....☐

ว า น ะ ม

5. Recall ทดสอบความจำระยะสั้นของชื่อสิ่งของ 3 อย่าง ที่ให้จำไว้แล้ว (3 คะแนน)

“เมื่อสักครู่ที่ให้จำของ 3 อย่าง จำได้ไหมว่ามีอะไรบ้าง” (ตอบถูก 1 คำ ได้ 1 คะแนน)

☐ ดอกไม้ ☐ แม่น้ำ ☐ รถไฟ .....

ในกรณีทำการทดสอบซ้ำภายใน 2 เดือน ให้ใช้คำว่า

☐ ต้นไม้ ☐ ทะเล ☐ รถยนต์ .....

6. Naming ทดสอบการบอกชื่อสิ่งของที่ได้เห็น (2 คะแนน)

6.1 ยื่นดินสอให้ผู้ถูกทดสอบดู และถามว่า “ของสิ่งนี้เรียกว่าอะไร” .....

6.2 ชี้นาฬิกาข้อมือให้ผู้ถูกทดสอบดู และถามว่า “ของสิ่งนี้เรียกว่าอะไร” .....

7. Repetition ทดสอบการพูดซ้ำที่ได้ยิน (พูดตามได้ถูกต้อง ได้ 1 คะแนน)

“ตั้งใจฟังผม(ดิฉัน) เมื่อผมพูดข้อความนี้แล้ว ให้พูดตาม ผมจะบอกเพียงเที่ยวเดียว”

“ใครใคร่ขายไก่ไข่” .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. Verbal command ทดสอบความเข้าใจและทำตามคำสั่ง (3คะแนน)

“ฟังให้ดีนะ เดี๋ยวผมจะส่งกระดาษให้ แล้วให้

**รับด้วยมือขวา พับครึ่งด้วยทั้ง 2 มือ แล้ววางไว้.....(พื้น, โต๊ะ, เตียง)**

ผู้ทดสอบแสดงกระดาษ A4 ไม่มีรอยพับให้ผู้ถูกทดสอบ

☐ รับด้วยมือขวา ☐ พับครึ่ง ☐ วางไว้ที่ (พื้น, โต๊ะ,เตียง)

9. Written command ทดสอบการอ่าน การเข้าใจความหมาย สามารถทำได้ (1 คะแนน)

ต่อไปนี้เป็นคำสั่งที่เขียนด้วยตัวหนังสือ ต้องการให้อ่าน จากนั้นทำตาม จะอ่านออกเสียง หรือทำตามก็ได้

“ผู้ทดสอบแสดงกระดาษแล้วเขียนว่า “หลับตา” ☐ หลับตาได้ .....

10. Writing ทดสอบการเขียนภาษาอย่างมีความหมาย (1 คะแนน)

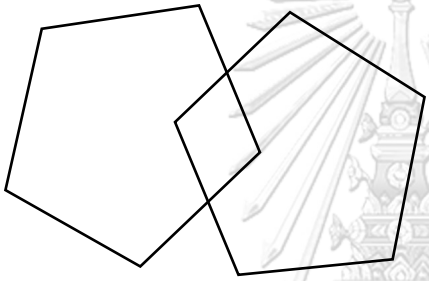
ข้อนี้เป็นคำสั่ง “ให้เขียนข้อความอะไรก็ได้ ที่อ่านแล้วรู้เรื่องหรือมีความหมายมา 1 ประโยค

.....

☐ ประโยคมีความหมาย

11. Visuostruction ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ตา กับ มือ (1 คะแนน)

ข้อนี้เป็นคำสั่ง “จงวาดภาพให้เหมือนภาพตัวอย่าง” (ลงในที่วางด้านซ้ายของภาพ



วาดได้ถูกต้อง โดยรูป 5 เหลี่ยมต้องมี 5 มุมทั้งสองรูปการณ์ตัดกันต้องเกิด 4 เหลี่ยมด้านในจึงจะได้ 1 คะแนน.....

ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ.....นาที คะแนนรวม.....คะแนน

ลงชื่อผู้ทำการทดสอบ.....วัน.....เดือน.....ปี.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| ระดับการศึกษา | คะแนน | |
|---|---|---|
| | จุดตัด | เต็ม |
| ผู้สูงอายุปกติไม่ได้เรียนหนังสือ (อ่านไม่ออก เขียนไม่ได้) | ≤ 14 | 23 (ไม่ต้องทำข้อ 4,9,10) |
| ผู้สูงอายุปกติ เรียนระดับประถมศึกษา | ≤ 17 | 30 |
| ผู้สูงอายุปกติ เรียนระดับสูงกว่าประถมศึกษา | ≤ 22 | 30 |

**จุดตัด (Cut-Off point) สำหรับคะแนนที่สงสัยภาวะสมองเสื่อม**

**แหล่งที่มา : โรงพยาบาลศิริราช, 2536 (กลุ่มฟื้นฟูสมอง, 2436)**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ภาคผนวก ฎ**

**แบบทดสอบสมาธิภาษาไทย (Trail Making Test B Thai)**

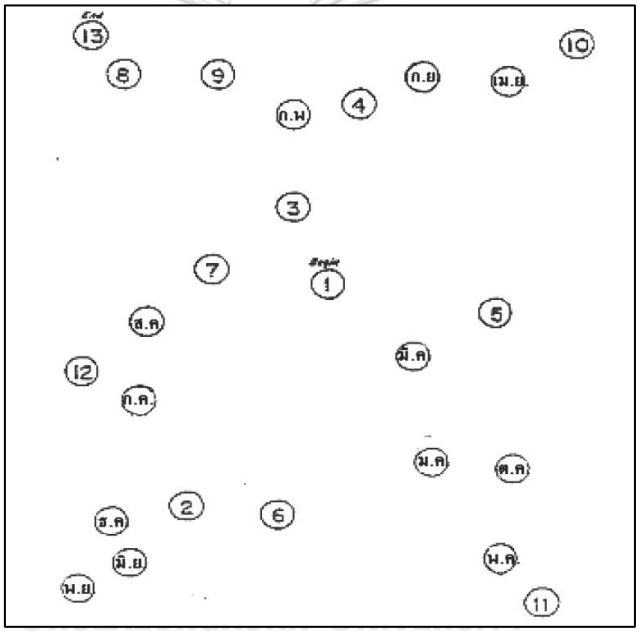
**แบบทดสอบสมาธิภาษาไทย (TMT-B)**

รหัสกลุ่มตัวอย่าง.....

วันที่ทำการทดสอบ ครั้งที่ 1..... วันที่ทำการทดสอบ ครั้งที่ 2.....

เวลาที่ทำได้ ครั้งที่ 1 ..... วินาที เวลาที่ทำได้ ครั้งที่ 2.....วินาที

ลงชื่อผู้ทำการทดสอบ.....




**วิธีการทดสอบ**

1. ผู้วิจัยชี้แจงผู้ถูกทดสอบว่าให้ใช้ดินสอลากเส้นโดยเรียงลำดับจากตัวเลขน้อยไปตัวอักษรลำดับแรก จากนั้นลากเส้นสลับตัวเลขที่เพิ่มขึ้นและตัวอักษรลำดับต่อไปให้เร็วที่สุดโดยไม่ยกมือ
2. ผู้ทำการทดสอบให้สัญญาณเริ่มพร้อมทั้งจับเวลาทันที
3. ผู้ถูกทดสอบเริ่มใช้ดินสอลากตามคำชี้แจ้งก่อนหน้า
4. เมื่อผู้ถูกทดสอบทำการลากเส้นถึงตัวสุดท้ายแล้ว ให้ทำการหยุดเวลา และบันทึกเวลา

แหล่งที่มา พัชราพร ชมภูคำ และคณะ (2550) (ชมภูคำ & วงแพทย์, 2550)

# ภาคผนวก ฏ

## การทดสอบความอ่อนตัวของร่างกาย (Flexibility Testing)

### นั่งเก้าอี้แล้วเอื้อมแตะปลายเท้า (Chair-sit and reach)

**เครื่องมือ**

1. เก้าอี้ไม่มีล้อ 1 ตัว ความสูงเพียงพอต่อการนั่งและเท้าสัมผัสพื้น
2. ไม้บรรทัด

**วิธีการ**

1. ผู้เข้าร่วมนั่งเก้าอีกค่อนไปทางด้านหน้า เหยียดขาข้างถนัดไปด้านหน้า และกระดกปลายเท้าขึ้น
2. ผู้เข้าร่วมนำมือประสานกัน แขนเหยียดตึง
3. เริ่มทดสอบ ผู้เข้าร่วมพับสะโพกเหยียดปลายนิ้วที่ยาวที่สุด ไปแตะกับปลายนิ้วเท้าที่ยาวที่สุด จากนั้นค้างไว้ 3 วินาที ผู้ประเมินวัดระยะห่างปลายนิ้วมือถึงปลายนิ้วเท้า ค่าที่ได้จะเป็นลบเมื่อปลายนิ้วมือไม่แตะปลายนิ้วเท้า และค่าเป็นบวกเมื่อปลายนิ้วมือแตะเลยปลายนิ้วเท้า
4. หลังทดสอบเสร็จ ให้ผู้เข้าร่วมทดสอบข้างตรงข้าม

**แหล่งที่มา : Purath et al.,2008**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาคผนวก ฐ**

**การทดสอบเอื้อมแตะหลัง (Flexibility Testing)**

**ทดสอบความอ่อนตัวของหัวไหล่ (Reach & back scratch)**

**เครื่องมือ**

1. ไม้บรรทัดหรือเทปวัด

**วิธีการ**

**2.** ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนตัวตรง

**3.** เริ่มทดสอบ ผู้เข้าร่วมวิจัยยกแขนข้างที่ถนัดขึ้นเหนือศีรษะ แล้วพับข้อศอกมาด้านหลังนำฝ่ามือคว่ำชี้ลง แขนอีกข้างงอศอกจากเอวขึ้นมาด้านหลัง ฝ่ามือเหยียดหงายชี้ขึ้น จากนั้นพยายามให้ปลายนิ้วของมือทั้ง 2 ข้างเข้าหากัน หรือให้ซ้อนกันให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ ผู้วิจัยทำการวัดระยะห่างปลายนิ้วของมือทั้ง 2 โดยค่าลบ หมายถึง ปลายนิ้วของมือทั้ง 2 ข้างห่างกัน ค่าเป็นบวก หมายถึง ปลายนิ้วของมือทั้ง 2 ข้างซ้อนเลยกัน

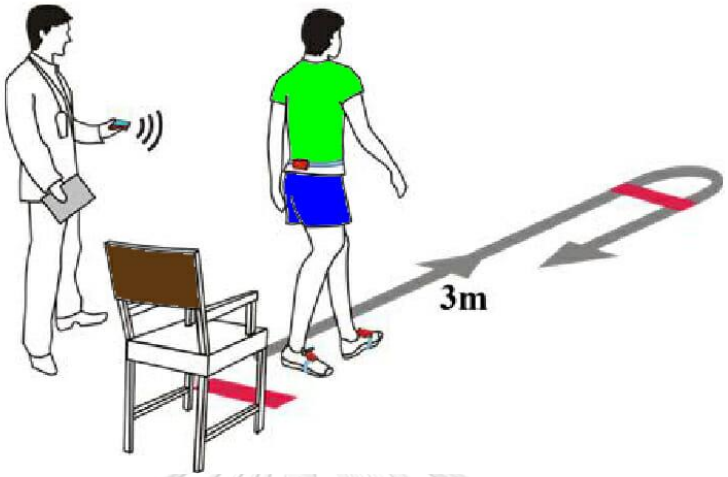
**แหล่งที่มา : Purath et al.,2008**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาคผนวก ฑ**

**การทดสอบความสมดุลของร่างกาย (Balance Testing)**

**แบบประเมิน Time up & go**




**เครื่องมือ**

1. เก้าอี้ไม่มีล้อ 1 ตัว ความสูงเพียงพอต่อการนั่งและเท้าสัมผัสพื้น
2. นาฬิกาจับเวลา
3. กรวยสำหรับกลับตัว

**วิธีการ**

1. การประเมินการทรงตัวขณะเคลื่อนที่จะทดสอบด้วย Time Up and Go
2. ผู้เจ้าร่วมวิจัยนั่งที่เก้าอี้ในท่าที่สบาย
3. เริ่มการทดสอบ ผู้ประเมินบอกเริ่ม ผู้เข้าร่วมวิจัยลุกขึ้นแล้วเดินอ้อมกรวย จากนั้นกลับมานั่งให้เร็วที่สุด ผู้ประเมินจับเวลาตั้งแต่ลุกขึ้นจนถึงกลับมานั่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**แหล่งที่มา : Purath et al.,2008**

# ภาคผนวก ฒ

## การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strength Testing)

### การทดสอบลุก - นั่ง (Chair-stand)

**เครื่องมือ**

1. เก้าอี้ไม่มีล้อ 1 ตัว ความสูงเพียงพอต่อการนั่งและเท้าสัมผัสพื้น
2. นาฬิกาจับเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**วิธีการ**

1. ผู้เข้าร่วมนั่งเก้าอี้ตัวตรง มือทั้ง 2 จับบริเวณหัวไหลในลักษณะไขว้กัน
2. เมื่อเริ่มการทดสอบผู้เข้าร่วมยืนขึ้น โดยให้ขาเหยียดตึงสุด จากนั่งผู้เข้าร่วมนั่งลงที่เก้าอี้ ผู้ประเมินจะทำการนับเป็น 1 ครั้ง ทำให้ได้มากที่สุดภายใน 30 วินาที
3. หลังการทดสอบเสร็จให้ผู้เข้าร่วมพักในท่าผ่อนคลาย 5 นาที

**แหล่งที่มา : Purath et al.,2008**

**ภาคผนวก ณ**

**การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strength Testing)**

**การทดสอบยกลูกเหล็ก (Arm-curl)**

**เครื่องมือ**

1. ลูกเหล็ก (dumbbell) ขนาด 8 ปอนด์ สำหรับผู้ชาย และ 5 ปอนด์ สำหรับผู้หญิง
2. นาฬิกาจับเวลา
3. เก้าอี้ไม่มีล้อ 1 ตัว ความสูงเพียงพอต่อการนั่งและเท้าสัมผัสพื้น

**วิธีการ**

1. ผู้เข้าร่วมนั่งบนเก้าอี้ เท้าทั้ง 2 ห่างกันพอประมาณ
2. ผู้เข้าร่วมถือลูกเหล็กที่มีความหนักตามเพศในข้างที่ถนัด โดยถือลูกเหล็กข้างลำตัวลักษณะแขนเหยียดตึง มืออีกข้างวางไว้ที่หน้าตักของข้างเดียวกันไว้
3. เริ่มทดสอบ ผู้เข้าร่วมทำการยกลูกเหล็กขึ้น โดยการพับข้อศอกมให้ลูกเหล็กขึ้นมาจนสุด จากนั้นปล่อยลูกเหล็กกลับสู่ท่าเริ่มต้น ผู้ประเมินจะนับเป็น 1 ครั้ง ให้ผู้เข้าร่วมทำให้ได้มากที่สุดภายใน 30 วินาที
4. หลังการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมพักในท่าผ่อนคลาย 5 นาที จากนั้นทดสอบข้างตรงข้ามในลักษณะเดียวกัน

**แหล่งที่มา : Purath et al.,2008**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | ธวัชชัย พลอยแดง |
| **วัน เดือน ปี เกิด** | 08 มกราคม 2534 |
| **สถานที่เกิด** | กรุงเทพมหานคร |
| **วุฒิการศึกษา** | - สำเร็จการศึกษาระดับมหาบัณฑิต วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา เวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย<br>- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและกีฬา (เกียรนิยมอันดับ 1 เหรียญทอง) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา |
| **ที่อยู่ปัจจุบัน** | 70/38 soi Prachauthit 74/1, Prachauthit road, Thing kru, Thong kru district, Bangkok, 10140 |
| **รางวัลที่ได้รับ** | -ได้รับทุนอุดหนุนการศึกษา 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย<br>-ได้รับทุนวิจัย 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย<br>-ได้รับทุนวิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University