ผลการเปรียบเทียบการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย

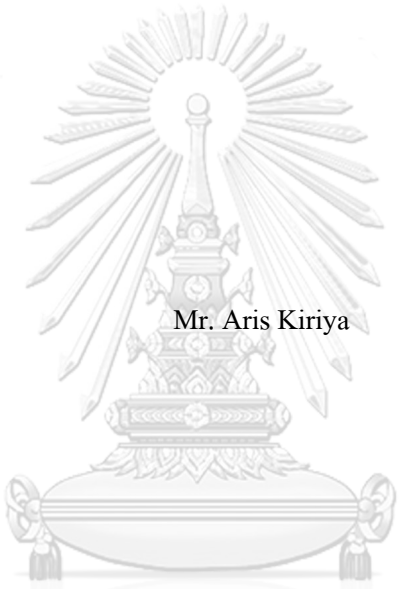
นายอริศ กิริยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF CONTINUOUS AND INTERMITTENT COLD WATER IMMERSION ON MUSCULAR PERFORMANCE RECOVERY IN MALE TENNIS UNIVERSITY PLAYER.

Mr. Aris Kiriya



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Sports Science

Common Course

Faculty of Sports Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการเปรียบเทียบการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย
โดย	นายอริศ กิริยา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

---------- คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ)

---------- กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร)

---------- กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.วรรณวิสา บุญมาก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อริศ กิริยา : ผลการเปรียบเทียบการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย . (EFFECTS OF CONTINUOUS AND INTERMITTENT COLD WATER IMMERSION ON MUSCULAR PERFORMANCE RECOVERY IN MALE TENNIS UNIVERSITY PLAYER.) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังทำการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักกีฬาเทนนิส เพศชาย มหาวิทยาลัยศิลปากร ช่วงอายุตั้ง 18 – 22 ปี ที่ฝึกซ้อมเพื่อแข่งขันและพัฒนาความเป็นเลิศ จำนวน 14 คน เข้ารับการทดสอบ 3 รูปแบบ ได้แก่ นั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องและนั่งแช่น้ำเย็นแบบสลับนังพัก การทดสอบแต่ละครั้ง เว้นระยะห่างกันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนทดสอบ ทดสอบหลังจากทำให้เกิดการล้า และหลังทำการฟื้นฟู ด้วยตัวแปรสรีรวิทยาทั่วไป พลังในการกระโดดในแนวดิ่ง ความแคล่วคล่องว่องไว ระดับความเมื่อยล้าและการเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างและความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ ระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม โดยใช้การทดสอบเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way ANOVA with repeated measure) โดยวิธีของ Bonferroni กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย พบว่า

การแช่น้ำเย็นแบบสลับนั่งพักเป็นวิธีการการฟื้นฟูสมรรถภาพของพลังในการกระโดดในแนวดิ่ง และความแคล่วคล่องว่องไวได้ดีกว่าการนั่งพักปกติและการแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่อง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และการแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่องสามารถฟื้นฟูระดับความเมื่อยล้าได้ดีกว่าการนั่งพักปกติและการแช่น้ำเย็นแบบสลับนั่งพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สรุปผลการวิจัย

การแช่น้ำเย็นแบบสลับนั่งพักเป็นวิธีที่ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสภายหลังการออกกำลังกายหรือการแข่งขันที่มีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5978417239 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORD: Continuous Cold Water Immersion, Intermittent Cold Water Immersion, Muscular Power, Tennis

Aris Kiriya : EFFECTS OF CONTINUOUS AND INTERMITTENT COLD WATER IMMERSION ON MUSCULAR PERFORMANCE RECOVERY IN MALE TENNIS UNIVERSITY PLAYER.. Advisor: Kanang Srihirun, Ph.D.

The purpose of this study war to investigate the effects of continuous and intermittent cold water immersion after exercise on muscular performance recovery in male tennis university player. Fourteen male tennis player from Silpakorn University aged range between 18-22 years were recruited. All of participants were in to 3 of tests (Continuous cold water immersion, intermittent cold water immersion and passive rest) tasks separated by 1 week. The measurements of general physical characteristics, vertical jump, spider agility test, Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale and change of power endurance. The variables were analyzed using One-way ANOVA with repeated measure by Bonferroni. A significance level of 0. 05 was considered the statistical significance.

Results

The mean time values of muscular power, agility and change of power endurance in intermittent cold water immersion treatment were higher than continuous cold water immersion and passive rest group ($p < .05$). However, the Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale in continuous cold water immersion treatment was higher than intermittent cold water immersion and passive rest group ($p < .05$)

Conclusion

The intermittent cold water immersion treatment had positive effects on muscular performance recovery in male tennis university player after exercise and competition.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Sports Science Student's Signature .....

Academic Year: 2018 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ให้ความเมตตา ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

การวิจัยนี้จะไม่สามารถสำเร็จลงได้หากไม่ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ให้การสนับสนุนเรื่องอุปกรณ์ทดสอบ เครื่องมือ และสถานที่ รวมทั้งมอบความรู้ให้กับผู้วิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาเทนนิสของมหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย อันส่งผลให้งานวิจัยฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ด้วยความดีและประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดาและมารดาอันเป็นที่รักยิ่ง ขอบพระคุณที่ท่านอบรมสั่งสอน ทั้งสนับสนุนในเรื่องการศึกษามาโดยตลอด รวมถึงให้กำลังใจ และคำแนะนำดีๆตลอดมา จนผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์ได้ตามที่ตั้งใจ

อริศ กิริยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญ 1

วัตถุประสงค์ 5

สมมติฐานของการวิจัย 6

ขอบเขตด้านการวิจัย 6

คำจำกัดความของการวิจัย 7

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

กีฬาเทนนิส 9

สมรรถภาพกล้ามเนื้อ 13

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ 15

ไอโซไคเนติก 22

การฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย 24

ประโยชน์จากการใช้ความเย็น 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การแช่น้ำเย็น....30
วิจัยที่เกี่ยวข้อง....45
กรอบแนวคิดในการวิจัย....50
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย....51
วิธีดำเนินการวิจัย....51
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....52
ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล....53
การวิเคราะห์ข้อมูล....63
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....64
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ....72
บรรณานุกรม....78
ภาคผนวก....83
ภาคผนวก ก ใบรับรองโครงการวิจัย....84
ภาคผนวก ข การอบอุ่นร่างกายและการเหยียดเหยียดกล้ามเนื้อ....94
ภาคผนวก ค แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบสมรรถภาพกล้ามเนื้อ....96
ภาคผนวก ง การทดสอบสมรรถภาพทางกาย....97
ภาคผนวก จ เครื่องมือสำหรับการทดสอบ....101
ภาคผนวก ฉ แบบสอบถามสุขภาพ....104
ประวัติผู้เขียน....106

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรพื้นฐานทางสรีรวิทยา.....64

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) 65

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความแคล่วคล่องไว.....66

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของระดับความเมื่อยล้า.....67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 1 เปรียบเทียบเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่าเหยียดเข่าข้างขวา ภายหลังการฟื้นฟู ระหว่างการฟื้นฟูโดยการนั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องและนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก.....68

แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่าเหยียดเข่าข้างซ้ายก่อนภายหลังการฟื้นฟู ระหว่างการฟื้นฟูโดยการนั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องและนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก 69

แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่างอเข่าข้างขวา ภายหลังการฟื้นฟู ระหว่างการฟื้นฟูโดยการนั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องและนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก 70

แผนภูมิที่ 4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่างอเข่าข้างซ้าย ภายหลังการฟื้นฟู ระหว่างการฟื้นฟูโดยการนั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องและนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

รูปที่ 1 กระบวนการที่ทำให้เกิดการล้าหลังจากการออกกำลังกาย (Noakes, 2012).....19

รูปที่ 2 กลไกการพักฟื้นแบบเฉียบพลันร่วมกับการแช่น้ำเย็นจากอาการล้าของระบบประสาทส่วนกลาง (Ihsan et al., 2016) 34

รูปที่ 3 กลไกการพักฟื้นแบบเฉียบพลันร่วมกับการแช่น้ำเย็นจากอาการตึงเครียดของหลอดเลือดหัวใจ (Ihsan et al., 2016).....36

รูปที่ 4 กลไกการพักฟื้นแบบเฉียบพลันร่วมกับการแช่น้ำเย็นจากผลกระบวนการเผาผลาญในกล้ามเนื้อ (Ihsan et al., 2016) 38

รูปที่ 5 กลไกการพักฟื้นแบบเฉียบพลันร่วมกับการแช่น้ำเย็นจากระบบประสาทอัตโนมัติ.....39

รูปที่ 6 สรุปกลไกในการฟื้นฟูระยะยาวขึ้นโดยเกี่ยวข้องกับการแช่น้ำเย็น 42

รูปที่ 7 สรุปกลไกของการฟื้นฟูจากการแช่น้ำเย็น (Ihsan et al., 2016) 45

รูปที่ 8 กรอบแนวคิดในการวิจัย 50

รูปที่ 9 รูปแบบการทดสอบความแคล่วคล่องว่องไวแบบ Spider Agility Test 55

รูปที่ 10 เครื่อง Speed Light ยี่ห้อ Swift Performance ผลิตโดยประเทศออสเตรเลีย 55

รูปที่ 11 เครื่อง FT 700 Power System ผลิตโดยประเทศออสเตรเลีย (ซ้าย) 56

รูปที่ 12 ซอฟแวร์ประมวลผลข้อมูล (Ballistic Measurement Software) เวอร์ชั่น 1.0 2015 ของบริษัท Innervations ผลิตที่เมือง Perth ประเทศออสเตรเลีย (ขวา).....56

รูปที่ 13 เครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic machine) ยี่ห้อ Physiomed รุ่น CON-TREX ผลิตจากประเทศสวิสเซอแลนด์.....57

รูปที่ 14 จักรยาน Monark รุ่น Ergomedic 839E ผลิตจากประเทศสวีเดน.....57

รูปที่ 15 รายละเอียดการทดลองในแบบการนั่งปกติ (การทดลองที่ 1) 59

รูปที่ 16 รายละเอียดการทดลองในแบบการนั่งแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่อง (การทดลองที่ 2).....60

รูปที่ 17 รายละเอียดการทดลองในแบบการนั่งแช่น้ำเย็นแบบสลับพัก (การทดลองที่ 3).....61

รูปที่ 18 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิจัย.....62

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

กีฬาเทนนิสเป็นกีฬาที่มีประวัติยาวนานตั้งแต่ศตวรรษที่ 13 และเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน ดังจะเห็นได้จากการที่มีรายการการแข่งขันมากมาย ได้แก่ เดวิส คัพ (Davis cup) เฟเดอเรชั่นส์ คัพ (Federation cup) และรายการแกรนด์สแลม (Grand Slam) ซึ่งเป็นชื่อเรียกการแข่งขันเทนนิสรายการใหญ่ที่สุด 4 รายการของโลก ประกอบด้วย 1.ออสเตรเลียนโอเพ่น (Australian Open) เป็นการแข่งขันในช่วงเดือนมกราคมของทุกปี ที่ประเทศออสเตรเลีย บนฮาร์ดคอร์ท 2.เฟร้นช์โอเพ่น (French Open) เป็นการแข่งขันในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน ที่ประเทศฝรั่งเศส บนคอร์ทดิน 3.วิมเบิลดัน (Wimbledon) เป็นการแข่งขันในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม ที่ประเทศอังกฤษ บนคอร์ทหญ้า และ 4.ยูเอสโอเพ่น (U.S. Open) เป็นการแข่งขันในช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา บนฮาร์ดคอร์ท รายการแข่งขันเหล่านี้จัดเป็นสุดยอดของการแข่งขันที่เป็นจุดมุ่งหมายของของนักกีฬาเทนนิสทั่วโลก (Reid, Quinn, & Crespo, 2003)การที่นักกีฬาจะประสบความสำเร็จในการแข่งขันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง โดยสิ่งที่เป็นพื้นฐานสำคัญที่สุดคือสมรรถนะของนักกีฬา โดยเฉพาะรายการที่ทางการแข่งขัน 5 เซต ที่นักกีฬาควรต้องรักษาระดับเทคนิค (Technical) แท็กติก (Tactical) สภาพทางสรีรวิทยา (Physiological) และสภาพจิตวิทยา (Psychological) ของนักกีฬาให้คงอยู่ในระดับสูงตลอดการแข่งขัน (Smekal et al., 2001) ตัวอย่างเช่น ในการแข่งขันเทนนิส ยูเอสโอเพ่น (U.S. Open) ในปี ค.ศ. 1988 ประเภทชายเดี่ยว รอบชิงชนะเลิศ ใช้เวลาทางการแข่งขันทั้งสิ้น 4.9 ชั่วโมง (Chandler, 1995) และในปี ค.ศ. 1994 มีการจัดการในช่วงที่มีอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิบนพื้นผิวสนามเท่ากับ 54 องศาเซลเซียส (Bergeron, Armstrong, & Maresh, 1995) ภายใต้สภาพดังกล่าวนักกีฬาต้องมีการเคลื่อนไหวร่างการโดยการเร่งความเร็ว(Acceleration) ลดความเร็ว (Deceleration) การเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว การรักษาการทรงตัว และการตีบอลซ้ำ ๆ จึงจัดได้ว่ากีฬาเทนนิสเป็นกีฬาที่ใช้เวลาการแข่งขันที่ยาวนาน และมีความหนักด้านการออกกำลังกายสูงตลอดการแข่งขัน นักกีฬาความมีสมรรถนะทางกายที่ดีโดยเฉพาะการเคลื่อนไหว โดยสิ่งที่เป็นตัวกำหนดความสามารถในการเคลื่อนไหวดังกล่าว คือ ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและหายใจ (Cardiorespiratory endurance)

กีฬาเทนนิสถูกจัดอยู่ในรูปแบบการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง(Intermittent exercise) เป็นการออกกำลังกายที่มีช่วงสลับหนัก-เบา เป็นกีฬาที่ต้องการความสามารถของนักกีฬาในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เคลื่อนที่อย่างรวดเร็วในทุก ๆ ทิศทาง ทั้งการเร่งความเร็ว การหยุด การออกตัว การเปลี่ยนทิศทาง และการกระโดด (Chandler, 1995) มีการศึกษาลักษณะเฉพาะของความต้องการระบบพลังงานของกีฬาเทนนิส โดยกีฬาเทนนิสจะเน้นไปที่ระบบแอนแอโรบิก (Anaerobic) Elliott, Dawson และ Pyke (Elliott, Dawson, & Pyke, 1985) ได้ทำการศึกษาเกมการแข่งขันเทนนิสพบว่า รวมเวลาการแข่งขันจะอยู่ระหว่าง 1-5 ชั่วโมง ระยะเวลาเฉลี่ยแต่ละแมทช์ประมาณ 2 ชั่วโมง ด้วยความที่เทนนิสเป็นกีฬาที่มีระยะเวลาการแข่งขันนาน และเป็นกีฬาที่ต้องใช้สมรรถนะทางร่างกายของนักกีฬาที่ความหนักสูงๆ จากการกระทำซ้ำๆอย่างต่อเนื่องตลอดการแข่งขัน (Mellor et al., 1995) ทำให้นักกีฬามักประสบปัญหาที่เป็นผลจากความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้น ทำให้การแสดงทักษะในระหว่างการแข่งขันลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายในขณะออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาลดลง เช่น การลดลงของพลังกล้ามเนื้อ การเคลื่อนที่ของนักกีฬาช้าลง (Knicker, Renshaw, Oldham, & Cairns, 2011) และความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นนั้น ยังสามารถอธิบายหรือให้คำจำกัดความคล้ายกับการลดลงของความสามารถในการสร้างพลังสูงสุด (Maximal force capacity) ของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลมาจากกลไกของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neural and muscular mechanisms) (Gandevia, 2001) สาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้า คือ กรดแลคติก (Lactic acid) กรดแลคติกเป็นของเสีย (Waste products) ตัวหนึ่งที่เกิดจากการสร้างพลังงานของระบบแอนแอโรบิก(Anaerobic system) การล้าของกล้ามเนื้อมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ได้แก่ การลดลงของพลังงานที่สะสม การขาดออกซิเจน และที่สำคัญคือการมีกรดแลคติกสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมาก การล้าของกล้ามเนื้อจะทำให้รู้สึกไม่สบายที่กล้ามเนื้อ บางครั้งมีอาการปวดเกร็งกล้ามเนื้อร่วมด้วย เมื่อมีการล้าเกิดขึ้นกล้ามเนื้อจะเคลื่อนไหวได้ช้าลง ส่งผลให้กล้ามเนื้อทำงานได้ไม่เต็มที่ โดยทั่วไปในแข่งขันกีฬาเทนนิส จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาถึงความเมื่อยล้าในกีฬาเทนนิส โดยพบว่าความเมื่อยล้าเป็นตัวจำกัดความสมบูรณ์ทางสรีรวิทยาจากการศึกษาได้มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนว่า ความเมื่อยล้าส่งผลต่อความสามารถในการตีเทนนิส โดยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบฉับพลัน (Single bout exercise and acute exercise) ที่กระตุ้นให้เกิดอาการเมื่อยล้า ในปี ค.ศ. 1997 McCarthy, Thorpe และ Williams (McCarthy, Thorpe, & Williams, 1997)ได้ศึกษาถึงความเมื่อยล้าที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพในการตีลูก โดยทำ การทดสอบความสามารถในการตีและการเสิร์ฟเทนนิส ปรากฏว่าผลของความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นนั้นส่งผลความแม่นยำในการตีบอล และการเสิร์ฟลดลง (Ground stroke and serve) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Davey, Thorpe และ Williams (Davey, Thorpe, & Williams, 2002) พบว่า ความแม่นยำในการตีบอล และความแม่นยำในการเสิร์ฟลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าความเมื่อยล้าส่งผลต่อการเคลื่อนที่ในสนาม โดยพบว่า จำนวนบอลที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักกีฬาไม่สามารถวิ่งไปตีได้จะเพิ่มขึ้น 6 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับเวลาที่ใช้ในการวิ่งไปตีจะเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Vergauwen et al., 1998)

ในการแข่งขันเทนนิสในระดับเยาวชนจนถึงระดับมหาวิทยาลัยนั้น อาจจะต้องมีการทำการแข่งขันซ้ำๆหลายครั้งภายในวันเดียวกัน ทำให้นักกีฬาเกิดความเมื่อยล้าและไม่สามารถแสดงประสิทธิภาพในการแข่งขันได้อย่างเต็มที่ในการแข่งขันรอบต่อไป ในการแข่งขันเทนนิส หากนักกีฬาซึ่งได้ลงแข่งขันไปแล้วและจะต้องลงแข่งขันอีกในวันเดียวกัน ให้นักกีฬาผู้นั้นมีสิทธิพักหลังจบการแข่งขันแต่ละครั้ง โดยตามกติกาของลอนเทนนิสสมาคมแห่งประเทศไทย กล่าวว่า หากแข่งขันน้อยกว่า 60 นาที ให้พัก 30 นาที แข่งขันมากกว่า 60 นาที แต่ไม่เกิน 90 นาที ให้พัก 60 นาที และหากแข่งขันมากกว่า 90 นาที ให้พัก 90 นาที จะเห็นได้ว่ากรณีที่นักกีฬาแข่งขันรอบที่ผ่านมาไม่เกิน 60 นาที จะมีเวลาพักแค่ 30 นาทีเท่านั้น จึงจำเป็นต้องหาวิธีการที่ทำให้นักกีฬาฟื้นฟูจากความเมื่อยล้าให้เร็วที่สุด

การอาศัยประโยชน์จากช่วงเวลาพักนั้นแม้เป็นช่วงเวลาที่จำกัด แต่ก็เป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม ดังนั้นนอกจากผู้เล่นจะต้องมีทักษะการเล่น (Skill) และสมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness) ที่ดีแล้ว ยังจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการฟื้นตัว (Recovery) ที่ดีและต้องรู้จักนำมาใช้อีกด้วย เพราะหากมีการฟื้นตัวที่ดี ย่อมจะส่งผลต่อการคงประสิทธิภาพและมาตรฐานในการเล่น ให้ยาวนานได้ยิ่งขึ้น Foss, Keteyian, และ Fox (Foss, Keteyian, & Fox, 1998) รายงานว่า จะต้องใช้เวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัวด้วยการพัก (Rest recovery) ภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลกติกที่สะสมอยู่ออกไปได้ครึ่งหนึ่ง และจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที ในการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกที่สะสมอยู่ออกประมาณ 95% โดยการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกออกจากเลือดและกล้ามเนื้อ จะทำได้เร็วขึ้น ในช่วงระหว่างการออกกำลังกายนั้น พบว่า ถ้ามีการออกกำลังกายเบาๆ (Active Recoverry) แทนที่จะให้พักอยู่เฉยๆ จะทำให้การเคลื่อนย้ายกรดแลกติกจากเลือดและกล้ามเนื้อเกิดได้เร็วขึ้น ในปัจจุบันมีวิธีการฟื้นตัวหลากหลายวิธีเพื่อขจัดให้กรดแลกติกนั้นลดลง การเคลื่อนย้ายกรดแลกติก หรือทำให้กรดแลกติกหมดไปอย่างสมบูรณ์โดยกระบวนการของร่างกายจะใช้เวลาประมาณ 24 - 48 ชั่วโมงและโดยปกติการเคลื่อนย้ายกรดแลกติก ภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่ ร่างกายจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 1 ชั่ว โมง ในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกไปให้เหลือ เท่ากับระดับที่มีในขณะพักโดยวิธีการนอนหรือนั่ง

จากการศึกษาพบว่า วิธีการฟื้นฟูความเมื่อยล้าด้วยความเย็นมีหลากหลายวิธี ซึ่งการแช่น้ำเย็นเป็นวิธีหนึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการช่วยฟื้นฟูความเมื่อยล้า การแช่น้ำเย็นยังส่งผลทำให้อัตราการไหลเวียนของเลือดบริเวณหลอดเลือดส่วนปลาย (peripheral blood flow) มีอัตราลดลงเนื่องจากหลอดเลือดบริเวณชั้น ผิวหนังมีการหดตัวแต่ด้วยเหตุนี้ทำให้อัตราการไหลเวียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โลหิตกลับเข้าสู่หัวใจ (cardiac preload) เพิ่มขึ้น คือ ทำให้ระดับการไหลเวียนเลือดส่วนกลาง (central blood volume) เพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในขณะบีบตัว (stroke volume) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (cardiac output) เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้มีปริมาณเลือดเพียงพอที่ส่งไปยังกล้ามเนื้อเพื่อแลกเปลี่ยนสารระหว่างภายนอกและภายในเซลล์และอาจกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นในระบบการทำงานของกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อ เช่น กรดแลคติกออกไปได้ (Ihsan, Watson, & Abbiss, 2016). และอาจให้ผลดีต่อระดับความสามารถของร่างกายในภายหลัง Wilcock (Wilcock, 2006) กล่าวว่า การใช้แช่น้ำเย็นเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกาย ไม่เป็นเพียงการบรรเทาอาการเจ็บปวดที่ได้รับจากการบาดเจ็บจากการกีฬาเพียงอย่างเดียว การใช้แช่น้ำนั้นยังสามารถเป็นการฟื้นฟูหรือคืนสภาพของกล้ามเนื้อจากการเมื่อยล้าซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการทำงานของกล้ามเนื้อที่หนักหรือนานเกินไปจนทำให้มีกรดแลคติคคั่งค้างอยู่ในกล้ามเนื้อและในร่างกายจนทำให้มีอาการปวดเมื่อยและอักเสบระบมกล้ามเนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับ วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ (วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) ศึกษาเรื่องผลของการแช่น้ำเย็นที่มีผลต่อการฟื้นสภาพและความสามารถทางกาย ในน้ำอุณหภูมิ 9-12 องศาเซลเซียส แช่น้ำ 3 นาที พัก 2 นาที เป็นเวลา 15 นาที ใช้การฟื้นสภาพด้วยวิธีการแตกต่างกัน 3 วิธี คือ การนั่งอยู่กับที่ การนั่งแช่น้ำเย็น และการแช่เท้าในน้ำเย็น ซึ่งทั้ง 3 วิธีมีค่ากรดแลคติกลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการ พบว่าสามารถช่วยลดกรดแลคติกได้ไม่แตกต่างกัน คทาวุธ นาคสุทธิ์ (คทาวุธ นาคสุทธิ์, 2553) ศึกษาผลของการพักฟื้นโดยการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน (แช่ 3 นาที พัก 1 นาที) การแช่น้ำเย็น (แช่ 3 นาที พัก 1 นาที) และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น (แช่น้ำร้อน 3 นาที สลับน้ำเย็น 1 นาที) หลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที พบว่า ทั้งการแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น นั้นสามารถลดปริมาณของกรดแลคติกและฟื้นฟูความแคล่วคล่องว่องไวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 เมื่อเทียบกับการนั่งพัก จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการแช่น้ำเย็น สามารถช่วยฟื้นฟูความเมื่อยล้าได้อย่างมีประสิทธิภาพการฟื้นสภาพโดยการแช่น้ำเย็นนอกจากจะใช้ในการลดการบาดเจ็บและการอักเสบของกล้ามเนื้อแล้วยังมีประสิทธิภาพในการฟื้นสภาพร่างกายภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักได้ดีทั้งยังช่วยในการลดกรดแลคติกในเลือดได้เร็วขึ้นด้วย

จากการศึกษาที่ผ่านจะสังเกตได้ว่าการแช่น้ำเย็นเพื่อฟื้นฟูความเมื่อยล้ามีหลายรูปแบบและวิธีการ เช่น วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ (วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552)ใช้น้ำอุณหภูมิ 9-12 องศาเซลเซียส แช่น้ำ 3 นาที พัก 2 นาที เป็นเวลา 15 นาที คทาวุธ นาคสุทธิ์ (คทาวุธ นาคสุทธิ์, 2553) การแช่น้ำร้อน (แช่ 3 นาที พัก 1 นาที) การแช่น้ำเย็น (แช่ 3 นาที พัก 1 นาที) และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

น้ำเย็น (แช่น้ำร้อน 3 นาที สลับน้ำเย็น 1 นาที) ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที Sanchez-Urena และคณะ (Sanchez-Urena et al., 2017) ใช้แช่น้ำแบบต่อเนื่อง 12 นาที อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และแช่น้ำไม่ต่อเนื่อง 12 นาที (แช่น้ำเย็น 2 นาที พัก 1 นาที ทั้งหมด 4 รอบ) อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส Bailey และคณะ (Bailey et al., 2007) แช่น้ำเย็น 10 นาที ในอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส Howatson, Goodall และ Van Someren (Howatson, Goodall, & Van Someren, 2009) แช่น้ำเย็น 12 นาที ในอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส วิอีลา (Vieira et al., 2016)แช่น้ำเย็น 20 นาที ในอุณหภูมิ 5 และ 15 องศาเซลเซียส Ingram, Dawson, Goodman, Wallman, และ Beilby (Ingram, Dawson, Goodman, Wallman, & Beilby, 2009) แช่น้ำเย็นไม่ต่อเนื่อง 5 นาที สลับพัก 2.5 นาที ทั้งหมด 2 รอบ ในอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จากงานวิจัยข้างต้นอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการแช่น้ำจะอยู่ระหว่าง 9 – 15 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้อยู่ระหว่าง 10 – 20 นาที สามารถแบ่งวิธีการฟื้นฟูด้วยการแช่น้ำเย็นได้ 2 ประเภท คือ การแช่น้ำแบบต่อเนื่อง และการแช่น้ำแบบสลับนั่งพัก ซึ่งทั้งสองวิธีสามารถช่วยฟื้นฟูความเมื่อยล้าได้ แต่ที่ผ่านมายังไม่มีสัดส่วนยอดนิยมของรูปแบบในการแช่น้ำเย็นที่ชัดเจนและยังไม่มีการศึกษาผลความแตกต่างระหว่างผลความแตกต่างของการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำสลับพักมากนัก

สำหรับกีฬาเทนนิสการศึกษาส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นวิเคราะห์เกมการแข่งขัน กลวิธีในการเล่น การฝึกสมรรถภาพกล้ามเนื้อ และการวิเคราะห์ทางด้านชีวกลศาสตร์เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวในกีฬาเทนนิส เช่น ทักษะการตีบอลและการเสิร์ฟ เป็นต้น สำหรับการศึกษาในเรื่องของการฟื้นฟูความเมื่อยล้ากับกีฬาเทนนิสนั้น งานวิจัยที่ผ่านมายังมีการศึกษาไม่มาก การศึกษาส่วนใหญ่จะเน้นทำการทดสอบหรือดูผลฉับพลันของการออกกำลังกายต่อความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้น ที่ผ่านมายังไม่มีสัดส่วนยอดนิยมของรูปแบบในการแช่น้ำเย็นที่ชัดเจนและยังไม่มีการศึกษาผลความแตกต่างระหว่างผลความแตกต่างของการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำสลับพักมากนัก โดยเฉพาะการฟื้นฟูความเมื่อยล้าในนักกีฬาเทนนิส ด้วยเหตุผลและข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเปรียบเทียบผลของแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำสลับพัก เพื่อฟื้นฟูให้แก่นักกีฬาเทนนิสและ ช่วยเตรียมความพร้อมแก่นักกีฬาก่อนทำการแข่งขันในรอบถัดไปให้มีประสิทธิภาพดีที่สุดอยู่ในระดับสูงก่อนเกมการแข่งขันต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังทำการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย

สมมติฐานของการวิจัย

การแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักสามารถช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อแตกต่างกัน

ขอบเขตด้านการวิจัย

1. งานวิจัยเรื่องนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและแบบสลับนั่งพักภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักกีฬาเทนนิส เพศชาย มหาวิทยาลัยศิลปากร ช่วงอายุตั้ง 18 – 22 ปี ที่ฝึกซ้อมเพื่อแข่งขันและพัฒนาความเป็นเลิศ จำนวน 16 คน โดยแบ่งออก 3 กลุ่ม เพื่อแต่ละกลุ่มเวียนปฏิบัติในแต่ละการทดลอง จนครบ 3 ครั้งการทดลอง ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3
คนที่ 1 – 5	นั่งพักปกติ	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง	แช่น้ำเย็นสลับพัก
คนที่ 6 – 10	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง	นั่งแช่น้ำเย็นสลับพัก	นั่งพักปกติ
คนที่ 11 – 16	นั่งแช่น้ำเย็นสลับพัก	นั่งพักปกติ	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง

กลุ่มตัวอย่างชุดเดียวกัน ปฏิบัติการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ และการทดลองแต่ละครั้ง เว้นระยะห่างกัน

3.ตัวแปรที่จะศึกษาประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่

3.1.1 นั่งพักปกติ (กลุ่มควบคุม)

3.1.2 นั่งแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่อง

3.1.3 นั่งแช่น้ำเย็นแบบสลับพัก

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

3.2.1 พลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power)

3.2.2 ความแคล่วคล่องว่องไว (Agility)

3.2.3 การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อ (Change of Power Endurance)

3.2.4 ระดับความเมื่อยล้า (RPE Scale)

คำจำกัดความของการวิจัย

กีฬาเทนนิส หมายถึง กีฬาชนิดหนึ่งที่เป็นรูปแบบการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent exercise) และร่างกายต้องทำงานหนักและสลับเบาอย่างต่อเนื่อง ภายใต้สภาพการแข่งขันนักกีฬาจะต้องเร่งความเร็ว ลดความเร็ว เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว การรักษาการทรงตัวและการตีบอลซ้ำๆ

การแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่อง หมายถึง การแช่น้ำเย็นอย่างต่อเนื่องไม่มีการพัก โดยในงานวิจัยนี้จะเป็นการการนั่งแช่น้ำเย็นระดับสะโพก ที่น้ำอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา ต่อเนื่อง 12 นาที

การแช่น้ำแบบสลับนั่งพัก หมายถึง การแช่น้ำเย็นแบบมีการสลับขึ้นมานั่งพัก โดยในงานวิจัยนี้จะเป็นการนั่งแช่น้ำเย็นระดับสะโพก ที่น้ำอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 นาที โดยจะมีการแบ่งชุดเป็น แช่น้ำ 3 นาที สลับกับ พัก 1 นาที จำนวน 4 รอบ

การฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อ หมายถึง การทำให้กล้ามเนื้อพร้อมกลับสู่สภาวะปกติ โดยที่ร่างกายมีการแสดงออกถึงความสามารถได้ใกล้เคียงกับการแสดงออกครั้งก่อน

พลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power) หมายถึง แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นที่เกิดขึ้นจากการออกแรงเหยียดสะโพกและขา ลงบนแผ่นตรวจจับแรงกระแทก (Force plate) จากการทดสอบด้วยเครื่อง FT700 Power และ Ballistic measurement system มีหน่วยเป็นวัตต์

การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อ (Change of Power Endurance) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำงานหรือทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งด้วยความเร็วซ้ำๆ หลายๆครั้ง โดยในงานวิจัยนี้จะเป็นค่าเฉลี่ยแรงที่เกิดขึ้นจากการหดตัวแบบหดสั้นเข้าของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการงอเข่าและเหยียดเข่า ต่อเนื่องกัน 20 ครั้ง ด้วยความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาทีหน่วยเป็นนิวตันเมตร (Nm) จะเป็นการทดสอบพลังอดทนของกล้ามเนื้อขา (Quadriceps and Hamstring) ด้วยเครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic machine) ยี่ห้อ Physiomed รุ่น CON-TREX ด้วยกล้ามเนื้อของขาทั้ง 2 ข้าง และเปรียบเทียบพลังอดทนของกล้ามเนื้อทั้ง 20 ครั้ง มาวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลง

ความแคล่วคล่องว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถของร่างกายที่จะบังคับควบคุมในการเปลี่ยนทิศทางของการเคลื่อนที่ได้ด้วยความรวดเร็วและแน่นอน ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้จะใช้การทดสอบ Spider Agility test ในการหาค่าความแคล่วคล่องว่องไว มีหน่วยเป็น วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ได้ทราบถึงผลของการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย

2. สามารถนำรูปแบบการแช่น้ำเย็นไปใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายก่อนจะแข่งขันรอบถัดไป

3. ได้งานวิจัยเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการแช่น้ำเย็นเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายในการศึกษาต่อยอดให้มีรูปแบบใหม่ๆต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการเปรียบเทียบการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย ผู้วิจัยจึงได้ค้นคว้า รวบรวมเอกสาร บทความ และตำราวิชาการที่มีรายละเอียดของเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง พร้อมนำมาเรียบเรียงไว้ดังหัวข้อต่อไปนี้

- กีฬาเทนนิส
- สมรรถภาพกล้ามเนื้อ
- ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ
- ไอโซไคเนติก
- การฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย
- ประโยชน์จากการใช้ความเย็น
- การแช่น้ำเย็น
- วิจัยที่เกี่ยวข้อง

กีฬาเทนนิส

กีฬาเทนนิสเป็นกีฬาชนิดหนึ่งที่อาศัยทักษะ เทคนิค และการเล่นที่หลากหลาย ที่สำคัญเป็นกีฬาชนิดเดียวที่มีพื้นสนามแข่งขันหลายแบบ เช่น สนามคอนกรีต สนามดิน สนามหญ้า และสนามยางสังเคราะห์ ซึ่งในแต่ละพื้นสนามนักกีฬาจะต้องใช้ยุทธวิธีการเล่นที่แตกต่างกัน การเล่นเทนนิสต้อง อาศัยสมรรถภาพทางกลไกหลายด้าน การพัฒนาการเล่นให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัย จึงต้องอาศัย การะบวนการวิเคราะห์ และการประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาเฉพาะด้าน (สนธยา สีละมาด, 2550)

ประวัติและความเป็นมาของกีฬาเทนนิส กีฬาเทนนิส หรือเรียกว่า ลอนเทนนิส (Lawn Tennis) เพราะกีฬาประเภทนี้เล่นในสนามหญ้า คำว่า Lawn แปลว่า สนามหญ้าและมีกีฬาอีกประเภทหนึ่งที่มีคำว่าเทนนิสอยู่ด้วยคือ เทเบิลเทนนิส คนทั่วไปนิยมเรียกง่ายๆ ว่า ปิงปอง ลอนเทนนิสในปัจจุบันได้วิวัฒนาการไปมาก และไม่จาเป็นต้องเล่นกันในสนาม อาจจะเล่นกันในห้องที่มี หลังคา พื้นไม้ หรือพื้นคอนกรีต แต่อย่างไรก็ตาม กีฬาประเภทนี้ยังได้ชื่อว่าลอนเทนนิสอยู่ดังเดิม เพราะเทนนิสแท้จริงนั้นเป็นกีฬาอีกประเภทหนึ่งที่เล่นกันในคอร์ทที่มีหลังคา แล้วใช้แร็กเกตที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใหญ่ กว่าแร็กเกตลอนเทนนิสธรรมดา ส่วนลูกบอลจะคล้ายลูกซอฟต์บอล หรือเบสบอล กีฬาเทนนิสเริ่ม เล่นกันมาตั้งแต่สมัยโบราณ ส่วนลอนเทนนิสเพิ่งจะเริ่มขึ้นเมื่อปลายศตวรรษที่ 19 นี่เอง ในสมัยกรีก และโรมัน มีกีฬาซึ่งคล้ายกับเทนนิส ที่เล่นกันเมื่อประมาณ 1,300 ปี ก่อนคริสต์ศักราช กีฬาประเภทนี้เรียกเป็นภาษาฝรั่งเศสว่า เจอ เดอ ปุม (Jue de Paume) ชาวฝรั่งเศสนาเข้ามาเล่นในประเทศ ฝรั่งเศส โดยระยะแรกใช้ตบด้วยมือ (คล้ายวอลเลย์บอล) แต่ต่อมาได้วิวัฒนาการเป็นใช้แร็กเกต สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับเทนนิสที่ได้บันทึกไว้เป็นลายลักษณ์อักษรปรากฏเป็นครั้งแรกในอิตาลีเมื่อปี พ.ศ. 2098 จนในศตวรรษที่ 16 และ 17 จึงได้แพร่หลายไปในอังกฤษ ศตวรรษที่ 18 กีฬาชนิดนี้ได้ซบ เซาลง แต่ได้เริ่มนิยมเล่นกันอีกในหมู่ผู้มั่งคั่ง เมื่อราวศตวรรษที่ 19 คำว่า เทนนิส มาจากภาษาฝรั่งเศสว่า เทเนซ์ (Tenez) ซึ่งแปลว่า จะเอาไป, เล่นโดยมีชาว อังกฤษชื่อ W. Skeet ผู้ซึ่งมีความชานาญ และมีชื่อเสียงให้การสนับสนุนว่า เทเนซ์เป็นของดั้งเดิมจริง แต่เขียนว่า เทเนทซ์ (Tenez) ซึ่งหมายความว่า เอาใจใส่ หรือระวัง โดยมีความหมายเหมือนกับใน ปัจจุบันคือ เล่น นาย Malcolm D. Whitman ผู้เขียนเรื่องความเป็นมาและความมหัศจรรย์ของ เทนนิสกล่าวว่า การเล่นเจอ เดอ ปุม ได้ปรากฏก่อนเทนเนซ์ ในปี พ.ศ. 2416 พันตรี Walter C. Wingfield แห่งกองทัพบกอังกฤษ ได้ดัดแปลงการเล่นเทนนิสซึ่งเล่นกันในร่ม ไปเล่นในสนามกลางแจ้ง พร้อมทั้งนาเอาแร็กเกต แบดมินตันและคอร์ตเทนนิสมารวมกันเข้า และดัดแปลงเป็นกีฬาใหม่เรียกว่า สไพริสไตค์ (Sphairistike) ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็นลอนเทนนิส เพราะเป็นกีฬาที่เล่นในสนามหญ้า และมีวิธีการเล่นที่คล้ายคลึงกับกีฬาเทนนิสสมัยเดิมมาก ในขั้นแรกใช้คอร์ตที่มีรูปร่างเหมือนนาฬิกา ทราย ตาข่ายสูง 7 ฟุต กั้นกลาง และภายหลังจากเขาได้แนะนากีฬาชนิดนี้ให้ประชาชนได้รู้จักกัน เป็นครั้งแรกในงานเลี้ยงที่สนามปาร์ตี้ (Lawn Party) ณ เวลส์ ในปี พ.ศ. 2417 Walter C.Wingfield ได้จดทะเบียนสงวนลิขสิทธิ์ของสนาม จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2418 ประชาชนได้เรียกร้องให้เลิกสงวนลิขสิทธิ์นี้กีฬาเทนนิสจึงได้แพร่หลาย เพื่อความสะดวกของผู้เล่น สมาคมโครเกต์แห่งอังกฤษที่วิมเบิล ดันได้อุทิศสนามให้เป็นที่เล่นกีฬาใหม่ชนิดนี้และทางสมาคมยังได้จัดการแข่งขันเพื่อความชนะเลิศ ของโลกประเภทสมัครเล่นขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2420 ทำให้มีการแข่งขันลอนเทนนิสที่มีชื่อเสียงมาจนถึงทุกวันนี้ต่อมาในปีพ.ศ.2431 ได้มีการก่อตั้งสมาคมลอนเทนนิสแห่งชาติขึ้นที่ประเทศอังกฤษ ซึ่งต่อมาสมาคมนี้มีชื่อว่า “ลอนเทนนิสสมาคม” และได้จัดพิมพ์กติกาการเล่นเทนนิสขึ้นอย่างเป็น ทางการเมื่อปี พ.ศ. 2437 (ฐานข้อมูลองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา, 2554 และลอนเทนนิส สมาคมแห่งประเทศไทย, 2554)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติกีฬาเทนนิสในประเทศไทย

ไม่มีหลักฐานแน่ชัดว่าใครเป็นผู้นากีฬาเทนนิสเข้ามาสู่ประเทศไทยและในสมัยใด แต่สันนิษฐานว่าคงจะเริ่มเล่นในรัชกาลพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว โดยชาวอังกฤษและอเมริกันที่เดินทางเข้ามาในประเทศไทย แต่ในขณะนั้นคนไทยยังไม่สนใจการเล่นเทนนิสมากนัก คง เล่นกันในหมู่คนต่างชาติ ต่อมาจึงมีเจ้านายคนไทยชั้นสูง และข้าราชการชั้นสูงเริ่มเล่นลอนเทนนิสกัน ครั้งนั้นนักเทนนิสไทยบางท่านนุ่งผ้าม่วง เล่นเทนนิส บางคนระหว่างการเล่นก็กินหมาก ต่อมาจึงนุ่ง กางเกงขายาว และต้องสีขาวตามแบบฉบับของชาวฝรั่ง ถือว่าเล่นเทนนิสต้องนุ่งกางเกงขายาวสีขาว เป็นการสุภาพกว่าขาสั้น จนกระทั่งในราวปี พ.ศ. 2460 ประชาชนให้ความสนใจกันมากขึ้น จึงมีการ ตั้งสโมสรเทนนิสขึ้นอย่างเป็นทางการแห่งแรกที่พระราชอุทยานสราญรมย์ มีสมาชิกครั้งแรกเพียง 10 คน ต่อมาเปลี่ยนสถานที่ไปเล่นที่พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ แต่ก็ล้มเลิกไปในที่สุด ในระหว่างนั้นก็มีอีก สโมสรหนึ่งที่มีการเล่นลอนเทนนิสคือ บางกอกยูไนเต็ดคลับ แต่เป็นสนามซีเมนต์เพียงสนามเดียว และมีเอกชนตั้งสโมสรลอนเทนนิสขึ้นหลายแห่ง เช่น บริษัทบอร์เนี้ยว บริษัท บอมเบย์เบอร์มา ที่บ้าน มิสเตอร์คอลลิน ซึ่งสมาชิกส่วนใหญ่เป็นชาวต่างประเทศ และยังมีการเล่นลอนเทนนิสที่บ้านมิสเตอร์ ลอฟตัส ซึ่งอยู่ใกล้โรงเรียนนายเรือ ธนบุรี บ้านหมอแม็คฟาแลนด์ ที่โรงพยาบาลศิริราช และบ้าน มิสเตอร์บัสโฟร์ หลังกองทัพเรือ สำหรับในหมู่คนไทยเช่นที่กระทรวงเกษตร สโมสรโรงเรียนนายเรือใน ปี พ.ศ. 2469 กรมหมื่นพิทยาลงกรณ์ ได้ทรงจัดตั้งลอนเทนนิสสมาคมแห่งประเทศไทยขึ้น โดยได้รับ ความร่วมมือจากสโมสรเทนนิส 12 สโมสรคือ ราชกรีฑาสโมสร สโมสรรถไฟ สโมสรกีฬาอังกฤษ สโมสรกีฬาสามัคยาจารย์ สโมสรนครสวรรค์ สโมสรสีลม สโมสรลาปาง สโมสรนวรัฐ สโมสรเชียงใหม่ ยิมคานา สโมสรสงขลา สโมสรกลาโหมและสโมสรภูเก็ต ได้ส่งผู้แทนเข้าประชุมกันเป็นครั้งแรกที่วัง กรมหมื่นพิทยาลงกรณ์ ในที่ประชุมก็ได้ลงมติเอกฉันท์ให้ตั้ง "ลอนเทนนิสสมาคมแห่งประเทศไทย" และได้ทรงดารงตาแหน่งนายกของลอนเทนนิสสมาคมเป็นคนแรก พร้อมทั้งได้ออกกฎข้อบังคับของ สมาคมฯ ขึ้นใช้เป็นมาตรฐานทั่วไป ซึ่งได้ใช้เป็นบรรทัดฐานมาจนถึงปัจจุบันนี้คณะกรรมการชุดแรก ของลอนเทนนิสสมาคมแห่งประเทศไทยคือ กรมหมื่นพิทยาลงกรณ์ทรงเป็นนายกสมาคมฯ นายอาร์ดี. เครก เป็นเลขานุการกิติมศักดิ์ พระยาสุพรรณสมบัติเป็นเหรัญญิกกิติมศักดิ์ ส่วนสโมสรที่อยู่ในเครือที่ ได้รับเลือกเป็นกรรมการคือ ราชกรีฑาสโมสร สโมสรกีฬาสามัคยาจารย์ สโมสรกีฬาอังกฤษ สโมสรสีลม และ สโมสรกลาโหม

พระวรวงศ์เธอกรมหมื่นพิทยาลงกรณ์ ได้ทรงมีส่วนสำคัญในการสร้างลอนเทนนิสสมาคมแห่ง ประเทศไทย และได้ทรงดารงตาแหน่งนายกสมาคมตั้งแต่ พ.ศ. 2470 ถึง พ.ศ. 2482 เป็นเวลา

ถึง 12 ปี ต่อมาในปี พ.ศ. 2482 พลเอกหลวงพรหมโยธี ได้รับเลือกเป็นนายกสมาคม ในวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2484 พ.ต.ท. ขุนศรีวรากร ได้รับเลือกเป็นนายกสมาคม และในปี พ.ศ. 2490 หม่อมเจ้าวิมวาทิตย์ รพีพัฒน์ ทรงเป็นนายกสมาคม ถือว่าวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2470 เป็นวันสถาปนาลอนเทนนิสสมาคมแห่งประเทศไทย อย่างเป็นทางการ และในปลายปี พ.ศ. 2470 ทางสมาคมฯได้จัดการแข่งขันลอนเทนนิสเพื่อความชนะเลิศแห่งประเทศไทยขึ้นเป็นครั้งแรกที่สโมสรสีลม และในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 7 พระองค์ทรงรับเอาลอนเทนนิส สมาคมแห่งประเทศไทยไว้ในพระบรมราชูปถัมภ์ เนื่องจากพระองค์ทรงโปรดกีฬาเทนนิสมากและทรง เทนนิสอยู่เสมอในสนามเทนนิสวังสุโขทัย

ในปี พ.ศ. 2494 คณะกรรมการสมาคมได้คิดตราเครื่องหมายของสมาคมขึ้นเป็นพระมหามงกุฎ มีเครื่องหมาย 7 อยู่ข้างใต้ เพื่อเป็นการระลึกถึงพระมหากรุณาธิคุณของพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว และในปี พ.ศ. 2495 ทางสมาคมฯได้แปลกติกาลอนเทนนิสของสมาคมลอนเทนนิสระหว่างชาติขึ้น เพื่อเป็นหลักในการแข่งขันและไว้เผยแพร่ให้ผู้ที่สนใจกีฬาประเภทนี้ทราบโดย ทั่วกัน

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 เป็นต้นมา ทางลอนเทนนิสสมาคมฯ ได้จัดการแข่งขันให้กว้างขวางขึ้น มี การแข่งขันเพื่อความชนะเลิศแห่งภาคขึ้นทุกภาคและคัดนักกีฬาที่ชนะเลิศเอามาแข่งขันเพื่อความชนะเลิศแห่งประเทศไทย ซึ่งแบ่งการแข่งขันออกเป็นหลายประเภท เช่น ประเภทชายเดี่ยว ประเภทชายคู่ ประเภทหญิงเดี่ยว ประเภทหญิงคู่ ประเภทคู่ผสม ประเภทชายเดี่ยวสูงอายุ (อายุ 50 ปีขึ้นไป) ประเภทชายคู่สูงอายุ (อายุรวมกัน 100 ปีขึ้นไป) เป็นต้น

ในปี 2509 ประเทศไทยเป็นเจ้าภาพจัดการแข่งขันกีฬาเอเชี่ยนเกมส์ ครั้งที่ 5 ซึ่งจัดการแข่งขันเทนนิสที่สนามกีฬาแห่งชาติ ปทุมวัน ด้านหลังสนามศุภชลาศัย และหลังจากเสร็จการแข่งขัน กีฬาเอเชี่ยนเกมส์แล้ว กรมพลศึกษาได้อนุญาตให้ลอนเทนนิสสมาคมฯ เข้ามาใช้ห้องทางานและสนาม 10 สนาม และต่อมาลอนเทนนิสสมาคมฯได้เปิดเทนนิสให้กับประชาชนทั่วไป

ปี 2520 เมื่อองค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย (การกีฬาแห่งประเทศไทย ในปัจจุบัน) ได้ จัดสร้างสนามเทนนิส จำนวน 6 คอร์ต ขึ้นในบริเวณองค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย หัวหมาก ได้มอบให้ลอนเทนนิสสมาคมแห่งประเทศไทยฯ เป็นผู้ครอบครอง และใช้สนามเทนนิสให้เป็น ประโยชน์ในการดาเนินกิจการของสมาคม และได้สร้างอาคารที่ทาการให้แก่ สมาคม ที่สนามเทนนิส แห่งนี้ด้วย กีฬาเทนนิสในประเทศไทยได้พัฒนาขึ้นมาก ในการแข่งขันเอเชี่ยนเกมส์ครั้งที่ 8 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2521 ที่ประเทศไทยเป็นเจ้าภาพนั้นนักเทนนิสประเภทคู่ผสมของไทย คือ จารึก เฮง รัศมี นักเทนนิสชาวจังหวัดอุตรดิตถ์ และสุทธาสินี ศิริกายะ ได้ตำแหน่งชนะเลิศ ปัจจุบันมีนักเทนนิส ไทยอยู่ในระดับโลกหลายคน และหวังว่าทุกๆส่วนที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะลอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เทนนิสสมาคมแห่ง ประเทศไทย คงมีแผนงานระยะยาวที่จะทำให้กีฬาเทนนิสเมืองไทยมีมาตรฐานเท่าเทียมกับประเทศ อเมริกาและกลุ่มในประเทศยุโรป (ฐานข้อมูลองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา, 2554 และลอน เทนนิสสมาคมแห่งประเทศไทย, 2554)

สมรรถภาพกล้ามเนื้อ

ในการแข่งขันกีฬาและการฝึกซ้อมนั้น นักกีฬาจำเป็นต้องมีสมรรถภาพของกล้ามเนื้อที่ดีเพื่อใช้ในการแข่งขันและการฝึกซ้อมของการเล่นกีฬา ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามการเล่น กีฬาในแต่ละประเภท ชาย์เกย์ และแกสคิลล์(Sharkey & Gaskill, 2006)ได้สรุปส่วนประกอบของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ ดังนี้

2.1ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength) ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงสูงสุดในการออกแรงหนึ่งครั้ง ในกีฬาทุกประเภทต้องการความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หรือบางชนิดกีฬาใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการวัดผลแพ้ชนะ นักกีฬาต้องใช้การฝึกด้วยน้ำหนักในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้เสนอความสัมพันธ์ระหว่าง งาน (Work), ความแข็งแรง, พลังและอัตราเร็ว (Velocity)

$$\text{Work} = \text{Force} \times \text{Distance}$$

$$\text{Power} = \text{Work} / \text{Time}$$

$$\text{Velocity} = \text{Distance} / \text{Time}$$

ดังนั้น

$$\text{Power} = [\text{Force} \times \text{Distance}] / \text{Time}$$

หรือ

$$\text{Power} = \text{Strength} \times \text{Velocity}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2 พลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power) ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำงานในครั้งหนึ่งอย่างแรงและรวดเร็วจนทำให้วัตถุหรือร่างกาย เคลื่อนไหวอย่างเต็มที่การทำงานของร่างกายที่ใช้พลังกล้ามเนื้อ จะเป็นกิจกรรมประเภทการดึง ดัน ทุ่ม พุ่งขว้าง และกระโดด ดังตัวอย่าง การกระโดดสูง การทุ่มน้ำหนัก พุ่งแหลน ขว้างจักรและการยืนกระโดดไกล เป็นต้น (Sharkey & Gaskill, 2006)

2.3 ความอดทนของกล้ามเนื้อและพลังอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Endurance and Power Endurance)

2.3.1 ความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำงานหรือทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งได้ติดต่อกันเป็นเวลานานๆ โดยปราศจากความอ่อนล้าในกีฬาบางประเภทที่ใช้ความอดทนของกล้ามเนื้อ เช่นว่ายน้ำการวิ่งระยะไกล เป็นต้น ความอดทนของกล้ามเนื้อแตกต่างกันตามขนาดของกลุ่มกล้ามเนื้อและชนิดกีฬา

2.3.2 พลังอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำงานหรือทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งด้วยความเร็วซ้ำๆหลายๆครั้ง

2.4. เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) ความไว (Quickness)และความเร็ว (Speed)

2.4.1 เวลาปฏิกิริยา หมายถึง ช่วงระยะเวลาระหว่างที่สิ่งกระตุ้นและปฏิกิริยาตอบสนองครั้งแรกต่อสิ่งกระตุ้น ปฏิกิริยาตอบสนองนี้อยู่ใต้ภายในอำนาจจิตใจโดยสั่งการจากระบบประสาทเมื่อได้รับสิ่งเร้าแล้วสั่งการลงมาที่กล้ามเนื้อ เช่น เวลาที่นักกีฬาเบสบอลตีลูกเบสบอล

2.4.2 ความไว หมายถึง การตอบสนองของสิ่งกระตุ้นในช่วงเวลาอันสั้น เช่น ความไวในการขึ้นบล็อกของนักกีฬาวอลเลย์บอล

2.4.3 ความเร็ว หมายถึง ความสามรถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยใช้เวลาน้อยที่สุด

2.5 การทรงตัว (Balance) หมายถึงการประสานงานระหว่างระบบของประสาทกับกล้ามเนื้อที่ทำ ให้ร่างกายสามารถทรงตัวอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ อย่างสมดุลตามความต้องการกิจกรรมที่เป็นการทรงตัว เช่นการเดินตามเส้นตรงด้วยปลายเท้า การยืนด้วยเท้าข้างเดียวกางแขน การเดินต่อเท้าบนสะพานไม้แผ่นเดียว เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6 ความยืดหยุ่นของร่างกาย (Flexibility) ความสามารถของกล้ามเนื้อในการยืดออกและหดเข้าของร่างกายที่ใช้ในการเคลื่อนที่ โดยธรรมชาติของร่างกาย ระยะที่ร่างกายสามารถเคลื่อนที่ได้ขึ้นอยู่กับข้อต่อ , กล้ามเนื้อ , เอ็นที่ยึดระหว่างกล้ามเนื้อกับกระดู ก (Tendon) และเอ็นยึดข้อ (Ligament)

2.7 ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)ความสามารถในการเคลื่อนที่เปลี่ยนความเร็วและทิศทาง โดยแม่นยำ และไม่เสียการทรงตัว โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น ความแข็งแรง ,พลัง, ความอดทนของกล้ามเนื้อ, ความเร็ว, ความไว, เวลาตอบสนอง, การทรงตัว และความยืดหยุ่นของร่างกาย

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

ความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ หมายถึง กล้ามเนื้อไม่สามารถทำงานให้มีประสิทธิภาพ หรือกำลังได้เท่าเดิม ภายหลังจากการที่กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นซ้ำๆ เป็นเวลานานๆ หรือถูกกระตุ้นด้วยความถี่สูง ซึ่งจะพบว่ามีผลทำให้ความเร็วของการหดตัวลดลง ระยะเวลาคลายตัวช้าลงทั้ง ๆ ที่ยังถูกกระตุ้นอยู่

การล้าของกล้ามเนื้อ (Muscular Fatigue) เป็นผลรวมทางด้านจิตใจและร่างกายไว้ด้วยกัน มักเกิดขึ้นหลังจากการที่มีการออกกำลังกายอย่างหนัก หรือมีการใช้สมองมากเกินไป การล้าของกล้ามเนื้ออาจเกิดขึ้นในช่วงใดช่วงหนึ่งก็ได้ เช่น การล้าเนื่องจากระบบประสาทส่วนกลาง และการล้าที่เซลล์กล้ามเนื้อซึ่งเป็นผลทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง เชื่อว่าการล้าที่แท้จริงเกิดขึ้นที่เซลล์กล้ามเนื้อซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากการขาดออกซิเจนและ ATP การเพิ่มปริมาณของกรดแลคติกจะทำให้การทำงานของเอนไซม์ ATPase ในเซลล์กล้ามเนื้อเสียไป นอกจากนี้H+ ที่เกิดจากกรดจะแย่ง Ca++ .ในการจับ โทรโพนินซี ดังนั้น วงจรการหดตัวคลายตัวจึงไม่เกิดขึ้น และการลดลงของ pH ทำให้การหลั่ง Ca++ จาก SR น้อยลง ถ้ากล้ามเนื้อหดตัวติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะทำให้เกิดความเจ็บปวดในกล้ามเนื้อ เพราะว่าขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวแรงดันที่เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อจะสูงมากกว่าความดันเลือด ทำให้การไหลของเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานหยุดลง และการสะสมของสารที่เรียกว่า ปัจจัย พี ซึ่งจะไปกระตุ้นตัวรับสัญญาณความเจ็บปวด ทำให้เกิดความรู้สึกเจ็บปวดได้

แกรนด์จิน (Grandjean et al., 1988) กล่าวว่า เมื่อร่างกายเรามีอาการเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อนั้น เราสามารถทราบได้จาก

1. อาการที่พบเห็นได้ด้วยตาเปล่า คือ ความสามารถในการกระทำกิจกรรมนั้นๆ ลดลง
2. การเปลี่ยนแปลงด้านชีวเคมี จะเกิดกรดแลคติกและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดสภาพความเป็นกรดมากขึ้น
3. ปรากฏการณ์ทางสรีระไฟฟ้าเมื่อกล้ามเนื้อทำงานจนอ่อนล้าจะเกิดการกระตุ้นทางไฟฟ้าที่ผิวหนัง ซึ่งเป็นผลมาจากระบบประสาทส่วนกลาง
4. คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromygram) ของกล้ามเนื้อที่ล้า

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

มีปัจจัยหลายอย่างทางด้านกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการล้า (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ & กันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. มีการคั่ง ของกรดแลคติก เชื่อกันมานานว่าการคั่ง ของกรดแลคติกจากการทำงานของกล้ามเนื้อทำให้ล้าได้ เมื่อกรดแลคติกเพิ่มขึ้น จะทำให้มีการล้าได้ เนื่องจากมีกรดแลคติกเกิดขึ้นมาก เมื่อมีกรดแลคติกคั่ง ค้างมาก ภายในเซลล์จะเป็นกรดมากขึ้น จึงทำให้การปล่อยแคลเซียมลดน้อยลง

2. การหมดไปของ เอ ที พี ซีพี ที่สะสมไว้

3. การหมดไปของไกลโคเจนที่สะสมไว้

4. การขาดออกซิเจน และการที่กล้ามเนื้อมีเลือดมาเลี้ยงไม่เพียงพอ

ทฤษฎีการล้า

ชอนน์ (Shaun, 2015) กล่าวว่า ทฤษฎีการล้าที่พบได้บ่อย แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ การล้าจากส่วนกลางและการล้าที่กล้ามเนื้อเอง

1. การล้าจากส่วนกลาง

1.1 ตัวสื่อนำสมรรถภาพการกระทำของแกนประสาทอาจจะถูกขัดขวางที่ส่วนแขนงแกนประสาท นำไปสู่การสูญเสียการกระตุ้นเนื้อเยื่อรอบกล้ามเนื้อ

1.2 การขับเคลื่อนของเซลล์ประสาทสั่งการอาจจะได้รับอิทธิพลโดยผลกระทบที่สะท้อนจากเส้นใยประสาทขาเข้าของกล้ามเนื้อ

1.3 การกระตุ้นประสาทประเภทที่ 3 และ 4 ได้ลดระดับการเผาไหม้ของเซลล์ประสาทสั่งการและยับยั้งผลผลิตของสมองใหญ่กลีบขมับ

1.4 การตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นของเซลล์ภายในเปลือกสมองใหญ่กลีบขมับอาจจะเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงเวลาของการเคลื่อนไหวของอวัยวะที่คงอยู่ ตามที่มีการแนะนำไว้โดยการวัดการใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ผลกระทบระหว่างประสาทของสารสื่อประสาทอาจจะถูกปรับปรุงขึ้น เป็นเหตุให้เพิ่มความเหนื่อยและล้า นี่เกิดจากการไหลออกของ Serotonin Precursor Tryptophan ในสมองที่เพิ่มขึ้นผ่านการลดลงของความเข้มข้นของเลือด BCAAs ในระหว่างการออกกำลังกาย

1.6 การปล่อยสารไซโนไคน์ในระหว่างการออกกำลังกาย การกระตุ้นสารอินเตอร์ลิวคิน 6 ทำให้รู้สึกเหนื่อยและอินเตอร์ลิวคิน 1 ที่ทำให้เกิดการเจ็บป่วย

ขณะที่การล้าจากกล้ามเนื้อเองเกิดจากกระบวนการภายนอกของ CNS ไม่น่าแปลกใจเลยว่าการล้าจากส่วนกลางเกิดขึ้นภายใน CNS โดยเป็นความเสียหายของการบังคับกล้ามเนื้อผ่านกระบวนการที่ใกล้เคียง สู่จุดเชื่อมกล้ามเนื้อประสาท โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้อ้างถึงจุดที่อยู่ในสมองประสาทไขสันหลัง และเซลล์ประสาทสั่งการ มีนิยามมากมายให้กับการล้า ที่เกี่ยวข้องกับการล้าส่วนกลาง โดยมีความใกล้เคียงกันอิทธิพลของประสาทส่วนกลางในแง่ลบซึ่งคงอยู่ ถึงแม้ว่า ตัว

ทดลองจะมีแรงกระตุ้นเต็มที่แรงบังคับที่ถูกสร้างขึ้นโดยความพยายามของกล้ามเนื้อโดยธรรมชาติ ซึ่งน้อยกว่าที่ถูกสร้างโดยการกระตุ้นไฟฟ้า กลุ่มย่อยของการล้าที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เจาะจงในหน้าที่ระบบประสาทส่วนกลางซึ่งไม่สามารถอธิบายด้วยการทำหน้าที่ผิดปกติของอวัยวะภายใน ภายในกล้ามเนื้อเอง

ความสูญเสียของแรงที่ยืดหดตัวได้มีสาเหตุจากกระบวนการที่ใกล้เคียงกันไปสู่จุดเชื่อมกล้ามเนื้อประสาทนิยามบางส่วนได้ถูกตั้งคำถามขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การเข้าถึงแรงกระตุ้นของบุคคลไปสู่การออกกำลังกายที่ต่อเนื่อง หรือว่าบุคคลที่มีแรงกระตุ้นเต็มที่นำไปสู่การออกกำลังกายเป็นเรื่องยากมาก อย่างไรก็ตาม นิยามเหล่านี้คล้ายคลึงในแงที่มันกำกวมในเรื่องการล้าจากส่วนกลาง ซึ่งข้อมูลไม่ได้เจาะจงเกี่ยวกับที่ตั้งหรือกลไกของความบกพร่อง

ในการทดสอบถึงสิ่งที่มาแทนที่การล้า มีสองสิ่งที่เข้ามาเกี่ยวข้อง สิ่งแรกคือการลดลงของกำลังกล้ามเนื้อ และสองคือความรู้สึก อย่างไรก็ตามการล้ามีสองประเภท อย่างหนึ่งเกิดขึ้นทั่วทั้งระบบประสาทส่วนกลาง อีกอย่างหนึ่งเกิดขึ้นในตัวกล้ามเนื้อเอง ซึ่งถูกเพิ่มมาในระบบประสาทนั้น ทั้งสองคำพูดด้านบนนั้นเกิดขึ้นในปี 1915 และ 1931 ชี้ให้เห็นว่ามีการตระหนักถึงความสำคัญของการล้าทั้งจากตัวกล้ามเนื้อและจากประสาทส่วนกลางมาอย่างน้อยเป็นศตวรรษ อย่างไรก็ตาม แนวความคิดของส่วนประกอบหลักที่นำไปสู่กระบวนการล้าไม่ได้กลายเป็นเรื่องที่นิยมจากภาพรวมงานวิจัย บางทีเพราะว่ามันเกิดจากงานของ Hill และคนอื่นๆ เป็นสิบปีมาแล้วซึ่งเน้นในเรื่องส่วนของกล้ามเนื้อเองในระหว่างการออกกำลังกายในความเป็นจริงแล้ว ความพยายามในงานวิจัยได้ใช้ในเรื่องบทบาทของ CNS ในการล้า จนกระทั่งในช่วงสิบปีหลังมานี้ดูเป็นเรื่องแปลก โดยพิจารณาถึงความยาวนานที่เรื่องการล้าเป็นที่รู้จักมา เป็นที่น่าสนใจว่าคำพูดที่สอง ได้ถูกเพิ่มในบริบท Bainbriddge ตามความต้องการของ AV Hill บิดาแห่งรูปแบบการล้าที่ล้มเหลวเอง อย่างไรก็ตามส่วนประกอบส่วนกลางได้หายไปจากการสอนการล้าจากการออกกำลังกาย ขณะที่ความสำคัญที่รับเข้ามาของการล้าของกล้ามเนื้อเองกลายเป็นเรื่องที่ถูกนำมาใส่มากขึ้นการล้าจากส่วนกลางเป็นสมมติฐานอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจจะไม่ได้รับความสนใจเนื่องจากการตีพิมพ์ผลของวิจัยซึ่งสนับสนุนทฤษฎีของการล้าในกล้ามเนื้อเอง อย่างไรก็ตาม อาจจะเนื่องจากขีดจำกัดในความสามารถที่จะวัดการล้าส่วนกลางเนื่องการขาดเป้าหมาย เครื่องมือที่วัด ในความเป็นจริงแล้ว ความยากที่คงอยู่ถึงทุกวันนี้เมื่อมีการทดสอบทฤษฎีการล้าจากประสาทส่วนกลางอย่างถูกต้อง ถึงแม้ว่าความก้าวหน้าของเทคโนโลยีกำลังอาจจะสร้างความเป็นไปได้นี้ในวิธีวิจัยทั่วไปที่ศึกษาการล้าจากประสาทส่วนกลางเป็นการเปรียบเทียบแรง Maximal Voluntary Contraction กับแรงที่แบ่งด้วย Supramaximal Electrical Stimulation ของตัวกล้ามเนื้อเอง งานวิจัยได้ประยุกต์กลวิธีนี้เพื่อบอกถึงการลดลงใน MVC และแรงที่ถูกกระตุ้น (เช่น non-CNS mediated) ในระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อซ้ำๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นำไปสู่การแนะนำกระบวนการประสาทส่วนกลางไม่อาจจะแสดงบทบาทในการล้าของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตาม Davis และ Bailey ได้สรุปว่า นี่อาจจะเป็นเหตุผลที่ว่า

- การคงที่ของแรงขับ CNS สูงสุด เป็นเรื่องยากและแม้ว่าไม่น่าพึงพอใจ และต้องการความคุ้นเคยที่ดี และแรงกระตุ้นที่เข้าร่วมเพื่อทำให้มันสำเร็จ
- แม้ว่าผู้เข้าร่วมจะได้รับแรงกระตุ้นที่ดี มันก็เป็นไปไม่ได้เสมอไปที่จะคงแรงขับ CNS ในกล้ามเนื้อบางส่วน
- เป็นเรื่องยากมากขึ้นที่จะฟื้นฟูหน่วยควบคุมทั้งหมดในระหว่างการยืดหดตัวซ้ำๆ เมื่อเปรียบเทียบกับแรงยืดหดที่ผิดปกติ ดังนั้น ผลกระทบที่ถูกรายงานของการล้าจากส่วนกลางในขณะออกกำลังกายอาจจะได้รับอิทธิพลจากแบบการออกกำลังกายที่เจาะจงเมื่อถูกใช้ในการศึกษาการวิจัยที่แตกต่างกัน

ประเด็นเหล่านี้ได้ช่วยเน้นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการวัดการล้าส่วนกลาง อย่างไรก็ตาม ความเป็นรูปธรรมของเครื่องมือการวัดการล้าส่วนกลางเป็นเรื่องสำคัญ ซึ่งมันจะช่วยเอาอัตวิสัยอื่นออกในการประเมินความตั้งใจของบุคคลเพื่อจะดำเนินการออกกำลังต่อไป ประเด็นของการวัดความล้าจากส่วนกลางอาจจะเป็นส่วนหนึ่งของเหตุผลว่าทำไมการล้าส่วนกลางเป็นที่ยอมรับเมื่อมีผลการทดลองไม่รองรับสาเหตุสำหรับการล้าของกล้ามเนื้อเอง การทำให้การล้าส่วนกลางเกือบเป็นเงื่อนไขที่ตัดทิ้งไป ยิ่งไปกว่านั้นคุณสมบัติของการล้าส่วนกลางเช่น การสังเกตแรง Maximal Voluntary Contraction ที่ลดลง ไม่ได้ให้ข้อดุลยพินิจในสาเหตุที่อยู่เบื้องหลังการพัฒนาการล้าส่วนกลาง แรงขับที่ไม่เพียงพอหรือความไม่ตั้งใจจาก CNS ไปสู่กล้ามเนื้อเป็นสาเหตุการล้าในระหว่างการออกกำลังกายในผู้คนส่วนใหญ่ ดังนั้นสิ่งสำคัญสำหรับการพัฒนาของความรู้ในกระบวนการการล้าระหว่างการออกกำลังกายซึ่งงานวิจัยได้พยายามที่จะเอาชนะความท้าทายที่เกี่ยวข้องกับการล้าส่วนกลางที่กำลังหาความจริงอยู่ การล้าส่วนกลางเป็นคำสำหรับการล้าที่เกิดจากปัจจัยที่อยู่ภายในระบบประสาทส่วนกลาง (สมอง เส้นประสาทไขสันหลัง และประสาทสั่งการ)

2.การล้าที่กล้ามเนื้อเอง

2.1 การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวเนื่องจากการออกกำลังการในสภาพแวดล้อมภายใน

2.1.1 การสะสมของกรดแลคติคและไฮโดรเจนไอออน ซึ่งไฮโดรเจนไอออนได้ถูกละลายปนอยู่ การผลิตสารคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นจากสารไบคาร์บอเนต

2.1.2 การสะสมของความร้อน นำไปสู่การขับเหงื่อที่เพิ่มขึ้น การเสียเหงื่ออาจจะส่งผลถึงการเสียน้ำของร่างกาย

2.2 การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวเนื่องจากการออกกำลังกายภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.1 การสะสมของสารอนินทรีย์ฟอสเฟตในของเหลวที่อยู่ในเซลล์ เป็นการลดแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากการขัดขวางตัวสะพานข้าม

2.2.2 การสะสมของไฮโดรเจนไอออนในของเหลวที่อยู่ในเซลล์ เป็นการลดแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากการขัดขวางตัวสะพานข้าม ซึ่งการสะสมไฮโดรเจนไอออนอาจจะช่วยลดการเก็บกลับแคลเซียมไอออนในท่อของเหลวที่อยู่ในเซลล์

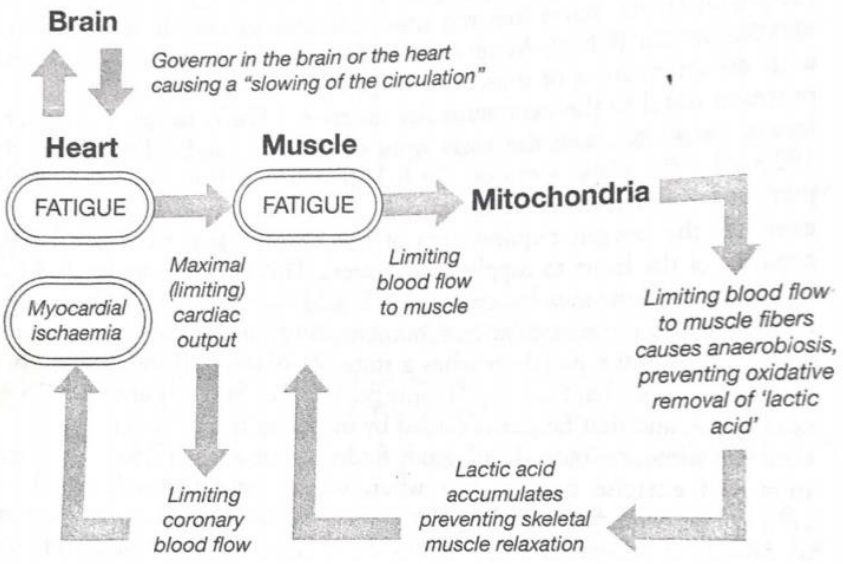
2.2.3 การสะสมของแมกนี้เซียมไอออนในเซลล์ เมื่อแมกนี้เซียมไอออนขัดขวางการปล่อยแคลเซียมไอออนจากท่อของเหลวที่อยู่ในเซลล์

2.2.4 การขัดขวางการปล่อยแคลเซียมไอออนจากท่อของเหลวในเซลล์โดยการสะสมของสารอนินทรีย์ฟอสเฟต การปล่อยแคลเซียมไอออนที่ถูกขัดขวางด้วยการตกตะกอนของแคลเซียมฟอสเฟตในท่อของเหลวในเซลล์และขบวนการฟอสฟอรีเลชั่นของช่องทางการปปล่อยแคลเซียมไอออน

2.2.5 การปฏิเสธการเก็บกักไกลโคเจนและ(ในกรณีที่ร้ายแรง)การปฏิเสธของระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด

2.2.6 อัตราความเร็วของการเป็นสื่อนำที่ถูกลดลงของสมรรถภาพที่เกิดขึ้นตามเนื้อเยื้อที่อยู่รอบใยกล้ามเนื้อ อาจจะเป็นเหตุของการเปลี่ยนแปลงทางเคมีชีวภาพด้านในและรอบเนื้อเยื้อกล้ามเนื้อ สิ่งนี้ไม่มีการรับรู้ผลกระทบทันทีตามแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

2.2.7 การไหลออกที่เพิ่มขึ้นของโพแทสเซียมจากกล้ามเนื้อ โพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นในช่องของท่อทางขวางอาจจะสกัดสมรรถภาพการทำงานของท่อและลดแรงเนื่องจากการลดของ Excitation-Contraction Coupling



รูปที่ 1 กระบวนการที่ทำให้เกิดการล้าหลังจากการออกกำลังกาย (Noakes, 2012)

การล้าที่กล้ามเนื้อเองนั้น ชี้ให้เห็นว่า ตำแหน่งที่แสดงการล้าตั้งอยู่รอบนอกของระบบประสาทส่วนกลาง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การล้าที่กล้ามเนื้อเองมีความเกี่ยวข้องกับการลดของแรงกดกล้ามเนื้อที่มีเหตุมาจากกระบวนการส่วนปลายถึงข้อต่อกล้ามเนื้อร่วมประสาท แนวความคิดของการล้าที่ตัวกล้ามเนื้อเองนี้มาจากการทำงานของ AV Hill และเพื่อนร่วมงานในปี 1920s งานชิ้นนี้บางส่วนของงาน HILL ได้ใช้ตัวเองเป็นตัวเข้าร่วมทดสอบ นำไปสู่บทสรุปนั้นทันทีก่อนการสิ้นสุดของแบบดสอบ ความต้องการออกซิเจนของกล้ามเนื้อที่กำลังออกกำลังกาย มากกว่าสมรรถภาพของหัวใจที่จะสำรองออกซิเจนนั้น สิ่งนี้ได้พัฒนา Anaerobiosis ภายในกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานอยู่เป็นเหตุให้เกิดการสะสมกรดแลคติค เนื่องด้วยการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดในสภาพแวดล้อมในชั้นกล้ามเนื้อ การหดตัวที่ต่อเนื่องกลายเป็นสิ่งที่เป็นไปไม่ได้และกล้ามเนื้ออาจจะถึงขั้นล้มเหลว Hill ได้ตีความผลเหล่านี้ว่ากรดแลคติคที่เกิดขึ้นในร่างกายภายใต้เงื่อนไข Anaerobic และการล้ามีเหตุจากความเข้มข้นกรดแลคติคในชั้นกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น ผลการวิจัยยังแสดงถึงการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการสูดออกซิเจนเข้าร่างกาย Hill และเพื่อนร่วมงานได้สรุปว่าปัจจัยเริ่มต้นในความอดทนในการออกกำลังกายคือสมรรถภาพของหัวใจในการสูบฉีดโลหิตไปสู่กล้ามเนื้อ ทฤษฎีนี้มาจากรูปแบบของ Cardiovascular/Anaerobic/Catastrophic/ ของการออกกำลังกาย (“Catastrophic” เนื่องจากความล้มเหลวของหน้าที่หัวใจตามเกณฑ์ปกติ) กลายเป็นทฤษฎีในการสอนและการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา

ถึงอย่างไรก็ตาม ลักษณะเด่นในสภาพของนักสรีรวิทยาทางด้านกีฬาและการออกกำลังกายได้มีประเด็นเกี่ยวกับรูปแบบ Cardiovascular/Anaerobic/Catastrophic ในการออกกำลังกาย อันดับแรก ให้พิจารณาถึงวิธีในการวิจัยหลายๆ ชิ้นที่ใช้รูปแบบนี้ซึ่ง Hill เป็นทั้งผู้ลงมือทดลองและผู้ทำวิจัย ภูมิหลังของ Hill นี่อาจจะไม่เชิงปรนัยที่สุดหรือเป็นวิธีวิจัยที่น่าเชื่อถือนัก ภูมิหลังของ Hill คือนักสรีรวิทยา ซึ่งเขาอาจจะเน้นไปในเรื่องกล้ามเนื้อในสภาพของความล้าและยึดเอาการตีความผลของเขาไว้ก่อน ถึงแม้ว่าสิ่งนี้จะเป็นไปทางทฤษฎี อันดับสอง Hill และเพื่อนร่วมงานชี้ให้เห็นว่าผลจังหวะการเต้นของหัวใจขั้นสุดบรรลุผลสำเร็จเนื่องการพัฒนาของ Myocardial Ischaemia หากหัวใจไม่สามารถสูบฉีดเลือดขณะที่ก็ไม่สามารถลำเลียงออกซิเจนในระดับที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบที่มีความซับซ้อนมากอาจจะรับรองได้ว่า ขณะที่ระดับผลการเต้นของหัวใจที่ผ่านเข้ามาในระหว่างการออกกำลังกายที่เข้มข้นสูงสุด หัวใจของคนสุขภาพดีไม่ได้พัฒนา Ischaemia แม้ในระหว่างการออกกำลังกายที่เข้มข้น อันดับสาม รูปภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่า การเข้าถึงผลลัพธ์การเต้นของหัวใจขั้นสูงได้จำกัดการไหลของเลือดที่ไปสู่กล้ามเนื้อที่กำลังทำงาน เป็นเหตุให้เกิด Anaerobiosis ซึ่งป้องกันการเคลื่อนที่ของกรดแลคติคแบบออกซิเดทีฟ ผลลัพธ์นี้เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการสะสมกรดแลคติคในกล้ามเนื้อซึ่งเข้าไปเกี่ยวข้องกับความสามารถในการยืดหดตัวของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ เป็นเหตุให้เกิดการล้ากล้ามเนื้อ บทบาทของกรดแลคติคในการล้าขณะออกกำลังกายจะอภิปรายในบทที่ 3 มีหลักฐานเพียงพอที่จะกล่าวได้กรดแลคติคเป็นเหตุที่ทำให้หน้าที่ของกล้ามเนื้อที่กำลังออกกำลังกายมีการหดตัว ยิ่งไปกว่านั้น หลักฐานที่ไม่เพียงพอเกี่ยวกับกล้ามเนื้อที่กลายเป็น Anaerobic ในระหว่างการออกกำลังกายหรือการนำเข้าออกซิเจน หรือผลการเต้นของหัวใจที่สอดคล้องกันจนถึงขีดสุด (ถูกนิยามโดยค่าคงที่ด้วยความเข้มข้นในการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้น) โดยอาจจะแสดงความหมายโดยนัยถึงการล้าระหว่างการออกกำลังกายขีดสุด อันดับสี่ รูปแบบของ Hill ได้แนะนำไว้ว่า พัฒนาการของการล้าในส่วนนอกอาจจะเป็นผลในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อที่เพิ่มการฟื้นฟูขึ้นในสมองในการที่พยายามที่จะช่วยเนื้อเยื่อที่กำลังล้าเหล่านี้และรักษาความเข้มข้นในการออกกำลังกาย ซึ่งการตอบสนองนี้ดำเนินต่อไปจนกระทั่งเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อทั้งหมดได้รับการฟื้นฟู มีเพียงแค่ในประเด็นนี้ที่อาจจะเริ่มจะพัฒนา อย่างไรก็ตาม การคาดคะเนนี้ได้ขัดแย้งต่อมุมมองอื่นของรูปแบบ เช่น การฟื้นฟูที่ต่อเนื่องของกล้ามเนื้อจะทำให้วิกฤติกล้ามเนื้อแย่ลง (เช่น การพัฒนา Anaerobiosis) ซึ่งเป็นรูปแบบที่คาดสาเหตุที่สิ้นสุดการออกกำลังกาย ขณะนี้เราได้รู้ว่า ทั้งๆ ที่ ในระหว่างการออกกำลังกายหรือความเข้มข้นในการออก การพัฒนาการล้าก่อนการฟื้นฟูเต็มที่ของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ โดยประมาณแล้ว 35-50% ของกลุ่มกล้ามเนื้อจะได้รับการฟื้นฟูระหว่างการออกกำลังกายเกินกำหนด โดยเพิ่มได้ถึง 60% ในระหว่างออกกำลังกายขีดสุดท้ายสุด มีการอ้างอีกครั้งถึงแผนผังของรูปแบบในรูปภาพที่ 1 ใกล้กับด้านบนซ้ายของผังจะเป็นรูปของสมองด้วยบริบทที่ว่า ‘Governor in the brain or the heart เป็นเหตุให้ความช้าลงของการหมุนเวียนโลหิต’ Hill และเพื่อนร่วมงานได้เสนอเรื่องกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดว่าเป็นสาเหตุของการถึงผลของการสูบฉีดหัวใจอย่างหนักที่ถึงขีดจำกัดในการออกกำลังกาย ถ้าเรื่องกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดได้รับการพัฒนาและคงอยู่ในระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนักก็จะเป็นผลต่อความแข็งแรงของเนื้อเยื่อหัวใจ และเกิดขึ้นต่อตัวนักกีฬา Hill และเพื่อนร่วมงานได้อธิบายต่อการขาดหายไปในเงื่อนไขการดูแลชีวิตแบบนี้โดยการเสนอการคงอยู่ของ Governor ที่ตั้งใจอยู่ไม่ในสมองก็หัวใจ ซึ่งลดกิจกรรมของหัวใจที่เป็นจุดเริ่มต้นของกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด โดยการป้องกันมันจากความเสียหาย อย่างไรก็ตามเราได้อ้างถึงกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดว่าไม่ได้เกิดในหัวใจที่มีสุขภาพดีในระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนักสุด ดังนั้น สิ่งที่แตกต่างกันในรูปแบบนี้คือความล้าที่ไม่ได้ปรากฏร่วม อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีที่คงอยู่ และการถกเถียงกันยังเป็นการอธิบายถึงการล้าที่เกิดขึ้นขณะออกกำลังกาย การล้าที่กล้ามเนื้อเองเป็นคำสำหรับอาการล้าที่เกิดโดยปัจจัยภายนอกของระบบประสาทส่วนกลาง ห่างจากส่วน Neuromuscular Junction

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.การล้าจากกล้ามเนื้อเองและจากประสาทส่วนกลาง: สรุป

ทฤษฎีของการล้าทั้งสองแบบในการเล่นกีฬาและการออกกำลังกาย ทั้งสองทฤษฎีได้มีข้อจำกัดในส่วนของงานวิจัยที่ได้ตามหาข้อมูลอยู่ และในเรื่องสมรรถภาพที่ได้อธิบายถึงการล้าในกีฬาและการออกกำลังกาย ในความเป็นจริงแล้ว ความสามารถของทฤษฎีที่มีความเป็นอิสระต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพได้อธิบายเรื่องการล้าไว้ในแผนการออกกำลังกายและกีฬาให้สามารถตั้งคำถามได้ อย่างไรก็ตาม การล้าของกล้ามเนื้อเองและจากประสาทส่วนกลางเป็นคำที่ครอบคลุมในการแบ่งกระบวนการที่เจาะจงลงไปหลายๆ อย่าง ซึ่งคิดรวมเรื่องการล้าทั้งหมด เป็นเรื่องง่ายที่จะคิดว่าการล้าจากกล้ามเนื้อเองและจากประสาทส่วนกลางเป็นทฤษฎีที่ตรงข้ามกันซึ่งไม่มีพื้นฐานใดหรืออิทธิพลใดต่อกัน ขณะที่มีการอ้างตลอดในหนังสือเล่มนี้ถึงร่างกายที่ตอบสนองต่อการออกกำลังกายในเชิงที่นิยมกัน ดังนั้น มันจึงดูเหมือนว่ากระบวนการการล้าทั้งจากกล้ามเนื้อเองและจากประสาทส่วนกลางมีการเกี่ยวกันและมีอิทธิพลซึ่งกันและกัน

ไอโซไคเนติก

บอมปาและคอร์นัคเชีย (Bompa & Cornacchia, 1998) ได้ให้ความหมายของไอโซไคเนติกว่า ไอโซไคเนติกมาจากภาษากรีก คือ “Isos” ซึ่งมีความหมายว่า เท่ากัน (Equal) และ “Kinetics” ซึ่งมีความหมายว่าเคลื่อนไหว (Motion) ซึ่ง เคเมอร์ (Kraemer et al., 1995) กล่าวว่า การทดสอบสมรรถภาพความแข็งแรงโดยใช้ไดนาโมมิเตอร์ซึ่งจะรักษาคานที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่เรียกว่า ไอโซไคเนติก นอกจากนี้

ฟอร์ส , แคทีเยน และฟอกซ์ (Foss et al., 1998)ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับการหดตัวแบบไอโซไคเนติกว่า เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยแรงที่สูงสุดที่ความเร็วคงที่ของทุกมุมของข้อต่อของช่วงการเคลื่อนไหวแรงเป็นปริมาณทางฟิสิกส์ ที่สามารถทำให้วัตถุหรือสิ่งของหรือร่างกายเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง มีหน่วยเป็นนิวตัน แรงที่มีขนาดและทิศทางจะเป็นปริมาณเวกเตอร์ เช่น น้ำหนัก ความเร็ว และความเร่ง แต่ถ้าแรงที่มีขนาดอย่างเดียวจะเป็นปริมาณ สเกลาร์ เช่น มวล อุณหภูมิ ความยาว เวลา

เครื่องมือวัดระบบไอโซไคเนติกเป็นเครื่องมือวัดความสามารถของแรงพยายามของกล้ามเนื้อที่กระทำ ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่าตัวเลข กราฟ และสัญญาณที่ส่งออกมาจากไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ในขณะพยายามตลอดการเคลื่อนที่ (Range of motion) โดยกอทมาเกอร์, เปอร์ริน, มัส, โซบอลและไดเอช (Gortmaker, Must, Perrin, Sobol, & Dietz, 1993)ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อสามารถทำได้เฉพาะการหดตัวหรือคลายตัว เมื่อกล้ามเนื้อถูก

กระตุ้นให้หดตัวมันเป็นผลสู่แรง (Force) ถ้าแรงนี้ถูกวัดรอบแกนหมุนของข้อต่อ ผลของแรงที่เกิดขึ้นนั้นคือ โมเมนของแรงเรียกว่า แรงบิด (Torque) ซึ่งไอโซไคเนติกจะวัดแรงตึงที่เป็นผลโดยกล้ามเนื้อจากแกนหมุนของไดนาโมมิเตอร์แรงบิดที่เกิดขึ้นตลอดของช่วงการเคลื่อนที่ ค่าที่วัดได้จะแสดงออกมาเป็นได้ทั้งสองค่า ดังนี้ (Meedej, Bhatharobhas, Makaje, & Technology, 2015)

1.ค่าสูงสุด (Peak) จะแสดงที่จุด ณ กล้ามเนื้อออกแรงสูงสุด หรือแรงบิดสูงสุด ซึ่งมักจะปรากฏออกมาขณะที่อยู่ในช่วงกลางของการเคลื่อนที่ในรอบนั้น (Mid range of motion)

2.ค่าเฉลี่ย (Average) จะคำนวณจากความตึงตัวของกล้ามเนื้อตลอดช่วงการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ยดังนั้นในการใช้ค่าเฉลี่ยจึงมักกระทำเมื่อต้องการผลลัพธ์ก่อน (Pre-test) และหลังจากทำการทดสอบ (Post-test) หรือความต้องการเพื่อเปรียบเทียบกล้ามเนื้อสองกลุ่ม

ในปัจจุบันจะเห็นว่าความสัมพันธ์ของค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของแรงบิด และแรงที่กระทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นค่าที่มาตรฐาน (Gortmaker et al., 1993)มีการทดสอบความล้าด้วยเครื่องไอโซไคเนติกของ (Maffiuletti, Jubeau, Agosti, De Col, & Sartorio, 2008) โดยการศึกษาเกี่ยวกับความเชื่อมั่นของการวัดค่าเหยียดเข่าและงอเข่า ตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที เลือกลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นคอนเซ็นทริค/คอนเซ็นทริค ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันจำนวน 20 ครั้ง โดยใช้เครื่องคอน-เทร์ส ไอโซคิเนติค (Con-Trex Isokinetic) ในความล้าของกล้ามเนื้อ โดยดูค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเหยียดเข่าและงอเข่า มีค่าความเชื่อมั่นในระดับปานกลางถึงระดับสูง มีค่า ICC (Intraclass Correlation Coefficients) สูงกว่า 0.86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลักการทดสอบไอโซไคเนติก

เนื่องจากรูปแบบการทำงานแบบไอโซไคเนติกเป็นรูปแบบที่แปลกใหม่ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้เข้าใจถึงวิธีการสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือเพื่อให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูง การอธิบายให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้ทราบถึงการกำหนดความเร็วของเครื่องมือ และความต้านทานที่เครื่องมือกำหนดออกมาจะเกิดจากการที่ผู้เข้ารับการทดสอบได้พยายามออกแรงกระทำให้ร่างกายส่วนที่ทดสอบเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่กำหนดไว้หรือมากกว่าความเร็วที่กำหนดไว้ การบอกหรือกระตุ้นให้ออกแรงดันหรือดึงให้มากที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่สามารถกระทำได้ และเนื่องจากเครื่องมือในระบบไอโซไคเนติกสามารถทำการทดสอบได้ทั้งกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น และแบบเหยียดออก จึงจำเป็นจะต้องบอกให้ผู้เข้ารับการทดสอบให้เข้าใจว่า เมื่อทำการทดสอบกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออกนั้น ผู้เข้าทดสอบจะต้องออกแรงต้านการเคลื่อนที่ของคานที่ต่อมาจากตัวหน่วงแรง นอกจากนี้การจัด

ตำแหน่งของร่างกาย และการยึดตรึงร่างกายของผู้เข้ารับการทดสอบนั้น เพื่อแยกกลุ่มกล้ามเนื้อที่ต้องการโดยตรง แยกออกจากกล้ามเนื้อที่มีส่วนช่วยในการทำงานให้มากที่สุด เช่น การรัดเข็มขัดที่หน้าอกและเอว เพื่อทดสอบกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย และต้องให้ผู้เข้ารับการทดสอบใช้แขนทั้งสองข้างกอดอก เป็นต้น (Gortmaker et al., 1993)

การฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย

การฟื้นตัวจากการออกกำลังกายมีความสำคัญ เช่นเดียวกับการใช้พลังงานในการออกกำลังกาย หากนักกีฬาสามารถฟื้น ตัวได้รวดเร็วประสิทธิภาพในการทำงานก็จะดีขึ้นตามมา สอดคล้องกับกันยา (กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) กล่าวว่า หลังการออกกำลังกายอย่างหนัก สิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งคือจะต้องฟื้นฟูสภาพร่างกายโดยเร็ว ยิ่งการฟื้นฟูมีประสิทธิภาพมากเท่าไร ความเมื่อยล้าก็จะมีโอกาสลดลงเท่านั้น เอทีพี พีซี ที่สำรองไว้จะต้องได้รับการเติมทันที ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นในการเติมเอทีพีระหว่างการทำงานหนัก ถ้าออกซิเจนในกล้ามเนื้อ มีมากจะทำให้เอทีพี มีมากด้วย ดังนั้นนักกีฬาจะทำงานได้ยาวนานขึ้น เวลาฟื้นฟูสภาพร่างกายหลังการทำงานหนักก็จะสั้นลง การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ หลังจากการออกกำลังกายขึ้น อยู่กับการเคลื่อนย้ายของเสีย คือ กรดแลกติก ไฮโดรเจนอิออนและคาร์บอนไดออกไซด์รวมไปถึงการชดเชยพลังงานที่สะสมไว้ใช้ในระหว่างการออกกำลังกาย ถ้าระบบออกซิเจนดี หนี้ของออกซิเจน (Oxygen Debt) ก็สามารถจ่ายคืนได้เร็วและระบบฟอสเฟสก็จะคืนมาเหมือนเดิม (กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) กวิน (กวิน พิกุลงาม, 2550) กล่าวว่า การชดเชยออกซิเจนที่เป็นหนี้แบ่งได้เป็นสองช่วงคือ การฟื้นตัวใน 2 - 3 นาทีแรกอัตราการใช้ออกซิเจนจะลดลงอย่างรวดเร็วเรียกว่าอแลกตาซิด คอมโพเนน (Alactacid Component) หลังจากนั้น จะลดลงอย่างช้าๆ เรียกว่าแลกตาซิด คอมโพเนน (Lactacid Component) ในช่วงนี้จะใช้ออกซิเจนเพื่อการขนย้ายกรดแลกติกที่อยู่ในกล้ามเนื้อ และเลือดออกมา ส่วนในช่วงแรกนั้น จะใช้ออกซิเจนเพื่อเพิ่มไมโอโกบิน (Myoglobin) และฮีโมโกบิน (Hemoglobin) ที่สูญเสียไปให้กลับมาใช้ในกระบวนการหายใจและกล้ามเนื้อ หัวใจ และใช้ในกระบวนการสร้างเอทีพี พีซีและไกลโคเจนการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ หลังจากการออกกำลังกายขึ้น อยู่กับการเคลื่อนย้ายของเสีย คือกรดแลกติก ไฮโดรเจนอิออน (H+) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) รวมไปถึงการชดเชยพลังงานที่สะสมไว้ใช้ในระหว่างการออกกำลังกาย ฟอส; และเคเตเยียน (Foss et al., 1998) รายงานว่า จะต้องใช้เวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัวด้วยการพัก (Rest recovery) ภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลกติกที่สะสมอยู่ออกไปได้ครึ่งหนึ่ง และจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที ในการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกที่สะสมอยู่ออกประมาณ 95% โดยการเคลื่อนย้ายกรดแลกติก ออกจากเลือดและกล้ามเนื้อ จะทำได้เร็วขึ้น ในช่วงระหว่างการออกกำลังกายนั้น พบว่า ถ้ามีการออกกำลัง

กายเบาๆแทนที่จะให้พักอยู่เฉยๆ จะทำให้การเคลื่อนย้ายกรดแลกติก จากเลือดและกล้ามเนื้อเกิดได้เร็วขึ้น การออกกำลังกายเบาๆนี้เรียกว่าการฟื้นตัวโดยการออกกำลังกาย(Exercise recovery) หรือการฟื้น ตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว (Active recovery) ซึ่งจะมีวิธีการเหมือนกับการคลายอุ่นร่างกาย (Cooldown) ซึ่งจะช่วยให้กล้ามเนื้อสามารถฟื้นสภาพจากอาการเมื่อยล้าได้เร็วขึ้น ขณะเดียวกัน ยังช่วยลดสภาวะที่อาจจะนำไปสู่การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็นและข้อต่อในระหว่างการฝึกซ้อมหรือออกกำลังกายโดยความหนักของการออกกำลังกายที่ 30 – 45% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกจากเลือดได้เร็วที่สุด ซึ่งเทียบได้กับอัตราการเต้นของชีพจรสูงสุดที 35 – 59%ของอัตราการเต้นของชีพจรสูงสุด (Medicine, Medicine, Sports, & Exercise, 2000) แต่ถ้าความหนักของการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัวมากกว่า 60% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด จะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกจากเลือดได้น้อยกว่าการพักเฉยๆ ในการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกออกจากเลือดและกล้ามเนื้อ ต้องอาศัยกระบวนการใช้ออกซิเจนดังนั้น ระบบไหลเวียนเลือดจึงมีความสำคัญที่จะช่วยให้กล้ามเนื้อ ฟื้นตัวได้เร็วขึ้น โดยเลือดทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการนำออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ของร่างกาย และยังนำของเสียออกจากร่างกาย ในทางสรีรวิทยาของการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกสามารถกำจัดกรดแลกติกได้หลายกระบวนการ ดังนี้

1. ขับถ่ายออกทางปัสสาวะและเหงื่อ ซึ่งเป็นไปได้น้อยมาก

2. การเปลี่ยนไปเป็นกลูโคส หรือไกลโคเจน เนื่องจากกรดแลกติกเป็นผลิตผลจากการสลายคาร์โบไฮเดรต ดังนั้น จึงสามารถเปลี่ยนไปเป็นไกลโคเจนและกลูโคส ในกล้ามเนื้อ และตับได้ แต่การสร้างไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ และตับนัน เป็นไปได้ช้ามาก

3. การเปลี่ยนไปเป็นโปรตีน ซึ่งจะเกิดเพียงเล็กน้อยในทันทีของระยะฟื้นตัว

4. การออกซิเดชั่น เปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และนำกรดแลกติกสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ เมื่อมีออกซิเจน โดยเปลี่ยนไปเป็นกรดพลัยรูวิคก่อนแล้วเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ในกระบวนการของวัฏจักรเครบส์ (Krebs cycle) และระบบขนส่งอิเล็คตรอน (Electron Transport) ปฏิกิริยาทางเคมีการออกซิเดชั่นของกรดแลกติกมีดังต่อไปนี้

$$\underset{\text{(กรดแลกติก)}}{C_3H_6O_3} \longrightarrow \underset{\text{(กรดพลัยรูวิค)}}{C_3H_4O_3 + 3O_2} \longrightarrow 3CO_2 + 3H_2O + \text{พลังงาน}$$

$$\text{พลังงาน} + 16\ ADP + 16\ Pi \longrightarrow 16\ ATP$$

การพักอย่างมีกิจกรรม

การฟื้นตัวมีหลายชนิดเช่น การนั่งการเดิน การยืดกล้ามเนื้อ การใช้ความเย็น การพักผ่อนอย่างมีกิจกรรม จะช่วยเพิ่มอัตราการฟื้น สภาพให้เร็วขึ้น เนื่องจากการออกกำลังกายจะช่วยเพิ่มการกำจัดของเสียในกล้ามเนื้อที่อ่อนล้าและช่วยขนส่งสารอาหารและออกซิเจนไปยังเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งจะช่วยเพิ่มกระบวนการปรับชดเชยให้เร็วขึ้น การออกกำลังกายเบา ๆ ในระยะการฟื้นตัว (exercise recovery) ใช้เวลาในการฟื้นตัว 30นาที ถึง 1 ชั่วโมง แต่ถ้าใช้ในการพักผ่อนในระยะฟื้นตัวจะใช้เวลาในการฟื้นตัวนาน 1 ถึง 2 ชัวโมงซึ่ง สอดคล้องกับ ไทเรนท์ ; และคนอื่นๆ (Thiriet et al., 1993) ได้ทำการศึกษาผลของการฟื้นตัวทีมีต่อความสามารถในการออกกำลังกาย พบว่า ในขณะที่มีการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมสามารถที่จะออกแรงได้สม่ำเสมอในระหว่างการออกกำลังกายแบบซ้ำๆ ซึ่งส่งผลทำให้ระดับของกรดแลกติกลดลง

การฟื้นตัวโดยการนั่ง

การนั่งเป็นการฟื้นสภาพร่างกายทีนิยมใช้กันโดยทั่วไป โดยจะเป็นการให้ระบบต่างๆ มีการฟื้นสภาพตามธรรมชาติ เป็นการลดการทำงานของร่างกายลงอย่างฉับพลัน โดยหลังจากที่-ร่างกายมีการทำงานหรือออกกำลังกายที่มีความหนักสูงแล้ว เมื่อนั่งพักร่างกายก็จะเริ่มกระบวนการฟื้นสภาพร่างกาย เช่นการสังเคราะห์เอทีพี (ATP) หรือการกำจัดของเสีย เช่น กรดแลกติกออกจากกล้ามเนื้อและเลือด (พิชิต ภูติจันทร์, 2535)

การฟื้นตัวโดยการเดิน

การเดินเป็นอีกหนึ่งกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหว ที่นักกีฬานำมาปฏิบัติหลังจากการฝึกซ้อมเป็นวิธีการออกกำลังกาย โดยการก้าวเท้าไปข้างหน้าอย่างเป็นจังหวะ โดยที่ีเท้าทั้ง สองข้างจะต้องมีส่วนติดกับพื้น ตลอดช่วงก้าว เป็นลักษณะการเคลื่อนไหวอย่างช้า การเดินเป็นวิธีการทำให้ร่างกายฟื้นสภาพได้เร็วอีกวิธีหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องมาจากการเดินเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการฟื้น สภาพร่างกายได้เร็วขึ้น ช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือด ทำให้มีการนำเลือดและออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ ที่หดตัวได้เร็วขึ้น ขณะเดียวกันยังช่วยเร่งการขับถ่ายหรือการเคลื่อนย้ายของเสียต่าง ๆ ออกจากร่างกายสอดคล้องกับ พรพล พิมพาพร (2547: 61) ได้ทำการศึกษาผลของการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการเดินบนลู่กลระหว่างเซต ที่มีต่อระบบกรดแลกติกในเลือดระหว่างการฝึกด้วยแรงต้าน ได้กล่าวภายหลังว่า การเดินบนลู่กลมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกได้ดีและการเดินบนลู่กล สามารถเปลี่ยนเป็นการเดินบนพื้น ธรรมดาได้ ดังที่ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ & กันยา ปาละวิวัธน์, 2536)ได้กล่าวว่า พลังงานที่ใช้ในการเดินบน ลู่กล ไม่แตกต่างกับการการเดินบนพืนราบธรรมดา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิ่งเหยาะ

การวิ่งเหยาะเป็นการพักอย่างมีกิจกรรมหรือการออกกำลังกายเบา ๆ ซึ่งเป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่ผู้ฝึกสอนนิยมนำมาให้นักกีฬาปฏิบัติหลังจากการฝึกซ้อม เป็นกิจกรรมมีการเคลื่อนไหวของร่างกายเบา ๆ ต่อเนื่องทำให้ระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดมีการทำงานอยู่ตลอดเวลา ร่างกายสามารถนำออกซิเจนเข้าไปสู่กล้ามเนื้อ เพื่อผลิตเป็นพลังงานในการทำงาน และยังช่วยขนย้ายของเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จากการทำงานของกล้ามเนื้อออกไป สนธยา สีละมาด (2547: 145) ได้กล่าวว่าเป็นกิจกรรมที่การวิ่งเหยาะ ๆ อย่างต่อเนื่องจะช่วยขจัดแลกติกได้ 62 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 10นาทีแรก และเพิ่มขึ้น อีก 26 เปอร์เซ็นต์ระหว่างการวิ่ง 10 ถึง 20 นาที เพราะฉะนั้น จะเป็นผลดีถ้านักกีฬามีการปฏิบัติการออกกำลังกายเบา ๆ ระหว่างพักเป็นเวลา 10 ถึง 20 นาที หลังจากออกกำลังกายอย่างหนักในการที่จะลดระดับแลกติกในร่างกายได้ซึ่งสอดคล้องกับ เจริญ กระบวนรัตน์ (2538: 50) ได้กล่าวไว้ว่าการวิ่งเหยาะภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนัก หรือภายหลังจากการใช้ความเร็วสูง เป็นวิธีการหนึ่งจะช่วยระบายหรือกำจัดกรดแลกติกในร่างกายให้ลดน้อยลงเร็วขึ้น โดยเฉพาะ 10 นาทีแรก หลังจากเสร็จสิ้นการออกกำลังกาย จะช่วยลดระดับของกรดแลกติกได้อย่างมาก

การฟื้นตัวโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ มีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการออกกำลังกาย และการเล่นกีฬา เป็นความสามารถในการเพิ่มมุมการเคลื่อนไหวให้ได้มากที่สุดด้วยการยืดออกและคลายตัวของกล้ามเนื้อ (สาลี่ สุภาภรณ์, 2544) การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เป็นกระบวนการทำให้กล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเนื้อเยื่ออื่น ๆ ที่บริเวณกล้ามเนื้อ และข้อต่อมีการยืดยาวออก ซานเดล,ไมเคิล และแอนนี่ (Sandel, Michael, & Anne, 1998) ได้กล่าวว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ เป็นการปฏิบัติโดยใช้หลักการทำเบาๆ ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ อย่างช้าๆ และให้ยืดจนสุดช่วงของการเคลื่อนไหวจนไม่สามารถเคลื่อนไหวได้อีก ซึ่งมีความคลายคลึงกับการยืดเหยียดแบบมีการเคลื่อนที่ หรือทีเรียกว่า Ballistic Stretching เป็นการปฏิบัติโดยการใช้หลักการทำซ้ำ ๆ กัน มีการเคลื่อนไหวเป็นจังหวะ โดยการยืดเหยียดแบบเคลื่อนที่ใช้แรงมากกว่าการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ แต่มีข้อจำกัดคือ ผู้ปฏิบัติจะต้องมีการเคลื่อนไหวที่ดี เพราะการปฏิบัติซ้ำ ๆ กันหลายครั้ง อาจทำให้กล้ามเนื้อ ยืดมากเกินไป ทำให้เกิดการบาดเจ็บ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ใช้ได้ในขณะที่อบอุ่นร่างกาย ขณะที่ทำให้ร่างกายเย็นลง ใช้ฝึกเพิ่มความอ่อนตัว และในช่วงหลังจากการงานในแต่ละวัน ซึ่งช่วยในการฟื้นตัวของร่างกายจากภาวะเครียดในการทำงานประโยชน์ของการยืดเหยียดล้ามเนื้อมีมากมาย ถ้าเรานำไปใช้อย่างถูกวิธีและเหมาะสม เช่น การยืดเหยียดสามารถเพิ่มสมรรถภาพของร่างกาย ลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บต่างๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็น ข้อเท้าพลิก กล้ามเนื้อ ฉีกขาด และการยืดเหยียด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กล้ามเนื้อ ยังจะเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหวให้มากขึ้น ด้วย สอดคล้องกับ (สนธยา สีละมาด, 2550) ได้กล่าวว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ สามารถลดอาการรัดตึงของกล้ามเนื้อ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ยังจะช่วยเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหวและความสามารถในการยืดเหยียดของต้นขาด้านหลัง (Hamstrings) และการเพิ่มในความสามารถในการยืดเหยียดตัวจะสนับสนุนการเพิ่มขึ้นในความอดทนต่อการถูกยืดเหยียด (Stretch Tolerance) ของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังทำให้ร่างกายมีความพร้อมมากขึ้น ที่จะทำการฝึกซ้อมในช่วงต่อไป ซึ่งจะทำให้นักกีฬาได้รับประโยชน์ในการฝึกซ้อมและแข่งขันได้สูงสุด

การฟื้นตัวโดยการใช้ความเย็น

มนุษย์รู้จักการนำความเย็นมาใช้เพื่อการฟื้นฟูหรือบรรเทาอาการต่างๆ ของร่างกายตั้งแต่สมัยอดีตการ เช่น การอาบน้ำเย็นในแม่น้ำลำธาร เพื่อช่วยบรรเทาอาการปวดเมื่อยล้าจากการตรากตรำทำงานทั้งวัน หรือช่วยลดอาการที่เกิดจากการที่กล้ามเนื้อถูกใช้งานมากเกินไป ในสมัยโบราณนั้น ยังไม่ทราบเหตุผลที่แน่นอนของสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อพบว่าความเย็นนั้นช่วยบรรเทาอาการปวดเมื่อยหรือเจ็บปวดต่างๆ ได้ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ & กันยา ปาละวิวัธน์, 2536) กล่าวว่าวิธีการฟื้นฟูด้วยการใช้ความเย็นนั้น สามารถทำได้ด้วยตนเอง ซึ่งนิยมใช้การประคบน้ำแข็งเฉพาะที่หรืออาจใช้วิธีการแช่ในอ่างน้ำเย็น ที่อุณหภูมิประมาณ 10 - 14 องศาเซลเซียส หรือใช้ผ้าขนหนูชุบน้ำเย็นจัด ประคบหรือชโลม โดยระยะเวลาที่ใช้ควรอยู่ประมาณ 10 - 20 นาที เป็นอย่างน้อย การใช้ความเย็นเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกาย ไม่เป็นเพียงการบรรเทาอาการเจ็บปวดที่ได้รับจากการบาดเจ็บจากการกีฬาเพียงอย่างเดียว การใช้ความเย็นนั้นยังสามารถเป็นการฟื้นฟูหรือคืนสภาพของกล้ามเนื้อจากการเมื่อยล้าซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการทำงานของกล้ามเนื้อที่หนักหรือนานเกินไปจนทำให้มีกรดแลคติคคั่ง ค้างอยู่ในกล้ามเนื้อและในร่างกายจนทำให้มีอาการปวดเมื่อยและอักเสบระบมกล้ามเนื้อ (Wilcock, 2006) การใช้ความเย็นเพื่อการฟื้นฟูหรือคืนสภาพของร่างกายหลังจากการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาอย่างหนักนี้ได้มีการใช้ในวงการกีฬามานานและได้มีการนำมาประยุกต์ในการใช้ความเย็นด้วยวิธีต่างๆ เพื่อเป็นการค้นคว้าเพื่อหาวิธีที่ให้ประโยชน์ต่อการฟื้นสภาพของร่างกายไม่ว่าก่อนหรือหลังจากการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายอย่างหนัก (Vaile, Halson, Gill, & Dawson, 2008) แต่ยังไม่นิยมและเป็นที่แพร่หลาย ซึ่งในบางประเทศก็ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้แล้ว เช่น ในกีฬาซูโม่ ของประเทศญี่ปุ่น ได้มีการนำนักกีฬาลงแช่ในอ่างน้ำแข็งเพื่อคลายความเมื่อยล้าหลังการแข่งและเพื่อให้พร้อมกับการแข่งขันในการแข่งขันในรอบต่อๆ ไปซึ่งมีการแข่งขันแบบเสร็จสิ้นในวันเดียว หรือในกีฬารักบี้ของบางประเทศ ก็ได้มีการแช่น้ำเย็นหลังการแข่งขันเช่นเดียวกัน แต่ในประเทศไทยยังไม่นิยมใช้วิธีนี้ในวงการกีฬายังใช้วิธีเพียงการรักษาหรือบรรเทาอาการเจ็บปวดซึ่งเกิดจากการบาดเจ็บเพียงเท่านั้นยังไม่นำมาใช้ในการลดกรดแลคติคเพื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คลายความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างหนักหรือมีกรดแลคติคคั่งค้างอยู่

ประโยชน์จากการใช้ความเย็น

การจะนำความเย็นไปใช้ในการฟื้นตัว (Recovery) นั้น ควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับกายวิภาคศาสตร์ของผิวหนังก่อน เพราะในการใช้ความเย็นในการฟื้นสภาพร่างกายเพื่อลดกรดแลกติกในเลือดเราใช้การให้ความเย็นผ่านทางผิวหนังผิวหนังทั่วไปมีความหนาประมาณ 1 - 2 มิลลิเมตร แบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นนอกเรียกว่าชั้นหนังกำพร้า (epidermis) และชั้นในเรียกว่าชั้นหนังแท้ (dermis) ชั้นหนังแท้มีความหนามากกว่าชั้น หนังกำพร้า และเป็นที่อยู่ของหลอดเลือดและเส้นประสาทรับความรู้สึกต่างๆ เช่น เส้นประสาทรับสัมผัส เส้นประสาทรับอุณหภูมิ ต่อมเหงื่อ ต่อมไขมัน รากขน (บรรจบ ชุณหสวรรณ, 2539) เมื่อมีความเย็นมาสัมผัสผิวหนังของเรา ร่างกายจะรู้สึกเย็น โดยอาศัยระบบประสาทรับความรู้สึกของร่างกาย โดยที่ตรงส่วนปลายของเส้นประสาทรับความรู้สึกบางเส้นเป็นตัวรับความรู้สึกร้อน และบางเส้นทำหน้าที่รับความรู้สึกเย็นตัวรับความรู้สึกร้อนทำหน้าที่รับความรู้สึกร้อนที่คงระดับหรือเพิ่มขึ้น ในระหว่างช่วงอุณหภูมิ 34 - 45 องศาเซลเซียสส่วนตัวรับความรู้สึกเย็นจะทำหน้าที่รายงานความเย็นในช่วงอุณหภูมิ 12 ถึง 35 องศาเซลเซียสเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส พบว่าตัวรับความรู้สึกร้อนจะหยุดทำงาน แต่ตัวรับความรู้สึกเย็นและตัวรับความรู้สึกเจ็บปวดกลับถูกกระตุ้นให้ทำงานแทน ทำให้เกิดความรู้สึกร้อนเกิดขึ้น และเมื่ออุณหภูมิเย็นจัดมากๆ ตัวรับความรู้สึกเจ็บปวดเท่านั้น ที่ถูกกระตุ้นทำให้รู้สึกเจ็บปวดแทนที่จะรู้สึกเย็น มีผู้ทำการศึกษาไว้ว่า ตัวรับความรู้สึกเย็นมีอยู่ประมาณ 6 - 23 จุดต่อตารางเซนติเมตร ตัวรับความรู้สึกร้อนมีอยู่ประมาณ 0 - 3 จุดต่อตารางเซนติเมตร และในร่างกายมีตัวรับความรู้สึกเย็นทัง สิน 250,000 จุด ตัวรับความรู้สึกร้อน 30,000 จุด (กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) การกระจายตัวรับความรู้สึกเย็นและตัวรับความรู้สึกร้อนไม่เท่ากัน บางแห่งมีน้อย บางแห่งมีมาก เช่น ที่แก้มมีตัวรับความรู้สึกร้อนมากกว่าที่ปลายนิ้วมือ ที่เยื่อบุลิ้น และปากมีตัวรับความรู้สึกร้อนน้อยกว่าที่ปลายนิ้วมือ เป็นต้น เป็นเหตุให้บริเวณต่างๆ มีความรู้สึกต่ออุณหภูมิที่เท่ากัน แตกต่างกัน และร่างกายจะรายงานความรู้สึกร้อนหรือเย็นตามอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ตามปริมาณตัวรับความรู้สึกร้อนหรือเย็นที่ถูกกระตุ้น และตามการถ่ายเทของความร้อน ไม่ใช่รายงานตามปริมาณความร้อนหรือความเย็นที่แท้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลของความเย็นที่มีต่อร่างกาย

เมื่อให้ความเย็นแก่ร่างกายจะทำให้เกิดภาวการณ์หดตัวของหลอดเลือดที่ระดับผิวหนัง (Wilcock, 2006) อธิบายไว้ว่าการได้รับความเย็นอาจส่งผลต่อการไหลเวียนของเลือดส่วนปลาย (Peripheral blood flow) ลดลง คือมีการหดตัวของหลอดเลือดส่วนปลาย แต่ก่อให้เกิดการเพิ่มของการไหลเวียนของเลือดส่วนกลาง (Central blood volume) เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของ Central blood flow นี้ยังอาจส่งผลประโยชน์ต่อสมรรถภาพและความสามารถของร่างกายในภายหลัง ซึ่งจะทำให้บุคคลหรือนักกีฬานั้น ๆ สามารถรักษาระดับความสามารถสูงสุด (peak performance) ได้นานยิ่งขึน การใช้การฟื้นสภาพโดยใช้ความเย็นนอกจากจะเป็นการบำบัดอาการบาดเจ็บแล้ว ความเย็นยังส่งผลต่อการลดลงของ creatine kinase (CK) (Wilcock, 2006) และยังทำให้ร่างกายกลับคืนสู่สภาวะปกติได้อย่างรวดเร็วจากการเปรียบเทียบการฟื้นสภาพโดยการใช้การแช่น้ำเย็น การแช่น้ำร้อนสลับเย็น และการพักปกติ การแช่น้ำเย็นเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการนำไปใช้กับทีมกีฬามากกว่าวิธีการแช่น้ำร้อนสลับเย็นหรือพักปกติ (Ingram et al., 2009) การที่ความเย็นส่งผลทำให้ Central blood volume เพิ่มขึ้น ทำให้มีปริมาณเลือดส่งไปยังกล้ามเนื้อมากขึ้น เพื่อกำจัดของเสียที่เกิดจากการใช้พลังงานจากกล้ามเนื้อ เช่น กรดแลกติกออกไปได้ (Marsh & Sleivert, 1999) สามารถทำการแลกเปลี่ยนสารระหว่างภายนอกและภายในเซลล์ได้มากขึ้น ในกล้ามเนื้อ แต่การใช้ความเย็นในการฟื้นสภาพยังไม่มีผลต่อภาวะ Delayed onset muscle soreness (DOMS) ในผู้ที่ไม่มีการฝึก วิธีการนี้จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้ในช่วงการฟื้นสภาพของนักกีฬา (Sellwood K.L., 2007) ข้อควรระวัง วิธีการบำบัดด้วยการใช้ความเย็นนั้น ผู้ที่ได้รับการบำบัดด้วยความเย็น ควรได้รับความเย็นขนาดเย็นจัด ซึ่งจะมีอาการปวดเล็กน้อยแต่ทนได้ (บรรจบ ชุณหสวรรณ, 2539)

ข้อห้ามในการบำบัดด้วยการใช้ความเย็น

- ไม่ใช้ในผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับโรคของหลอดเลือด
- ไม่ใช้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจ
- ไม่ใช้กับผู้ป่วยที่มีเส้นประสาทสัมผัสเสีย
- ไม่ใช้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็ง
- ไม่ใช้ในคนที่แพ้ความเย็น

การแช่น้ำเย็น

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า มีวิธีหนึ่งซึ่งมีความน่าสนใจอย่างมาก คือ การใช้ความเย็นโดยการแช่หรือจุ่มตัวลงในน้ำเย็น (water immersion) ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่น้ำเพื่อฟื้นฟู คือ 10-18 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 15-30 นาที (Wilcock, 2006) เพื่อช่วยในการฟื้นสภาพร่างกายภายหลังการออกกำลังกาย นอกจากจะมีผลช่วยลดความเจ็บปวด ลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ แต่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การใช้ความเย็นยังส่งผลทำให้อัตราการไหลเวียนของเลือดบริเวณหลอดเลือดส่วนปลาย (peripheral blood flow) มีอัตราลดลงเนื่องจากหลอดเลือดบริเวณชั้น ผิวหนังมีการหดตัวแต่ด้วยเหตุนี้ทำให้อัตราการไหลเวียนโลหิตกลับเข้าสู่หัวใจ (cardiac preload) เพิ่มขึ้น คือ ทำให้ระดับการไหลเวียนเลือดส่วนกลาง (central blood volume) เพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในขณะบีบตัว (stroke volume) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (cardiac output) เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้มีปริมาณเลือดเพียงพอที่ส่งไปยังกล้ามเนื้อเพื่อแลกเปลี่ยนสารระหว่างภายนอกและภายในเซลล์และอาจกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นในระบบการทำงานของกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อ เช่น กรดแลคติกออกไปได้ (Ihsan et al., 2016) และอาจให้ผลดีต่อระดับความสามารถของร่างกายในภายหลัง

การใช้วิธีช่วยเหลือในการพักฟื้นระหว่างช่วงเวลาการฝึกได้ปรากฏออกมาเป็นกลไกหลักเพื่อที่จะปรับปรุงการกลับพักฟื้นหลังการออกกำลังกาย วิธีหนึ่งคือการใช้การแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกาย (CWI) วิธีการพักฟื้นนี้ถูกใช้อย่างกว้างขวางในหมู่นักกีฬาทุกระดับทั้งในสิ่งแวดล้อมแบบปกติและร้อนในความพยายามที่จะลดความล้าและอุณหภูมิร่างกายที่สูงขึ้น รวมถึงลดการเสียหายของกล้ามเนื้อ ความจริงแล้วการแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกาย ได้แสดงให้เห็นถึงการรักษาสมรรถภาพทางการออกกำลังกายตามลำดับ การป้องกันในการแสดงออกวันต่อวัน และในบางกรณีมีอาการอ่อนแรงลงได้เพิ่มอยู่ในตัวชี้วัดแนวอ้อมของความเสียหายในกล้ามเนื้อ ในหลายๆ บทวิจารณ์ได้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของ การแช่น้ำเย็น และวิธีการบำบัดด้วยน้ำอื่นๆ ในเรื่องของการพักฟื้นและการออกกำลังกายในปัจจุบัน ขณะที่มีหลักฐานแน่นอนว่า การบำบัดด้วย การแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกายอาจจะเพิ่มสมรรถนะทั้งการพักฟื้นระยะสั้นและระยะที่ยาวขึ้น ปัจจัยหลักที่รับผิดชอบต่อการพัฒนายังไม่แน่ชัดด้วยจำนวนกลไกต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง กลไกที่ตั้งขึ้นมานี้รวมถึงการปรับภาวะที่อุณหภูมิร่างกายร้อนขึ้นให้ดีขึ้นและการเปลี่ยนแปลงแก้ไขที่ต่อเนื่องต่อระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) การลดลงในอาการตึงเครียดของระบบหัวใจหลอดเลือด การเคลื่อนย้ายของกล้ามเนื้อที่ถูกสะสมไว้ตามกระบวนการเผาผลาญเป็นผลพลอยได้ การพัฒนาตามหน้าที่ระบบประสาทเกิดขึ้นเป็นอัตโนมัติ รวมถึงลดความเสียหายของกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกายน้อยลง (EIMD) และความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อแบบเฉียบพลันที่ช้าลง จนในปัจจุบันนี้บทวิจารณ์ที่แสดงถึงกลไกหลักเหล่านี้ได้ขาดแคลนไป การอธิบายที่ชัดเจนถึงกลไกต่างๆ ซึ่ง การแช่น้ำเย็น ได้ปรับปรุงการพักฟื้น ซึ่งจัดให้ผู้ฝึกหัดร่วมกับแนวทางปฏิบัติอิงหลักฐาน จากวิธีนี้เองสามารถนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย (เช่น อาการอุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น กับ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ) ยิ่งไปกว่านั้น การให้คำจำกัดความที่ชัดเจนกับกลไกการพักฟื้นสามารถฝึกได้มากขึ้นกับการกำหนดเวลาของการพักฟื้นตามเป้าหมายระยะยาวสำหรับการปรับปรุงที่จะนำมาใช้ในการฝึก นี่คือสิ่งสำคัญเนื่องจากการปรับปรุงในเรื่องการพักฟื้นเป็นเรื่องซับซ้อน เมื่อหลักฐานได้ชี้ว่า การแช่น้ำเย็น อาจจะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปรับระดับออกซิเดชันในกล้ามเนื้อเพื่อการฝึกความต้านทาน ขณะที่การปรับความแข็งแรงหรือการขยายตัวมาจากการฝึกความต้านทาน ดังนั้นจุดประสงค์ของบทวิจัยนี้คือการจัดให้มีการชี้แจงความเข้าใจและรายละเอียดของกลไกซึ่งอาจจะรับผิดชอบต่อการฟื้นฟูแบบเฉียบพลันและระยะยาวของการออกกำลังกายและตามด้วยการ การแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกาย ภายในบทวิจัยนี้การฟื้นฟูแบบเฉียบพลันจะถูกให้ความหมายเป็นช่วยหลังออกกำลังกายที่เท่าหรือน้อยกว่า 60 นาที ขณะที่การพักฟื้นระยะยาวได้กำหนดเงื่อนไขเป็นช่วงกรอบหลังออกกำลังกายระหว่าง 2 ชั่วโมงและ 1 สัปดาห์

Ihsan และ คณะ (Ihsan et al., 2016)ได้กล่าวถึงกลไกการตอบสนองของระบบในร่างกายเมื่อทำการแช่น้ำ มีดังต่อไปนี้

1. กลไกการพักฟื้นแบบเฉียบพลันร่วมกับการแช่น้ำเย็น

1.1 อาการล้าของระบบประสาทส่วนกลาง

อาการล้าของระบบประสาทส่วนกลางอ้างถึงระยะทุเลาจากการบังคับเนื่องจากการลดลงในการกระตุ้นโดยธรรมชาติ และแรงขับส่วนกลางสู่กล้ามเนื้อ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในร่างกายอย่างต่อเนื่องและอาการดังกล่าวมีส่วนในการเพิ่มระดับอาการล้าส่วนกลางในระหว่างการออกกำลังกาย กลไกเบื้องต้นของ การแช่น้ำเย็น คือการปรับด้านการแสดงออกโดยการลดอุณหภูมิร่างกายลงอย่างรวดเร็ว การนำความร้อนของน้ำดีกว่าอากาศถึง 25 เท่า นี่จึงเป็นการปรับความสามารถในการรักษาอุณหภูมิ ทำให้การใช้พลังงานดีขึ้นก่อนสภาพขีดจำกัดของร่างกายในอุณหภูมิของส่วนหลักๆ ของร่างกาย (มากกว่า 40 องศาเซลเซียส) จะถูกรักษาไว้ ขณะที่หลายงานวิจัยได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของ การแช่น้ำเย็น ในการลดอุณหภูมิร่างกายหลังการออกกำลังกายและการพัฒนาการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง หลังฐานของอาการล้าในระบบประสาทส่วนกลางได้ถูกนำมาแสดงเมื่อไม่นานนี้ยกตัวอย่างเช่นเมื่อเปรียบเทียบการทดลองซึ่งสังเกตได้ว่าการพัฒนาแรงผลักแบบทันทีทันใดในการหดตัวตามธรรมชาติสูงสุด (MVC) และ VA ตามด้วย การแช่น้ำเย็น (2x9 นาที ที่ -9 องศาเซลเซียส) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า 60 นาที ของการวิ่งที่ไม่ต่อเนื่องในความร้อนคล้ายคลึงกับรายงานเรื่องการพักฟื้นที่ถูกพัฒนาขึ้นของแรงผลัก MVC และ VA ในเวลา 1 ชั่วโมง หลังการออกกำลังกาย เมื่อ การแช่น้ำเย็น (20 นาที 10 องศาเซลเซียส) ได้ถูกดัดแปลงด้วยเกณฑ์การวิ่งแบบไม่ต่อเนื่อง 70 นาทีในความร้อน อย่างไรก็ตาม มันต้องแสดงถึงผลที่ขัดแย้งตามหลักฐานหลักการออกกำลังกายแล้ว 24 ชั่วโมงซึ่งมีรายงานที่ถูกพัฒนาขึ้นและรวมถึงรายงานด้านแรงผลัก MVC ตามด้วยการรักษาแบบ การแช่น้ำเย็น ผลเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าขณะที่ การแช่น้ำเย็น มีประสิทธิภาพในการพัฒนาการพักฟื้นแบบเฉียบพลันผ่านการลดความล้าในระบบประสาทส่วนกลาง ประสิทธิภาพของ การแช่น้ำเย็น ในการช่วยการพักฟื้นระยะยาวเกี่ยวข้องกับกลไกอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

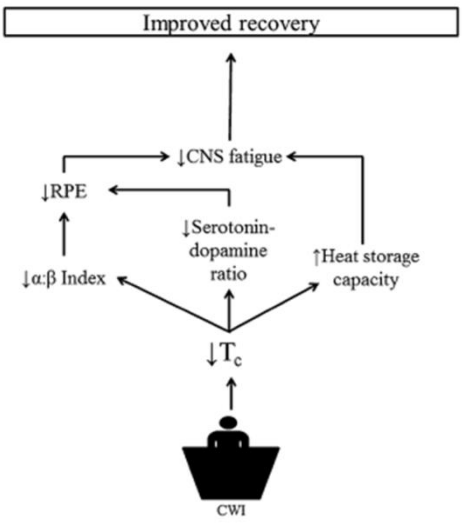
ประสิทธิภาพของภาวะอุณหภูมิร่างกายร้อนขึ้นตามหน้าที่ของสมองเป็นเรื่องซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงในกิจกรรมของคลื่นสมอง สารที่ส่งผ่านประสาท การไหลของออกซิเจนในกระแสเลือดของสมองและกระบวนการเผาผลาญอาหาร ความคิดเห็นหนึ่งในเรื่องสมมติฐานของโรคตามปัจจัยเหล่านี้อยู่นอกเหนือเกณฑ์ของวิจัยนี้อย่างไรก็ตามมีหลักฐานที่แสดงว่า การแช่น้ำเย็น อาจจะบรรเทาการรบกวนทางสมองเมื่อนำไปสู่การออกกำลังกายไม่ทางตรงก็อาจจะเป็นเรื่องอุณหภูมิร่างกาย ยกตัวอย่างเช่น การแช่น้ำเย็น แสดงให้เห็นระหว่างกิจกรรมการออกกำลังกายระยะสั้นที่อาจจะทำให้อาการล้าของระบบประสาทส่วนกลางดีขึ้นโดยการปรับค่าดรรชนีα:β ตัวแปรคลื่นสมองซึ่งเพิ่มขึ้นในระหว่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในการออกกำลังกายและได้รับการแนะนำในเรื่องผลสะท้อนตามสภาพที่ลดลงของการกระตุ้นและตื่นตัว พื้นฐานสำหรับการคิดนี้ได้รวมไว้สำหรับงานวิจัยเพื่อแสดงระดับที่ลดลงของการออกกำลังกายที่เห็นได้ในระหว่างการออกกำลังกาย ตามด้วย การแช่น้ำเย็น ซึ่งแสดงให้เห็นต่อว่าเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงในอัตราส่วน α:β ในการออกกำลังกายที่เพิ่มอุณหภูมิร่างกาย นอกจากหลักฐานที่นำมาจากวิจัยเมื่อไม่นานมานี้แล้ว แสดงให้เห็นว่า การแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายได้เพิ่มระดับกราฟฟิคในคลื่นสมองด้วยกิจกรรม β (และอัตราส่วนทั้งหมด α:β อย่างน่าเป็นไปได้) ซึ่งอย่างไรก็ถูกลดตามด้วยการทำงานเป็นรอบแล้วขยายเวลาในความร้อน ถึงแม้ว่าการแสดงในระหว่างช่วงเวลาทดลองต่อเนื่อง 12 นาทีจะคล้ายกับระหว่าง การแช่น้ำเย็น และสภาพการควบคุม ผลของ การแช่น้ำเย็น ยังมีผลในกลวิธีในการก้าว ดังที่มีผลออกมามากขึ้นซึ่งที่กว่าที่รักษาไว้ตามลำดับการออกกำลังกาย ซึ่งดูเหมือนว่า การแช่น้ำเย็น สามารถปรับเปลี่ยนดรรชนีα:β และผลลัพธ์ที่ออกมามีการเปลี่ยนแปลงในโครงร่างโดยรวม การวิจัยต่อไปอาจจะถูกรับรองให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นถึงกลไกสนับสนุน การแช่น้ำเย็น กิจกรรมทางคลื่นสมองและอัตราการวิ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มีการแนะนำว่า การแช่น้ำเย็น อาจจะปรับปรุงการเหนื่อยล้าของประสาทส่วนกลางโดยการพัฒนาการสูบฉีดมาสู่สมองและการเคลื่อนที่ของออกซิเจน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลดลงในระหว่างการออกกำลังกายที่อุณหภูมิร่างกายเพิ่มสูงขึ้นและมีส่วนร่วมในการพัฒนาอาการล้าของประสาทส่วนกลาง การคืนสู่สภาพปกติของการสูบฉีดออกซิเจนสู่สมองและการเดินทางของออกซิเจนเป็นความสำเร็จที่เพิ่มขึ้นในระดับค่าเฉลี่ยความดันของหลอดเลือดแดงและผลลัพธ์ของระบบหัวใจขณะเดียวกันผลของปริมาณเลือดที่เพิ่มขึ้นตามด้วย การแช่น้ำเย็น อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ตรงกันข้ามกับสมมติฐานนี้แสดงให้เห็นว่า การแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายต่อไป ทำให้ลดการออกกำลังกายในการสูบฉีดเลือดของสมองส่วนหน้าและการเดินทางของออกซิเจน นอกจากนี้การพักฟื้นในแรงผลัก MVC ที่มากขึ้นหลายเท่าและ VA ดังนั้นผลเหล่านี้แสดงว่ากลไกที่ทำโดย การแช่น้ำเย็น

อาจจะปรับความล้าในสมองส่วนกลางและแยกตัวจากการเปลี่ยนแปลงในการเดินทางของออกซิเจนและการสูบฉีดไปสู่สมอง

ผลของการเปลี่ยนแปลงในสารที่ส่งสู่ประสาท โดยระบบโดปามีนและซิโรโตนิน เป็นกลไกที่รองลงมาโดยการเปิดรับความเย็นอาจจะปรับการพัฒนาของอาการล้า ระบบประสาทส่วนกลาง ระบบเหล่านี้มีอิทธิพลต่อสภาพอารมณ์ การนอน ความรู้สึก แรงกระตุ้น แรงจูงใจ การได้รับรางวัล และดังนั้นจึงจะถูกนำมาพัฒนา ระบบประสาทส่วนกลาง ยกตัวอย่างเช่นการรักษาร่วมกับสารยับยั้งโดปามีนหรือสารต้านซิโรโตนิน ได้แสดงถึงความคงทนในมนุษย์และหนู อย่างไรก็ตาม บทบาทของซิโรโตนินในกลไกที่แสดงความล้าในสมองมีความชัดเจนน้องกว่าในมนุษย์ ดังเช่นซิโรโตนินไม่ได้มีอิทธิพลใดๆ ในการแสดงความคงทน อย่างไรก็ดีมีการพบว่าการทำความเย็นที่พื้นผิวหน้าได้ลดความเข้มข้นของโปรแลคตินในเลือด ซึ่งถูกกระตุ้นโดยซิโรโนตินและรั้งไว้โดยโดปามีน เหตุนี้เอง จึงมีผลว่า การแช่น้ำเย็น อาจจะกระตุ้นการพักฟื้นแบบเฉียบพลันผ่านกลไกที่คล้ายกัน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยต่างๆ ได้หาผลของการรักษาด้วย การแช่น้ำเย็น กลังการออกกำลังกายตามกิจกรรมของสารที่ส่งเข้าสู่ประสาทซึ่งวิจัยนี้ยังขาดแคลนและจะดำเนินการศึกษาต่อไปในอนาคต



รูปที่ 2 กลไกการพักฟื้นแบบเฉียบพลันร่วมกับการแช่น้ำเย็นจากอาการล้าของระบบประสาทส่วนกลาง (Ihsan et al., 2016)

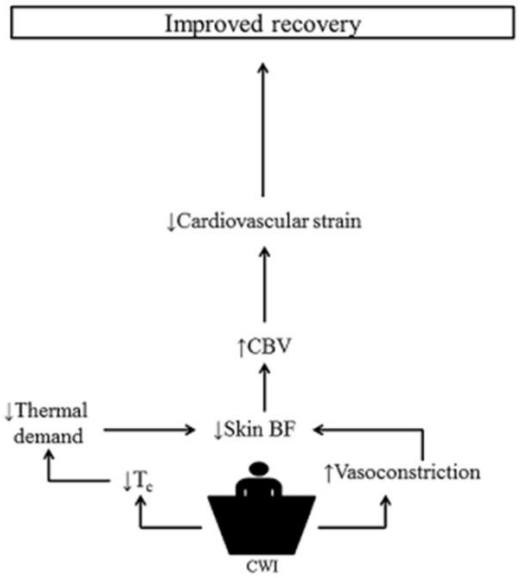
1.2 อาการตึงเครียดของหลอดเลือดหัวใจ

การดัดแปลง การแช่น้ำเย็น อาจจะกระตุ้นการพักฟื้นระยะสั้นจากการออกกำลังกายเข้าสู่อาการตึงเครียดของหลอดเลือดหัวใจที่ลดลง แท้จริงแล้ว อาการตึงเครียดของหลอดเลือดหัวใจถูกเลื่อนขึ้นในระหว่างการออกกำลังกายในความร้อนขณะที่การไหลเวียนเลือดถูกเปลี่ยนทิศทางใหม่

จากระบบกล้ามเนื้อที่มีการทำงานอยู่ไปสู่ระบบไหลเวียนตามผิวหนังเพื่อสลายความร้อนและปรับอุณหภูมิให้ปกติ การเปลี่ยนทิศทางของเลือดนำไปสู่ผลของผิวชั้นนอกในระดับเลือดที่ถูกลดลงเป็นเหตุให้มีการปฏิเสธการเวียนของเลือดบริเวณกล้ามเนื้อและด้วยผลสืบเนื่องอาจจะมีการลดการไหลเวียนของออกซิเจน การแช่น้ำเย็น มีผลในเส้นเลือดตีบบริเวณผิวหนังแบบเฉียบพลัน การเปลี่ยนทิศทางของเลือดกลับเข้าสู่ระบบไหลเวียนส่วนกลาง ยิ่งไปกว่านั้น การลดลงในผลอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายจาก การแช่น้ำเย็น ได้ลดความต้องการศูนย์ควบคุมอุณหภูมิเพื่อการสลายความร้อนและดังนั้นขีดจำกัดที่ต้องการเพื่อการเปลี่ยนทิศทางเลือดไปสู่ผิว

ผลของวิจัยก่อนหน้านี้แสดงถึงความตึงเครียดของหลอดเลือดหัวใจที่ลดลงและผลกระทบต่อระบบไหลเวียนเลือดหลังการใช้ การแช่น้ำเย็น ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในการตอบสนองของระดับการเต้นของหัวใจ ยกตัวอย่างเช่น การลดระดับการเต้นของหัวใจมีผลเพียง 5 นาทีจาก การแช่น้ำเย็น ซึ่งแสดงให้เห็นหลังจากกิจกรรมการออกกำลังกายเพียง 40 นาที การใช้การออกแบบการทดลองที่คล้ายกัน (เช่น การแช่น้ำเย็น ระหว่างกิจกรรมสองอย่าง) งานวิจัยหลายงานแสดงว่ามีการลดระดับการเต้นของหัวใจในระหว่างพัก หรือระหว่างกิจกรรมที่ต่อเนื่อง ซึ่งถูกให้อยู่ภายใต้สภาพร้อนและปกติ ผลการสนับสนุนต่อมาสำหรับ การแช่น้ำเย็น ในเรื่องการปรับความตึงเครียดของหลอดเลือดหัวใจให้ดีขึ้นคือผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนเลือดที่มีผลมาจากการแช่น้ำเย็น หลังออกกำลังกาย งานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการไหลเวียนเลือดที่แผ่ไปทั่วนั้นลดลงหรือระดับเลือดที่ผ่านกล้ามเนื้อที่ออกกำลังกายก็ลดลงหลังการใช้ การแช่น้ำเย็น และดังนั้นจึงเป็นการสนับสนุนที่ว่า การแช่น้ำเย็น อาจจะปรับระดับความตึงเครียดของหลอดเลือดหัวใจลดลงโดยการจัดระบบไหลเวียนใหม่จากส่วนย่อยสู่แกนหลัก อย่างไรก็ตามก็มีการอ้างถึงขีดจำกัดในกลวิธีที่ใช้ภายในการวิจัยทำให้กระจ่างตามหลักฐานที่ว่าการสูบฉีดตามกล้ามเนื้อมีส่วนลดลงหลังการออกกำลังกายโดยใช้ การแช่น้ำเย็น สิ่งที่น่าสนใจคือระบบไหลเวียนเลือดที่เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นถึงการแช่น้ำในระดับที่ 22 องศาเซลเซียสช่วยลดระดับการไหลเวียนเลือดแดงบริเวณโคนขาและการนำไปสู่บริเวณน่องและต้นขาที่ลักษณะที่คล้ายกันเมื่ออุณหภูมิการน้ำอยู่ที่ 8 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นว่าการรักษาที่เพิ่มขึ้นมามีประโยชน์ในการปรับปรุงการพักฟื้นอื่นๆ (เช่น ความล้าของประสาท) ความเสียหายของกล้ามเนื้อระหว่างออกกำลังกายอาจจะถูกเยียวยาผ่านผลของอุณหภูมิเนื้อเยื่อมากกว่าการลดลงในการไหลเวียนเลือดของกล้ามเนื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3 กลไกการพักฟื้นแบบเฉียบพลันร่วมกับการแช่น้ำเย็นจากอาการตึงเครียดของหลอดเลือดหัวใจ (Ihsan et al., 2016)

1.3 การเคลื่อนที่ของผลกระบวนการเผาผลาญในกล้ามเนื้อ

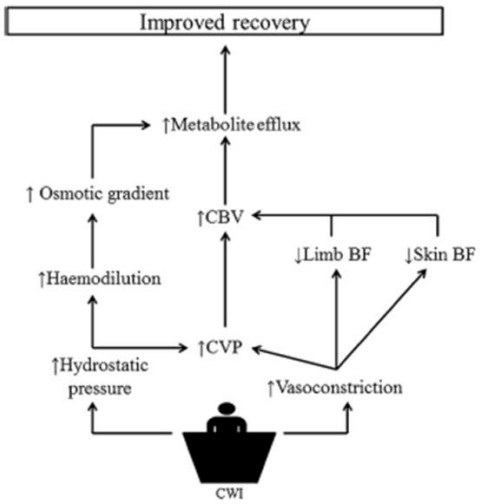
การออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นสูงได้กระตุ้นรูปแบบและการสะสมของผลการเผาผลาญ ซึ่งถูกนำมาใช้ในการพัฒนาความล้าในกล้ามเนื้อ การแช่น้ำเย็น ที่ใช้หลังการออกกำลังกายได้นำกลับมาใช้ในการเพิ่มการเคลื่อนที่ของกระบวนการเผาผลาญในกล้ามเนื้อเหล่านี้โดยมีการพัฒนาการพักฟื้นขบวนการเผาผลาญจากกิจกรรมการออกกำลังกายอย่างหนัก ระบบการขนส่งการเผาผลาญจากกล้ามเนื้อไปสู่ระบบการไหลเวียนส่วนกลางได้ถูกจัดขึ้นโดยผลที่เชื่อมกันของแรงดันอุทกสถิต เช่นเดียวกันกับการบีบของหลอดเลือดบริเวณผิวหนังและหลอดเลือดแดงฝอย สิ่งนี้กลับกระตุ้นความเจือจางของเลือดและการทดแทนเลือดจากส่วนรอบข้าง ภาวะเลือดจางคือส่วนที่แทนของเหลวที่แทรกอยู่ภายในไปสู่ช่องว่างในหลอดเลือด ของเหลวที่ออกจากช่องว่างในหลอดเลือดจะถูกแทนที่ด้วยของเหลวที่อยู่ในเซลล์อย่างรวดเร็ว เป็นผลให้เกิดน้ำนอกเซลล์ที่สูงขึ้นไปสู่ความเข้มข้นของของเหลงที่อยู่ในเซลล์ นี่จะเป็นผลในสารที่มีการดูดซึมทั้งในและนอกเซลล์ มีการกระตุ้นการไหลออกของส่วนประกอบของของเหลงในเซลล์และกระบวนการเผาผลาญที่เป็นผลพลอยได้จากช่องว่างภายในและแทรกอยู่ในเซลล์ไปสู่การไหลเวียนของเส้นเลือดฝอย การละลายตัวที่ดูดซึมได้นี้ได้ถูกเน้นโดยปริมาณความเย็น เนื่องจากการเพิ่มแรงดันของการละลายได้เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลต่อการบีบหลอดเลือดบริเวณผิวหนัง การแทนที่เลือดผ่านความกดดันอุทกสถิตเช่นเดียวกันกับการบีบหลอดเลือดบริเวณผิวหนังและหลอดเลือดแดงได้เพิ่มการเคลื่อนที่ของกระบวนการเผาผลาญจากผิวรอบนอกสู่การไหลเวียนแกนกลาง (เช่น ภายในทรวงอก) ยกตัวอย่างเช่น แรงดันอุทกสถิตที่เพิ่มขึ้นได้แทนที่เลือดจากอวัยวะภายใน บริเวณท้องและส่วนขาโดยการเพิ่ม

แรงดันหลอดเลือดดำส่วนกลาง ยิ่งไปกว่านั้น การไหลเวียนส่วนกลางอาจจะเพิ่มขึ้นโดยการลดการไหลเวียนเลือดบริเวณผิวหนังและหลอดเลือดฝอยเนื่องจากการบีบของหลอดเลือดในโครงสร้างใต้ผิวหนังและหลอดเลือดฝอย อย่างไรก็ตามมันควรจะชี้ให้เห็นว่าขณะที่มีการเพิ่มการไหลเวียนเลือดจากผิวรอบนอกไปสู่ส่วนกลาง การแช่น้ำเย็น ได้เข้ามาช่วยในการบีบหลอดเลือดบริเวณผิวหนังอาจจะลดการไหลเวียนเลือดบริเวณกล้ามเนื้อ การลดการไหลเวียนของเลือดอาจจะร่วมกับการขนส่งออกซิเจนและสารอาหาร เป็นการพึ่งพาอาศัยกันของกระบวนการเผาผลาญที่ไม่พึ่งพาออกซิเจนและก่อให้เกิดอันตรายมากกว่าผลดีที่จะพักฟื้น

การตอบสนองที่มีความขัดแย้งนี้นำไปสู่ การแช่น้ำเย็น ที่อาจจะรับผิดชอบต่อหลักฐานถูกจำกัดต่อการแสดงการเคลื่อนที่ในการเผาผลาญที่เพิ่มขึ้นภายหลังการใช้ การแช่น้ำเย็น ความจริงแล้ว งานวิจัยมากมายได้สังเกตว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในค่า pH ของเลือด หรือนำกระบวนการเผาผลาญออกไปเช่น โพแทสเซียม คลอไรด์หรือกรดแล็คติกในเลือด ตามด้วยการใช้ การแช่น้ำเย็นตามข้อเท็จจริง บางงานวิจัยได้กล่าวว่า แนวโน้มจะนำกรดแล็คติกในเลือดออกให้น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับการพักเหนื่อยหรือการพักแบบกระตุ้นที่ 30 ถึง 40 % ของการออกแรงปั่นจักรยานสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามการลดระดับของการกำจัดกรดแล็คติกในเลือดในการศึกษาดังที่กล่าวมาก่อนไม่พบการแสดงออกที่บกพร่องในระหว่างการออกกำลังกายที่ต่อเนื่อง การแช่น้ำเย็น มีผลในการศึกษาเหล่านี้ทั้งหมด ชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของ การแช่น้ำเย็น ที่เกี่ยวข้องกับกลไกอื่นมากกว่าการสลับผลการเผาผลาญเฉพาะที่ เช่น ความตึงเครียดของหลอดเลือดหัวใจและการถ่ายเทความร้อน

ขณะที่ การแช่น้ำเย็น ไม่ได้ดูเหมือนจะเพิ่มการกำจัดกรดแล็คติกในเลือดหลังการออกกำลังกาย มีหลักฐานชี้แจงว่ามันอาจจะปรับเปลี่ยนการเคลื่อนไหวของกรดแล็คติกในเลือดในระหว่างกิจกรรมการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นมากๆ ยกตัวอย่างเช่นขณะที่ไม่พบผลใดๆ ของการแช่น้ำเย็น (5 นาที 14-15 องศาเซลเซียส) ในการกำจัดกรดแล็คติกตามด้วยการว่ายน้ำ 100 เมตร (ประมาณ 60 วินาที) ซึ่งพบว่ามีการสะสมกรดแล็คติกที่น้อยลงในระหว่างช่วงวินาที 30 ที่มีการปั่นจักรยานแบบเร็วเต็มที่ ตามด้วยการรักษาแบบ การแช่น้ำเย็น (15 นาที 13-14 องศาเซลเซียส) ขณะที่ความแตกต่างกันในข้อมูลการเคลื่อนที่ของกรดแล็คติก ระหว่างงานวิจัยสองชิ้นอาจจะนำไปสู่ความแตกต่างในช่วงเวลาของการแช่น้ำ การออกกำลังกายได้ถูกทอนลงหลังจากการใช้ การแช่น้ำเย็นจากทั้งสองงานวิจัย แท้ที่จริงแล้ว มันเป็นที่ยอมรับว่า การแช่น้ำเย็น เป็นอันตรายต่อการออกกำลังกายแบบหนักในระยะเวลาสั้นๆ เนื่องจากอุณหภูมิกล้ามเนื้อที่ถูกทำให้ลดลงและความเสียหายต่อเนื่องในหน้าที่ของกล้ามเนื้อที่หดตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



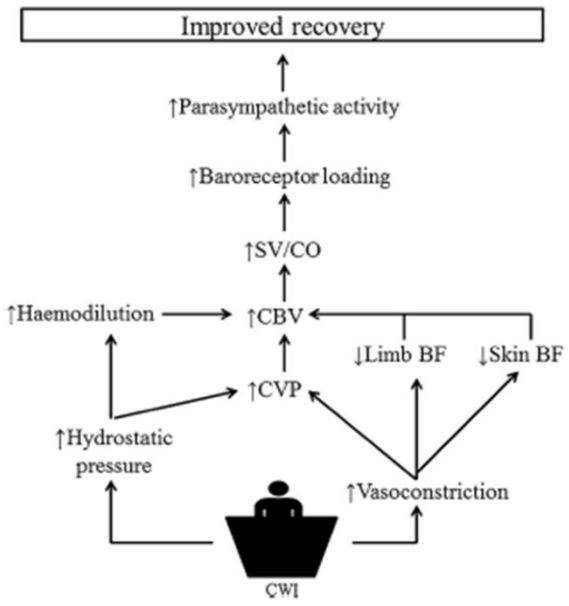
รูปที่ 4 กลไกการพักฟื้นแบบเฉียบพลันร่วมกับการแช่น้ำเย็นจากผลกระบวนการเผาผลาญในกล้ามเนื้อ (Ihsan et al., 2016)

1.4 หน้าที่ในระบบประสาทอัตโนมัติ

หน้าที่ในระบบประสาทในหัวใจที่หดตัวได้ถูกพิจารณาว่าเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของการพักฟื้นและการความสามารถในการฝึกของนักกีฬา ค่าดรรชนีของกิจกรรมในระบบประสาทอัตโนมัติมีลักษณะที่ทำงานร่วมกันกับการรบกวนทางระบบร่างกายระหว่างการออกกำลังกายในระหว่างช่วงพัก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงในระดับฮอร์โมนเอพิเนฟรีนในเลือด กรดแล็คติกในเลือด ค่า pH ในเลือด และการหมุนเวียนออกซิเจนในหลอดเลือดแดง การควบคุมช่วยเวลาในการคืนสภาพปกติของกิจกรรมของระบบประสาทและหัวใจอัตโนมัติดูเหมือนจะชี้วัดถึงการฟื้นฟูในร่างกายและอาจจะเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์และเข้าถึงการฟื้นฟูนักกีฬาหรือการสอดแทรกการฟื้นฟูที่มีประสิทธิภาพ การแช่น้ำเย็น เป็นวิธีตามอุดมคติในการเพิ่มระดับการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติ เนื่องจากความสามารถของมันช่วยเพิ่มปริมาตรเลือดส่วนกลาง ซึ่งเป็นผลในปริมาตรเลือดหัวใจที่บีบต่อครั้งและผลจากการส่งเลือดออกจากหัวใจ สิ่งเหล่านี้ได้เปลี่ยนแปลงการกระตุ้นกลไกที่เกี่ยวข้องกับระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ การยับยั้งกิจกรรมของประสาทอัตโนมัติและการกระตุ้นไหลเวียนโลหิตและหัวใจอัตโนมัติที่เพิ่มขึ้น นำไปสู่ภาวะหัวใจเต้นช้า

เหตุผลที่ชี้ให้เห็นว่า การแช่น้ำเย็น น่าจะเพิ่มการฟื้นฟูร่างกายผ่านการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติที่เพิ่มขึ้น มันเป็นสิ่งที่น่าแปลกใจที่ว่ามีการศึกษาน้อยชิ้นที่บอกถึงผลกระทบของการใช้ การแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายในดรรชนีนี้การกลับมากระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติในงานวิจัยเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นว่าขณะที่ใช้ การแช่น้ำเย็น เพื่อเพิ่มการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติและเพิ่มการฟื้นฟูประสาทการรับรู้ การออกกำลังกายที่ต่อเนื่องอาจจะไม่ได้เพิ่มหรืออาจจะบกพร่องไป ซึ่งอาจจะเนื่องจากข้อเท็จจริงที่ว่าการกระตุ้นระบบประสาทได้เพิ่มการใช้

ออกซิเจนในกล้ามเนื้อและการเผาผลาญกลูโคส และมีการบีบตัวของหัวใจตามการเชื่อมต่อกับกล้ามเนื้อร่างกาย การกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติผ่าน การแช่น้ำเย็น ระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนักอาจจะลดผลกระทบในการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องได้ การขาดการออกกำลังกายที่ถูกสังเกตในการวิจัยนี้อาจจะเนื่องจากระยะเวลาในการผ่อนคลาย (เช่น 5 นาที 14 องศาเซลเซียส) และท่าการออกกำลังกายที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกณฑ์ การแช่น้ำเย็น (5 นาที 14 องศาเซลเซียส) ได้ถูกใช้โดย Stanley (2013) อาจจะมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยตามหลังการออกกำลังกาย T^{c} การฟื้นฟูที่ขยายเวลา (160 นาที) แยกจากการออกกำลังกายระยะสั้น ได้มีผลที่มีจำกัดของ การแช่น้ำเย็น ซึ่งถูกจับคู่แบบควมคุม ในทางตรงกันข้าม เกณฑ์ในการออกกำลังกายที่ถูกใช้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้อย่างเร็วเต็มที่ ประมาณ 60-80 วินาที (เช่น การปั่นจักรยาน 1 กิโลเมตร และการว่ายน้ำ 100 เมตร) ดังนั้นจึงไม่เหมือนผลในเรื่องความตึงเครียดในศูนย์ควบคุมอุณหภูมิโดยมีความจำเป็นเพื่อให้ การแช่น้ำเย็น มีผลต่อระยะสั้น ยิ่งไปกว่านั้นอุณหภูมิที่ลดลงในกล้ามเนื้อหลังจากใช้ การแช่น้ำเย็นเป็นอันตรายการออกกำลังกายแบบเร็วเต็มที่ ถึงแม้ว่าจะมีข้อโต้แย้งว่าเกณฑ์ การแช่น้ำเย็น ที่ถูกใช้ (5 นาที 14-15 องศาเซลเซียส) ในงานวิจัยนี้น่าจะลดอุณหภูมิในกล้ามเนื้อได้



รูปที่ 5 กลไกการพักฟื้นแบบเฉียบพลันร่วมกับการแช่น้ำเย็นจากระบบประสาทอัตโนมัติ (Ihsan et al., 2016)

2. กลไกในการฟื้นฟูระยะยาวขึ้นโดยเกี่ยวข้องกับการแช่น้ำเย็น

2.1 หน้าที่ของระบบประสาทอัตโนมัติ

ขณะที่ผลของการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติตามการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องดูเหมือนจะมีผลกระทบ การใช้รูปแบบการฟื้นฟูนี้ตามปกติ (5 นาที 10-14 องศาเซลเซียส) ดูจะมีประโยชน์ตามรูปของประสาทและการฝึกแบบระยะยาว ยกตัวอย่างเช่นการใช้ การแช่น้ำเย็น หลังการว่ายน้ำได้เพิ่มระดับการเต้นของหัวใจซึ่งเชื่อมกับระบบประสาท ชี้ให้เห็นว่ามีการพัฒนาทางด้านการฟื้นฟูร่างกาย ชี้ให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างในระบบประสาทที่เชื่อมกับค่าดรรชนีการเปลี่ยนแปลงระดับการเต้นของหัวใจ การใช้ การแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายฟื้นฟูตามปกติในระหว่างช่วงการฝึกที่หนัก (3 วัน หนักๆ 2 วันพักฟื้น) ผลที่ออกมาดีขึ้น แสดงให้เห็นดรรชนีที่พิสูจน์แล้วว่าเชื่อมโยงการฝึกหนักๆ ข้อมูลชี้ให้เห็นว่าการฝึกหนักโดยนักกีฬามีการเพิ่มการฟื้นฟูด้วยการใช้ การแช่น้ำเย็น เมื่อนำมารวมกัน วิจัยเหล่านี้แสดงว่า การกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติผ่านวิธี การแช่น้ำเย็น อาจจะเป็นอันตรายต่อการออกกำลังกายแบบหนักๆ อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามข้อมูลอันจำกัดได้แสดงถึงการปรับใช้ การแช่น้ำเย็น ตามปกติเพื่อพัฒนาการฝึกวันต่อวันและสภาพทางร่างกาย ขณะเดียวกันก็เข้าสู่ดรรชนีการเปลี่ยนแปลงระดับการเต้นของหัวใจ

1.2 การสังเคราะห์ไกลโคเจนใหม่

อาการเหนื่อยล้าระหว่างการฝึกความอดทนปรากฏให้เห็นในเวลาใกล้เคียงกันด้วยการลดอย่างชัดเจนของระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ แท้จริงแล้ว มีการยอมรับว่าตัวไกลโคเจนในกล้ามเนื้อก่อนการออกกำลังกายได้นำมาเกี่ยวข้องกับการแสดงออกด้วยการรับคาร์โบไฮเดรตเข้ามา ซึ่งผลการพัฒนาเห็นชัดในการออกกำลังกายที่มีความอดทน การฟื้นฟูของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจึงถูกคำนึงว่าเป็นหนึ่งในส่วนประกอบหลักทางร่างกายในการฟื้นฟูจากการออกกำลังกายแบบหนักหรือปานกลางแต่ยืดเวลา ความสมบูรณ์ของไกลโคเจนคือความสำคัญของการฝึกนักกีฬาหรือการแข่งขันจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวันหรือวันที่ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ

ในปัจจุบันนี้งานวิจัยได้ตรวจสอบอิทธิพลของ การแช่น้ำเย็น และการคลายตัวของร่างกายด้วยการสังเคราะห์ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายยังมีความคลุมเครือ โดยหลายๆ งานยังไม่มีผลกระทบใดๆ หรือการสังเคราะห์ไกลโคเจนที่ถูกทำให้เจือจางลงตามด้วยการสอดแทรกการคลายตัว เกรคสัน (Gregson et al., 2013) และ สลิฟก้า (Slivka et al., 2013)แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างในการสังเคราะห์ไกลโคเจนหลังการออกกำลังกายด้วยการใช้ การแช่น้ำเย็น (10 นาที 8 องศาเซลเซียส หรือการเปิดอากาศเย็น (3-4 ชั่วโมง 7 องศาเซลเซียส) เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพที่ควบคุมไว้ ในทางตรงกันข้าม ทัคเกอร์, ลาสสัน, โอนีลิดและฮอดก์ (Tucker, Larsson, Oknelid, & Hodges, 2012) ได้รายงานความสมบูรณ์ของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่น้อยลงเมื่อจำกัดการคลายกล้ามเนื้อควอไดรเซ็ปผ่านการปรับความเย็นภายใต้ 30 นาที เป็นช่วงๆ ตลอดช่วงเวลาการฟื้นฟู 4 ชั่วโมง ความแตกต่างในการวิธีการคลายตัวและช่วงเวลาจะปรับเปลี่ยน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อุณหภูมิของกล้ามเนื้อ การก่อตัวของความร้อนและการตอบสนองต่อการไกลเวียนเลือดได้อธิบายว่ามีความแตกต่างในผลลัพธ์ระหว่างงานวิจัยนี้ยกตัวอย่างเช่น เกรคสัน (Gregson et al., 2013) บอกว่าอุณหภูมิในกล้ามเนื้อ ที่ 30-35 องศาเซลเซียสที่ความลึก 1-3 เซนติเมตร หลังการใช้ การแช่น้ำเย็น ขณะที่ ทัคเกอร์, ลาสสัน, โอนีลิดและฮอดก์ (Tucker et al., 2012) บอกว่าที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียสที่ความลึก 4.3 เซนติเมตร ซึ่งได้เก็บไว้เป็นเวลาในการคลายตัว 4 ชั่วโมง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผลการคลายตัวในระยะคลายตัวในอุณหภูมิกล้ามเนื้อน่าจะน้อยลงจากการสังเคราะห์ไกลโคเจนหลังการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตามงานวิจัยเมื่อไม่นานนี้ได้แสดงให้เห็นว่าไม่มีผลใดๆ ในการสังเคราะห์ไกลโคเจนใหม่ในกล้ามเนื้อ นอกจากการใช้วิธีการคลายตัวหลายการออกกำลังกายจัดๆ (3-4 ชั่วโมง ใช้อากาศที่ 7 องศาเซลเซียส) ความเป็นไปได้อย่างหนึ่งคือการหดตัวของกล้ามเนื้อในระหว่างการก่อความร้อนที่แตกตัวออก ตามหลักฐานในวิจัยนี้อาจจะทำให้ลดการคลายตัวในอุณหภูมิกล้ามเนื้อและการไหลเวียนเลือด การแตกตัวอาจจะเป็นผลในจากตัวลำเลียงกลูโคสที่หดตัวเคลื่อนที่ไปสู่เยื่อหุ้มเซลล์ ความสมบูรณ์ของไกลโคเจนที่กำลังกระตุ้น โชคไม่ดีนักที่ไม่มีทั้งอุณหภูมิกล้ามเนื้อหรือ GLUT4 ได้รายงานอยู่ในวิจัยนี้ตามเหตุผลที่ปรากฏอยู่ของการก่อความร้อนที่แตกตัวออก ระหว่างการคลายตัวในร่างกายอาจจะลดผลกระทบเชิงลบจากการสังเคราะห์ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ

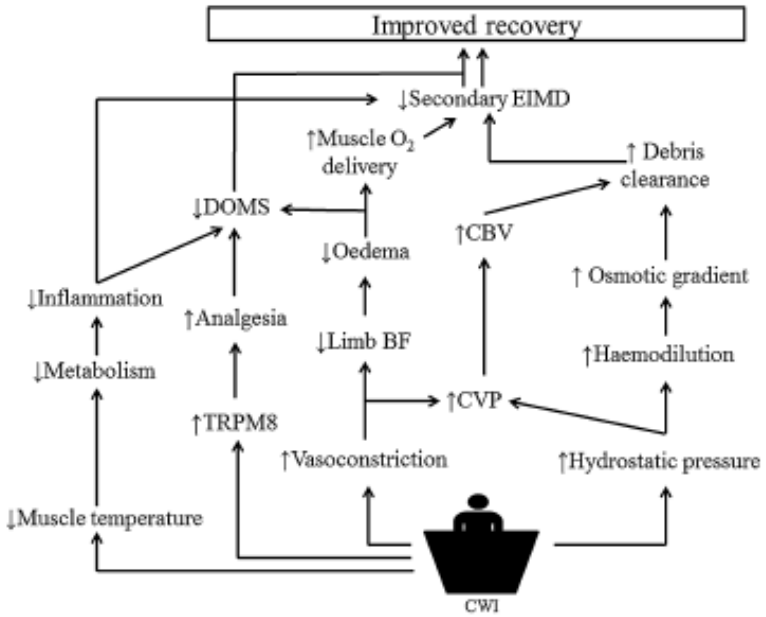
1.3 ความเสียหายของกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย

การบำบัดด้วยความเย็นเป็นวิธีการรักษาที่เป็นที่รู้จักดีสำหรับการบาดเจ็บแบบเฉียบพลัน มันจึงเหมาะกับ การแช่น้ำเย็น ซึ่งถูกใช้เป็นวิธีการฟื้นฟูสู่การใช้ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ หลังการฝึก การแช่น้ำเย็น ทำให้ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ ดีขึ้นผ่านกลไกหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับการจำกัดวงคลายตัว แรงดันอุทกสถิต และการจัดการไหลเวียนเลือดใหม่ ยกตัวอย่างเช่น การแช่น้ำเย็น ใช้ในการส่งเสริมการฟื้นฟูโดยลดอาการบวมน้ำในกล้ามเนื้อ การปรากฏของอาการบวมน้ำขัดขวางการลำเลียงออกซิเจนเข้าสู่กล้ามเนื้อ ขณะที่การบีบอัดกลไกของหลอดเลือดฝอยเพิ่มขึ้น ผลที่เกิดขึ้นในระยะการเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่างหลอดเลือดฝอยและเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อที่มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจน การแช่น้ำเย็น ลดอาการบวมน้ำโดยการลดการไหลเวียนเลือดและกระตุ้นการกำจัดของเหลวในผิวรอบนอก ผลเหล่านี้อยู่ระหว่างการบีบหลอดเลือดที่ทำให้เย็นลง และความดันอุทกสถิต นำไปสู่การเพิ่มปริมาตรเลือดส่วนกลาง ผลของการบีบหลอดเลือดและความดันอุทกสถิตได้เพิ่มปริมาตรเลือดส่วนกลางโดนการเพิ่มแรงดันหลอดเลือดดำส่วนกลางและเพิ่มการเคลื่อนย้ายของเหลวจากช่องว่างในเซลล์และระหว่างเซลล์ไปสู่ส่วนนอกเซลล์ การเคลื่อนย้ายของเหลวจากส่วนนอกหลอดเลือดสู่ภายในเป็นการฟื้นฟูจาก ความเสียหายของกล้ามเนื้อโดยการเพิ่มการกำจัดเซลล์เนื้อเยื่อและซากเนื้อเยื่อที่ตายแล้ว แท้จริงแล้วการเคลื่อนที่ของของเหลว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากส่วนนอกหลอดเลือดสู่ส่วนในมีผลในความเข้มข้นทั้งภายในและนอกหลอดเลือด ดังนั้นการส่งเสริมการเคลื่อนที่เซลล์ที่ตายแล้วจากกล้ามเนื้อไปสู่การไหลเวียนส่วนกลาง สุดท้ายแล้วระยะคลายตัวในอุณหภูมิของกล้ามเนื้ออาจจะได้รับความเสียหายแต่ภายนอกเล็กน้อยเนื่องจากการตายของเซลล์ที่ขาดเลือดหรือออกซิเจนและเหตุที่มาจากการอักเสบต่างๆ

ขณะที่การลดอาการอักเสบและอาการบวมน้ำจะเหมือนกับการลดอาการปวดกล้ามเนื้อที่ออกอาการช้า (DOMS) การแช่น้ำเย็น ก็อาจจะมีผลกับ DOMS ในการพัฒนาการฟื้นฟูที่มองเห็นได้ ความรู้สึกของ DOMS เกิดขึ้นเนื่องจากกลุ่มกล้ามเนื้อที่สามและสี่ซึ่งตอบสนองต่อความเจ็บปวดนำไปสู่ร่างกายด้วยเซลล์ประสาทสั่งการ ในทางกลับกัน การเปิดรับความเย็น ได้กระตุ้นตัวรับสัญญาณไอออนบวก M8 หลัก (TRPM8) ตัวรับตั้งอยู่ใน Aδ และเนื้อเยื่อ C ความสมมูลกันของกลุ่มกล้ามเนื้อที่สามและสี่บริเวณผิวหนังของร่างกาย เมื่อมีการกระตุ้นเกิดขึ้นแล้ว TRPM8 ก็เป็นสื่อที่ระงับอาการเจ็บปวดผ่านทางทางเข้าที่ยับยั้งไว้หรือไม่ก็ผ่านทางเซลล์ประสาทเชื่อมกลางที่ช่วยรั้งกระดูกสันหลังหรือตรงไปสู่ตัวรับความเจ็บปวด การรับรู้ที่พัฒนาขึ้นของ DOMS มีความสำคัญสำหรับการฟื้นฟูการออกกำลังกาย ขณะที่ MVC ได้แสดงถึงความบกพร่องในการปรากฏการเจ็บปวดกล้ามเนื้อ (ความเป็นอิสระของ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ) ที่นำเข้ามาโดยการนำผ่านน้ำเกลือ ดังเหตุผลที่ว่าด้วยการเติบโตของร่างกายของการเกี่ยวพันด้วยกลไก ระบบประสาทส่วนกลาง ในการฟื้นฟูนักกีฬาในระยะยาว



รูปที่ 6 สรุปกลไกในการฟื้นฟูระยะยาวขึ้นโดยเกี่ยวข้องกับการแช่น้ำเย็น

(Ihsan et al., 2016)

นอกจากนี้หลักฐานทางกลไกได้ปรับงานวิจัยในด้านผลของ การแช่น้ำเย็น ในการเพิ่มการฟื้นฟูของ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ โดยแสดงให้เห็นถึงการโต้แย้ง ด้วยผลการศึกษาที่พัฒนามาไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือบกพร่อง การฟื้นฟูหน้าที่ของกล้ามเนื้อและหรือตัวชี้วัดความเสียหายของกล้ามเนื้อทางอ้อม (เช่น DOMS และ เอ็นไซม์ครีเอตีนไคเนส) ตามการใช้ การแช่น้ำเย็น ดังนี้แล้ววิธีการออกกำลังกายที่ถูกนำมาใช้ใน ความเสียหายของกล้ามเนื้อ ดูเหมือนว่าจะมีผลที่มีอิทธิพลของการแช่น้ำเย็น ในการเพิ่มการฟื้นฟู โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลของ การแช่น้ำเย็น ใน ความเสียหายของกล้ามเนื้อ ซึ่งได้ใช้ตามที่ได้รับการค้นหาข้อมูลมาว่า: (1) การออกกำลังที่มีโน้มเอียงอย่างผิดปกติต่อข้อต่อเดี่ยว หรือ (2) วิธีการออกกำลังกายทั้งตัวซึ่งรวมถึงความไม่สม่ำเสมอ (รูปแบบการเคลื่อนที่ของกีฬาเป็นทีม) หรือการออกกำลังกายที่ต่อเนื่อง (อย่างกีฬาที่อาศัยความอดทน) ตามตาราง 1 การแช่น้ำเย็น ไม่ได้ทำให้ดรรชนีหลักของ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ ดีขึ้น อย่างเช่น อัตราการรั่วของโปรตีนในกระแสเลือด การกลับคืนสู่สภาพปกติในแรง MVC หรือ ระยะเริ่มคลายตัวใน DOMS และอาการบวม ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การแช่น้ำเย็น ไม่มีผลในการลดความเสียหายของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย อย่างน้อยที่สุด เมื่อ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ ยังถูกรักษาไว้ผ่านวิธีการออกกำลังกายที่มีแนวโน้มผิดปกติต่อข้อต่อเดี่ยว ในทางตรงกันข้าม การแช่น้ำเย็น ดูจะมีผลมากกว่าในการรักษา ความเสียหายของกล้ามเนื้อ ที่รับมาด้วยเป็นระยะๆ ความอดทนในการเล่นกีฬาแบบทีม แท้จริงแล้วหลักของการศึกษาในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่า การแช่น้ำเย็น จะมีผลในการเพิ่มการฟื้นฟูการออกกำลังกาย แรง MVC การกำจัดโปรตีนในกล้ามเนื้อในเลือด อย่างเช่น เอ็นไซม์ครีเอตีนไคเนสหรือไมโอโกลบิน การอักเสบที่น้อยลง หรือการลดความรู้สึกของ DOMS มีเพียงรายงานการเดียวที่ไม่ได้เสนอถึงประโยชน์ของการรักษาด้วย การแช่น้ำเย็น ในการเป็นตัวชี้วัดของ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ รวมถึงเอ็นไซม์ครีเอตีนไคเนสในเลือด รวมถึง MVC และ DOMS อย่างไรก็ตามมันเป็นสิ่งสำคัญที่แสดงว่า MVC ได้รับการพัฒนาในงานวิจัยที่ใช้ การแช่น้ำเย็น มีผลกระทบต่อขอบเขตความเสียหายของกล้ามเนื้อและถูกพิจารณาว่าเป็นมาตรฐานในการตรวจวัดในการเข้าถึง ความเสียหายของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่า MVC อาจจะมีมาตรฐานในการตรวดวัดในการเข้าถึงความเสียหายของกล้ามเนื้อและการฟื้นฟูจาก ความเสียหายของกล้ามเนื้อ มันอาจจะไม่มีผลต่อการสร้างพลังและสมรรถภาพของนักกีฬา แท้จริงแล้ว Ingram ได้แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการในสมรรถภาพด้วยความเร็วซ้ำๆ ตามด้วยการรักษาแบบ การแช่น้ำเย็น ถึงแม้จะไม่มีการฟื้นฟูใน MVC

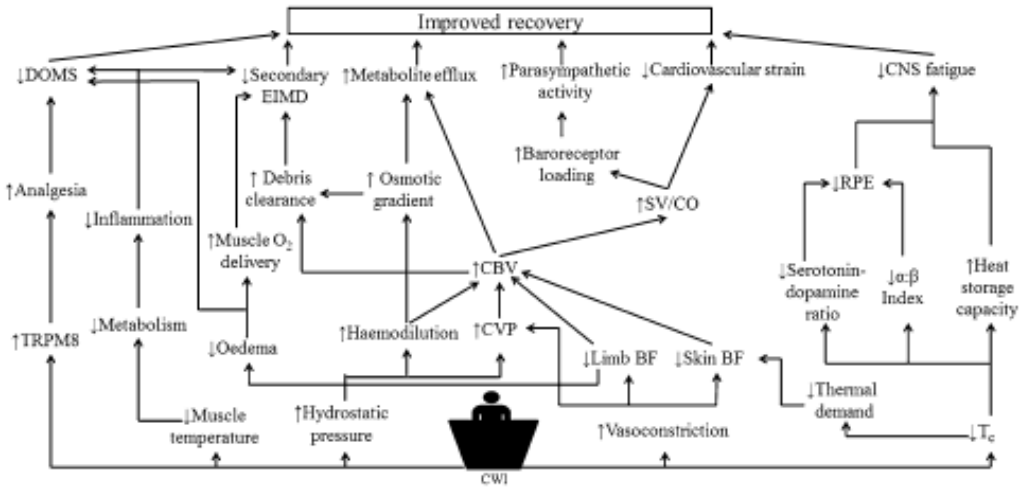
เมื่อไม่นานมานี้มีการแนะนำว่า การแช่น้ำเย็น ได้อยู่ระหว่างการฟื้นฟู MVC ตามด้วยการออกกำลังกายที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อกล้ามเนื้อร่างกายทั้งหมดอาจจะไม่มีผลต่อการฟื้นฟูจาก ความเสียหายของกล้ามเนื้อ แต่ก็อาจจะรวมการฟื้นฟูจากอาการเหนื่อยล้าส่วนกลาง ความจริงแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Pointon และ Minett ได้สาธิต การฟื้นฟูด้วย MVC ที่พัฒนาแล้วจากการวิ่งไม่ต่อเนื่องที่เหนื่อยล้าในความร้อน เมื่อ การแช่น้ำเย็น ถูกนำเข้าไปใช้ อย่างไรก็ตาม ผลการพัฒนา MVC ได้เกิดขึ้นพร้อมกับการปรับปรุงของค่าดรรชนีที่เกี่ยวข้องทั้งความเหนื่อยล้าของประสาทส่วนกลาง (เช่น ค่า T^e ที่ลดลง และ VA ที่พัฒนาขึ้นมา) และ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ (เช่น ความรู้สึกของ DOMS ที่ลดลง และการกำจัดโปรตีนที่เคลื่อนที่เป็นอิสระได้มากขึ้น) ขณะที่ข้อมูลเหล่านี้มีความยากที่ชัดเจนในการแยกกลไกโดยใช้การฟื้นฟู การแช่น้ำเย็น มันมีหลักฐานที่ว่ากลไกหลายอย่างได้นำมาเกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูด้วย การแช่น้ำเย็น จากการออกกำลังกายแบบทั้งตัว

จำนวนกลไกได้ถูกแนะนำไว้เพื่อรับผิดชอบต่อการเพิ่มการฟื้นฟูทั้งแบบเฉียบพลันและระยะยาวโดยเกี่ยวข้องกับ การแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกาย ภายใต้ความกดดันความร้อน การฟื้นฟูแบบสั้นโดยเร็วจะเป็นการลดอุณหภูมิร่างกาย ถัดมาเป็นการปรับปรุงความเหนื่อยล้าที่แทรกอยู่ใน ระบบประสาทส่วนกลาง และมีการลดความตึงเครียดในหัวใจและหลอดเลือด ในปัจจุบันนี้มีหลักฐานเพียงเล็กน้อยที่สนับสนุนว่า การแช่น้ำเย็น อาจจะการฟื้นฟูแบบเฉียบพลันโดยการเพิ่มการเคลื่อนที่ของการเผาผลาญในกล้ามเนื้อ ยิ่งไปกว่านั้น การกระตุ้นใหม่ในระบบประสาทอัตโนมัติภายหลังการใช้ การแช่น้ำเย็น ดูเหมือนจะเป็นอันตรายต่อการแสดงการออกกำลังกายแบบหนักๆ ภายหลังในระยะเวลาอันสั้น แต่ดูเหมือนจะมีประโยชน์ต่อการฟื้นฟูในระยะที่นานขึ้นและการฝึกแบบวันต่อวัน ประสิทธิภาพของ การแช่น้ำเย็น ที่ช่วยผลกระทบขั้นรองของ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ น้องลง ซึ่งดูเหมือนจะต้องขึ้นอยู่กับระบบการออกกำลังกายที่ใช้กับ การแช่น้ำเย็น โดยมีอิทธิพลในขีดจำกัดต่อ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ ที่ถูกนำมาใช้ต่อการหดตัวที่มีความมีความผิดปกติต่อข้อต่อเดี่ยว ในทางตรงกันข้าม การแช่น้ำเย็น ดูจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการปรับผลของ ความเสียหายของกล้ามเนื้อ ให้ดีขึ้นเมื่อนำมาใช้กับวิธีการออกกำลังกายที่ไม่ต่อเนื่องกับการออกกำลังกายที่เน้นความอดทนที่กำหนดเวลา ความเข้าใจกลไกเหล่านี้จะช่วยให้ผู้ฝึกในเรื่องการปรับใช้และการใช้ การแช่น้ำเย็น ที่เหมาะกับการฟื้นฟูแบบเจาะจงยิ่งขึ้น เพื่อพัฒนาการสมรรถภาพของนักกีฬาและเพื่อเพิ่มการปรับเปลี่ยนที่จะออกกำลังกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 7 สรุปกลไกของการฟื้นฟูจากการแช่น้ำเย็น (Ihsan et al., 2016)

วิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิจัยภายในประเทศ

วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ (วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) ศึกษาเรื่องผลของการแช่น้ำเย็นที่มีผลต่อการฟื้นสภาพและความสามารถทางกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชาย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 12 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบค่าพลังความสามารถสูงสุด ด้วยวิธีการวินเกต ต่อด้วยการฟื้นสภาพด้วยวิธีการแตกต่างกัน 3 วิธี คือ การนั่งอยู่กับที่ การนั่งแช่น้ำเย็น และการแช่เท้าในน้ำเย็น วิเคราะห์ค่ากรดแลคติกในเลือดทุกช่วง 5 นาที ตั้งแต่เสร็จสิ้นการปั่นวินเกตครั้งแรกตลอดจนถึงก่อนเริ่มการปั่นวินเกตครั้งที่ 2 รวมการวิเคราะห์ค่ากรดแลคติกในเลือด 6 ครั้ง ทำการเก็บข้อมูลการปั่นวินเกตครั้งที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถทางกายภายหลังการฟื้นสภาพด้วยวิธีต่างกัน 3 แบบ นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่ากรดแลคติกในเลือดและค่าวามสามารถทางกายที่ทำได้ มาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำและเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี้สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดในการเจาะเลือดครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ภายหลังการทดสอบด้วยวิธีวินเกตระหว่างทั้ง 3 การทดลอง ไม่แตกต่างกัน แต่ในการเจาะเลือดครั้งที่ 4 ครั้งที่ 5 และครั้งที่ 6 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความสามารถทางกายภายในของก่อนและหลังการฟื้นสภาพ ค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดในการปั่นวินเกตครั้งที่ 1 กับการปั่นวินเกตครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มนั่ง ปกติและกลุ่มแช่เท้าในน้ำเย็นนั้นไม่แตกต่างกัน แต่ การปั่นวินเกตครั้งที่ 1 กับการปั่นวินเกตครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นนั้นแตกต่างกัน

ค่าเฉลี่ยของพลังความสามารถ ในการปั่นวินเกตครั้งที่ 1 กับการปั่นวินเกตครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มนั่งปกติและภายในกลุ่มแช่เท้าในน้ำเย็นนั้นไม่แตกต่างกัน แต่ การปั่นวินเกตครั้งที่ 1 กับการปั่นวินเกตครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นนั้นแตกต่างกันค่าเฉลี่ยความล้า ในการปั่นวินเกตครั้งที่ 1 กับการปั่นวินเกตครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มนั่งปกติและกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นนั้นไม่แตกต่างกัน แต่ การปั่นวินเกตครั้งที่ 1 กับการปั่นวินเกตครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มแช่เท้าในน้ำเย็นนั้นแตกต่างกัน การฟื้นสภาพโดยการแช่น้ำเย็นนอกจากจะใช้ในการลดการบาดเจ็บและการอักเสบของกล้ามเนื้อแล้วยังมีประสิทธิภาพในการฟื้นสภาพร่างกายภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักได้ดีทั้งยังช่วยในการลดกรดแลคติกในเลือดได้เร็วขึ้นด้วย

คทาวุธ นาคสุทธิ์ (คทาวุธ นาคสุทธิ์, 2553) ศึกษาผลของการพักฟื้นโดยการแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีผลต่อกรดแลคติกในเลือดและความแคล่วคล่องว่องไว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯอายุ 19 -21 ปี จำนวน 15 คนได้มาจากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย ให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องด้วยโปรแกรม โย –โย่ จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างได้รับการพักฟื้นโดยการนั่งพักการแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ทั้งนี้ให้กลุ่มตัวอย่างพัก 1 สัปดาห์ในแต่ละวิธีโดยแต่ละวิธีจะทำการเจาะเลือดเพื่อหาค่าปริมาณกรดแลคติกในเลือดขณะพัก หลังการออกกำลังกายและหลังจากการพักฟื้นทันทีในนาทีที่ 15 ความแคล่วคล่องว่องไวทำการทดสอบก่อนการออกกำลังกายและหลังการพักฟื้นนทันทีในนาทีที่ 15 อุณหภูมิกายวัดหลังการออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกายทันทีนาทีที่ 4, 8, 12 และ 15 ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจทำการวัด หลังการออกกำลังกายทันทีนาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 15 แล้วนำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธีของ Tukey กำหนดความมีนัยสำคัญทางทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่า ปริมาณกรดแลกติกในเลือด ความแคล่วคล่องว่องไว อุณหภูมิกายและอัตราการเต้นของหัวใจหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ด้วยวิธีการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่า วิธีการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดแลคติกในเลือดลดลงเร็วกว่าทุกวิธีที่นำมาเปรียบเทียบและยังทำให้ความแคล่วคล่องว่องไวฟื้นตัวได้ดีกว่าวิธีอื่น

เจษฎา ไตรเพิ่ม (เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) ศึกษาและเปรียบเทียบผลของการใช้ความเย็นที่มีต่อการฟื้นตัวของนักกีฬามวยไทยสมัครเล่น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬามวยไทยสมัครเล่นของวิทยาลัยมวยไทยและการแพทย์แผนไทย โดยดูค่าความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจและค่ากรดแลกติกในเลือดของการฟื้นตัวแบบปกติและแบบใช้ความเย็น นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ของอัตราการเต้นของหัวใจ และค่ากรดแลกติกของกิจกรรมการฟื้นตัวแบบปรกติและแบบใช้ความเย็น ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ และค่ากรดแลกติก ของการฟื้นตัวแบบปกติ และแบบใช้ความเย็นโดยการทดสอบค่าที ก่อนทำกิจกรรม หลังชกยกที่หนึ่ง หลังชกยกที่สองและ หลังพักยกที่สอง ไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจ และค่ากรดแลกติกของการฟื้นตัวแบบปกติและแบบใช้ความเย็นภายในกลุ่ม ก่อนทำกิจกรรม หลังชกยกที่หนึ่ง หลังชกยกที่สองและ หลังพักยกสอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 วิธีการฟื้นตัวแบบปกติและการฟื้นตัวแบบใช้ความเย็นในนักกีฬามวยไทยสมัครเล่นทั้งสองวิธีให้ผลในการลดอัตราการเต้นของหัวใจและลดระดับกรดแลกติกในเลือดได้ใกล้เคียงกัน สามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมของนักกีฬาและผู้ฝึกสอน

วิจัยต่างประเทศ

Sanchez-Urena และคณะ (Sanchez-Urena et al., 2017) ศึกษาการแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำเย็นแบบสลับนั่งพักต่อการฟื้นฟูหลังการฝึกซ้อมในนักกีฬาบาสเกตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักบาสเกตบอลชาย จำนวน 10 คน ให้ทำการฝึกซ้อมเป็นเวลา 90 นาที จากนั้นทำการฟื้นฟูโดยการแช่น้ำเย็น แบ่งเป็นสองกลุ่มคือ ใช้แช่น้ำแบบต่อเนื่อง 12 นาที อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และแช่น้ำแบบสลับพัก 12 นาที (แช่น้ำเย็น 2 นาที พัก 1 นาที ทั้งหมด 4 รอบ) อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส การแช่น้ำทั้งสองรูปแบบมีผลช่วยลดความเจ็บปวดใน 24 และ 48 ชั่วโมงภายหลังจากการฝึกซ้อมเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่การแช่น้ำแบบต่อเนื่องค่าความเจ็บปวดน้อยกว่าแบบแช่น้ำสลับนั่งพักเล็กน้อย ส่วนการเปลี่ยนแปลงของการทดสอบกระโดดสูง มีความแตกต่างกันที่ % ทั้ง 24 และ 48 ชั่วโมงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่การแช่น้ำแบบต่อเนื่องค่าการกระโดดสูงมากกว่ากว่าแบบแช่น้ำสลับนั่งพักเล็กน้อย และในส่วนของปริมาณกล้ามเนื้อต้นขาไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่โดยรวมแล้วทั้งสองวิธีช่วยเพิ่มการฟื้นฟูความเมื่อยล้าและสมรรถภาพในนักกีฬาบาสเกตบอล

Mawhinney และคณะ (Mawhinney et al., 2017) ศึกษาอิทธิพลของการแช่น้ำเย็นที่มีต่อไหลเวียนของอวัยวะส่วนปลายภายหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้าน กลุ่มตัวอย่างคือ เป็นบุคคลทั่วไปเพศชาย จำนวน 12 คน ให้ทำการออกกำลังกายด้วยท่า สควอท (Squat) จำนวน 10 ครั้ง 4 เซต แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม โดยมีกลุ่มที่แช่น้ำ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที กลุ่มที่แช่น้ำ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และกลุ่มควบคุมนั่งพักธรรมดา โดยมีการสุ่มให้แต่ละคนทำการทดลองไม่เหมือนกันในแต่ละวัน ผลการศึกษาพบว่า การแช่น้ำที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส จะลดอุณหภูมิที่ต้นขาและอุณหภูมิชั้นลึกของกล้ามเนื้อได้ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การไหลเวียนของเลือดบริเวณต้นขาหลังจากการแช่ 8 องศาเซลเซียส และ 22 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งสองกลุ่มมีการไหลเวียนต่ำกว่ากลุ่มควบคุม หลอดเลือดบริเวณที่ต้นขาและน่องมีการหดตัว 40-50% ในกลุ่มที่แช่น้ำเย็น 8 องศาเซลเซียส และ 22 องศาเซลเซียส แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สรุปได้ว่าในกลุ่มที่แช่น้ำเย็น 8 องศาเซลเซียส และ 22 องศาเซลเซียส มีผลทำให้เกิดการหดตัวและลดการไหลเวียนของเลือดบริเวณต้นขาแต่ไม่มีผลต่ออุณหภูมิของกล้ามเนื้อ

Choo, Nosaka, Peiffer, Ihsan, และ Abbiss (Choo, Nosaka, Peiffer, Ihsan, & Abbiss, 2018) ศึกษาการตอบสนองของการไหลเวียนเลือดบริเวณส่วนปลายในการแช่น้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกาย โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย 9 คน ทำการปั่นจักรยาน 25 นาที ในระดับ ตามด้วยปั่นอีก 90% พลังสูดสูง (Peak power) เป็นเวลา 30 วินาที จนหมดแรง จากนั้นสุ่มกลุ่มตัวอย่างทำการทดลองคือ แช่น้ำ 9 องศาเซลเซียส , แช่น้ำ 15 องศาเซลเซียส , แช่น้ำ 35 องศาเซลเซียส และนั่งพัก (กลุ่มควบคุม) โดยทุกคนจะได้ทำทุกการทดลองสลับกันไปในแต่ละครั้งที่มีการทดสอบ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การแช่น้ำที่อุณหภูมิ 9 และ 15 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเวียนของเลือดบริเวณต้นขา , ในกล้ามเนื้อ และบริเวณผิวหนัง จะต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม การแช่น้ำเย็นอุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียสส่งผลให้ปริมาณเลือดการไหลเวียนของเลือดในกล้ามเนื้อลดลงอย่างมาก การแช่น้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ไม่ควรใช้ในกรณีที่มีระยะเวลาฟื้นฟูในระยะสั้นๆ(น้อยกว่า 60 นาที) ภายหลังออกกำลังกาย

Vieira และคณะ (Vieira et al., 2016) ศึกษาผลของอุณหภูมิของน้ำขณะทำการแช่น้ำที่มีต่อการฟื้นฟูภายหลังการออกกำลังกายที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเสียหาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยชายจำนวน 42 คน ให้ทำการออกกำลังกายด้วยการ Drop Jump 20 ครั้ง 5 เซต จากนั้นให้ทำการทดลองจากสามกลุ่มคือ แช่น้ำเย็น 5 องศาเซลเซียส , 15 องศาเซลเซียส และกลุ่มควบคุม โดยที่ที่ทำการแช่น้ำให้แช่รยางค์ช่วงล่าง (ระดับสะโพก) 20 นาที ให้ทำการทดสอบ Isometric knee extensor torque , การกระโดดสูง (Countermovement jump) , การปวดเมื่อยของกล้ามเนื้อ (Muscle soreness) และครีเอทีนไคเนส (Creatine Kinase) ซึ่งจะวัดก่อนออกกำลังกาย , ทันทีหลังออกกำลังกาย , หลังออกกำลังกาย 24,48,72,96 และ 168 ชั่วโมง การศึกษาพบว่า ในกลุ่มที่มีการแช่น้ำ การกระโดดสูง (Countermovement jump) ฟื้นฟูได้เร็วกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและค่าการกระโดดสูง (Countermovement jump) จะกลับไปเท่ากับค่าก่อนการทดสอบเมื่อผ่านไป 72 ชั่วโมง ในกลุ่มที่แช่ 15 องศาเซลเซียส ในกลุ่ม 5 องศาเซลเซียสใช้เวลา 96 ชั่วโมง ส่วนกลุ่มควบคุมไม่สามารถวัดได้ในช่วงเวลาที่ทดลอง ค่าครีเอทีนไคเนส (Creatine Kinase) จะกลับไปเท่ากับก่อนการออกกำลังกายเมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง และคงที่ตลอดการวัดทุกช่วง ในกลุ่ม 15 องศาเซลเซียส ส่วนกลุ่ม 5

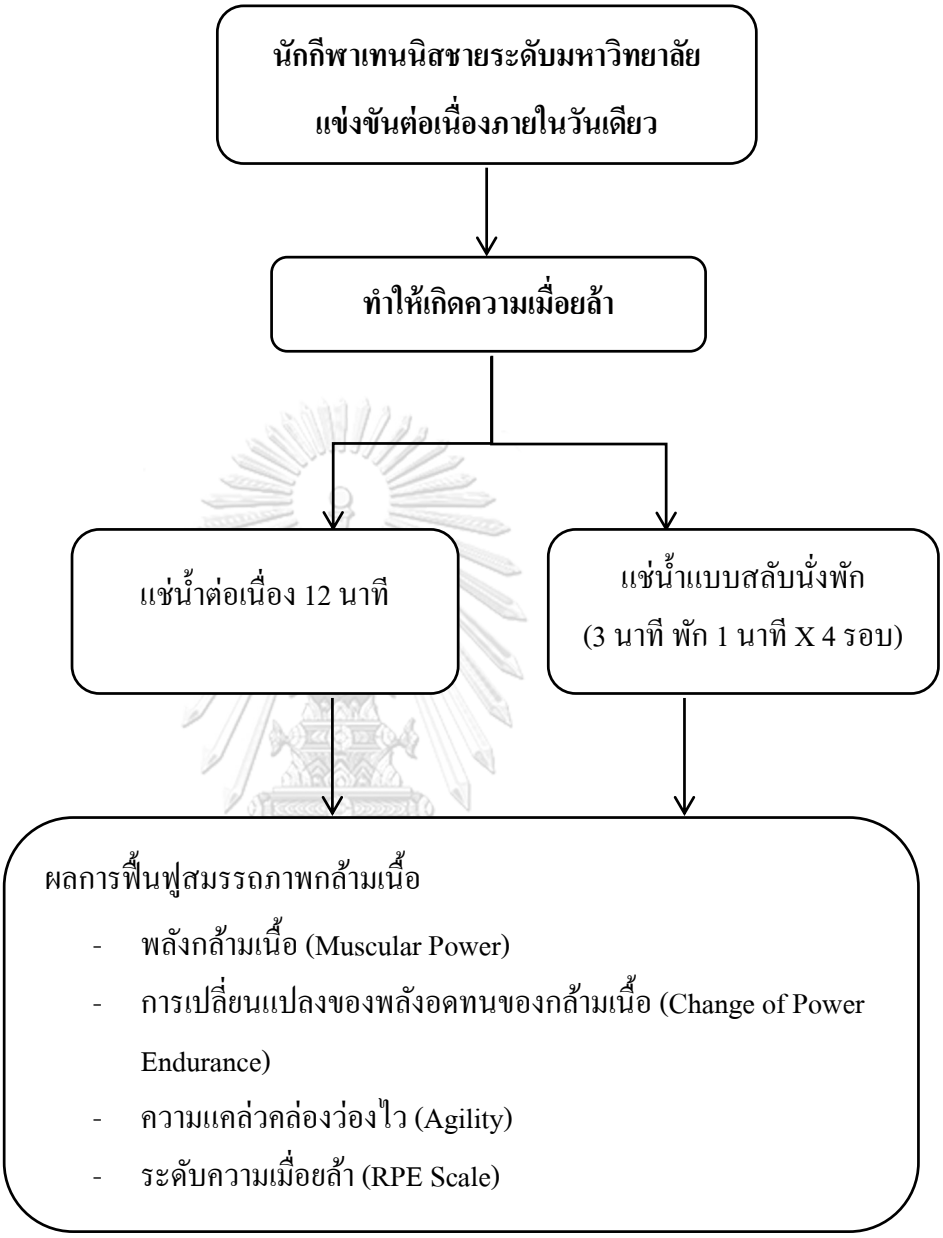
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

องศาเซลเซียสและกลุ่มควบคุม ใช้เวลา 168 ชั่วโมง ค่าครีเอทีนไคเนส (Creatine Kinase) จะกลับไปเท่ากับก่อนการออกกำลังกาย ค่าการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อของกลุ่ม 15 องศาเซลเซียสมีการลงภายใน 24 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ผลการศึกษาพบว่า การแช่น้ำเย็นจะช่วยฟื้นฟูได้ในระยะสั้น แต่ในการแช่ 15 องศาเซลเซียสสามารถฟื้นฟูได้ดีกว่าการแช่ในอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

Ingram และคณะ (Ingram et al., 2009) ศึกษาผลของวิธีการแช่น้ำที่มีต่อการฟื้นฟูหลังการออกกำลังกายจากการจำลองการออกกำลังกายของกีฬาประเภททีม โดยเปรียบเทียบการแช่น้ำร้อนสลับเย็น แช่น้ำเย็น และไม่มีการฟื้นฟู(กลุ่มควบคุม) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาประเภททีมชาย จำนวน 11 คน วันที่แรกในนักกีฬาทำการทดสอบ Repeated sprint ability , ความแข็งแรงของขา จากนั้นให้ทำการฝึกซ้อม 80 นาที หลังจากนั้น 24 ชั่วโมง ในทำการฟื้นฟูด้วยการแช่น้ำ 15 นาที หลังจากออกกำลังกายเสร็จ 48 ชั่วโมง ให้ทำการทดสอบนักกีฬาอีกครั้ง ส่วนการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อตรวจสอบการอักเสบของกล้ามเนื้อและการทดสอบหาค่าการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ จะใช้ก่อนการฝึกซ้อม,หลังการฝึกซ้อมทันที,หลังการฝึกซ้อม 24 ชั่วโมง และหลังการฝึกซ้อม 48 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่า กลุ่มแช่น้ำเย็นสามารถลดค่าความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อและฟื้นฟูความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาได้ดีกว่ากลุ่มแช่น้ำร้อนสลับเย็นและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มแช่น้ำสามารถฟื้นฟูและทำการทดสอบ Repeated sprint ability ได้ใกล้เคียงกับการทดสอบครั้งแรกมากที่สุด ประโยชน์ของการแช่น้ำร้อนสลับเย็นเพียงอย่างเดียวคือการลดค่าความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย 24 ชั่วโมง สรุปได้ว่าการแช่น้ำเย็นสามารถช่วยฟื้นฟูนักกีฬาประเภททีมได้ดีกว่าการแช่น้ำร้อนสลับเย็นและกลุ่มควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 8 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและแบบสลับนั่งพักภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย มีจำนวนทั้งสิ้น 16 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักกีฬาเทนนิส เพศชาย มหาวิทยาลัยศิลปากร ช่วงอายุตั้ง 18 – 22 ปี ที่ฝึกซ้อมเพื่อแข่งขันและพัฒนาความเป็นเลิศ ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีอาการบาดเจ็บรุนแรงก่อนเข้าร่วมการวิจัยและสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยต้องผ่านเกณฑ์คัดเข้าของกลุ่มตัวอย่าง งานวิจัยนี้กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.8 และขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ 0.6 กำหนดความมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Cohen,1998) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 14 คน (โดยผู้วิจัยได้ป้องกันกลุ่มตัวอย่างสูญหาย (Drop out) ระหว่างดำเนินการทดลองอาจทำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่เพียงพอแก่การวิเคราะห์ข้อมูล จึงคำนวณกลุ่มตัวอย่างเพิ่มเติมเป็นร้อยละ 10 เท่ากับ 2 คน การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 16 คน หลังจากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยแต่ละลำดับจะทำตามเงื่อนไขวิธีถ่วงดุลลำดับ ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3
คนที่ 1 – 5	นั่งพักปกติ	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง	แช่น้ำเย็นสลับพัก
คนที่ 6 – 10	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง	นั่งแช่น้ำเย็นสลับพัก	นั่งพักปกติ
คนที่ 11 – 16	นั่งแช่น้ำเย็นสลับพัก	นั่งพักปกติ	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง

กลุ่มตัวอย่างชุดเดียวกัน ปฏิบัติการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ และการทดลองแต่ละครั้ง เว้นระยะห่างกันเป็นเวลา 1 สัปดาห์

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาเทนนิสชายของมหาวิทยาลัยศิลปากรอายุระหว่าง 18-22 ปี

2. ผ่านการประเมินจากแบบสอบถามสุขภาพ

3. มีการฝึกซ้อมเพื่อแข่งขันและพัฒนาความเป็นเลิศอย่างน้อย 4 วันต่อสัปดาห์ โดยมีการตรวจสอบการเข้าฝึกซ้อมทุกครั้ง

4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมวิจัย และยินดีลงนามในคำยินยอมเข้าร่วมวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น มีอาการเจ็บป่วย อุบัติเหตุ เป็นต้น

2. มีปัญหาเกี่ยวกับโรคของหลอดเลือด ,หัวใจ,เส้นประสาทสัมผัสเสีย,โรคมะเร็ง

3. ไม่ใช้ในคนที่แพ้ความเย็น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

<u>เครื่องมือที่ใช้บันทึกข้อมูล</u> (ภาคผนวก ข)

1. แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบสมรรถภาพกล้ามเนื้อ

<u>เครื่องมือสำหรับการทดสอบ</u> (ภาคผนวก ง)

1. ถังน้ำขนาด 305 x 183 x 56 ซม

2. เครื่อง Speed light ยี่ห้อ Swift Performance ผลิตจากประเทศออสเตรเลีย

3. เครื่อง FT 700 Power System (Fittech, Australia) ประกอบด้วย

3.1 แผ่นวัดแรง Force plate รุ่น 400S (400 series performance force plate) ขนาด 795 mm x 795 mm x 60 mm ของบริษัท Fitness Technology ผลิตที่เมือง Adelaide ประเทศออสเตรเลีย

3.2 ซอฟแวร์ประมวลผลข้อมูล (Ballistic Measurement Software) เวอร์ชั่น 2011 2.0 ของบริษัท Innervations ผลิตที่เมือง Perth ประเทศออสเตรเลีย

3.3 ตัวแปลงสัญญาณตำแหน่ง (Position transducer) ยี่ห้อ IDM ประเทศออสเตรเลีย

4. เครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic machine) ยี่ห้อ Physiomed รุ่น CON-TREX ผลิตจากประเทศสวิสเซอแลนด์

5. จักรยาน Monark รุ่น Ergomedic 839E ผลิตจากประเทศสวีเดน

6. กรวยพลาสติก

7. เครื่องวัดอุณหภูมิของน้ำ

8. นาฬิกาจับเวลา

9. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. จัดหาผู้ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลพร้อมทั้ง อธิบาย และสาธิตวิธีการต่างๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้เข้าใจในรายละเอียดของการทดลอง ตลอดจนวิธีการปฏิบัติและการบันทึกผลการทดสอบให้เข้าใจถูกต้องตรงกัน

2. ทำการนัดหมายกลุ่มตัวอย่าง เกี่ยวกับวัน เวลา และสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ โดยจะมีรถรับส่งจากมหาวิทยาลัยศิลปากรอำนวยความสะดวก

3. นัดหมายการแต่งกายของกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือ ชุดที่ใส่ฝึกซ้อมกีฬาเทนนิส สำหรับการทดสอบสมรรถภาพกล้ามเนื้อ และชุดที่ 2 คือ กางเกงว่ายน้ำขาสั้น สำหรับทำการทดลองในส่วนของการแช่น้ำเย็น โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยจัดเตรียมมาเอง

4. เตรียมอุปกรณ์และสถานที่ที่ใช้ในการทดลอง

5. ชี้แจงจุดประสงค์ของการวิจัยและขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย

6. เตรียมการทดลองโดยตรวจและตั้งค่าของเครื่องมือต่างๆ คือ เครื่องให้จังหวะในการทดสอบ เครื่อ Speed light ยี่ห้อ Swift ผลิตจากประเทศออสเตรเลีย เครื่องวัดการกระโดดสูง FT 700 Power System ผลิตโดยประเทศออสเตรเลีย และอ่างใส่น้ำเย็นขนาด 305 x 183 x 56 ซม. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ กำหนดอุณหภูมิห้องไว้ที่ 25 ± 1°C โดยใช้เครื่องปรับอากาศ เพื่อให้มีสภาพแวดล้อมที่เหมือนกันในทุกการทดสอบ เป็นต้น พร้อมกับมีอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยกรณีฉุกเฉินในขณะทำการทดลอง

6. เตรียมอ่างใส่น้ำเย็นขนาด 305 x 183 x 56 ซม. ใส่น้ำให้สูงระดับสะโพกของผู้ทดสอบ ทำให้น้ำเย็นอุณหภูมิ 15 ± 1 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำแข็งเกล็ดขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถควบคุมความเย็นได้ง่าย ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิของน้ำ 4 จุด บริเวณมุมของถังน้ำเพื่อให้ได้อุณหภูมิน้ำที่แม่นยำ

7. ดำเนินการทดลองโดย

การทดลองจะใช้กลุ่มตัวอย่างชุดเดียวกัน แบ่งเป็นกลุ่มย่อย 3 กลุ่ม เพื่อแต่ละกลุ่มเวียนปฏิบัติในแต่ละการทดลอง จนครบ 3 ครั้งการทดลอง ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กลุ่มตัวอย่าง	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3
คนที่ 1 – 5	นั่งพักปกติ	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง	นั่งแช่น้ำเย็นสลับพัก
คนที่ 6 – 10	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง	นั่งแช่น้ำเย็นสลับพัก	นั่งพักปกติ
คนที่ 11 – 16	นั่งแช่น้ำเย็นสลับพัก	นั่งพักปกติ	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง

กลุ่มตัวอย่างชุดเดียวกัน ปฏิบัติการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ และการทดลองแต่ละครั้ง เว้นระยะห่างกันเป็นเวลา 1 สัปดาห์

7.1 ให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (ภาคผนวก ก) เพื่อให้ร่างกายเตรียมพร้อมและป้องกันอาการบาดเจ็บจากการทดสอบ

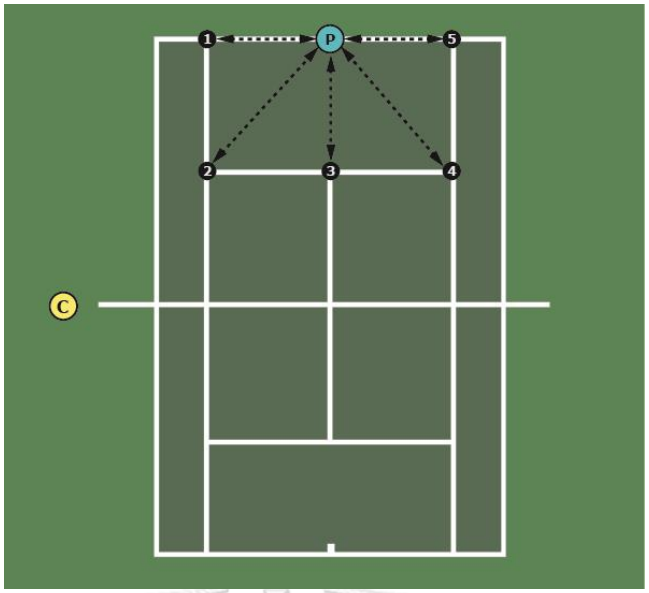
7.2 จากนั้นให้ทดสอบความแคล่วคล่องว่องไวก่อนทำให้ล้า โดยใช้วิธีการ Spider Agility Test มีวิธีการดังต่อไปนี้

7.2.1 ในการเริ่มการทดสอบให้ผู้รับการทดสอบอยู่ในท่าเตรียมวิ่ง ยืนที่จุดเริ่มต้น

7.2.2 เมื่อได้ยินเสียงจากเครื่องจับเวลา Speed Light ให้ออกวิ่งเก็บลูกเทนนิสจากจุดที่ 1 มาวางตรงจุดเริ่มต้น ให้วิ่งไปเก็บแตะกรวยตำแหน่งที่ 2 แล้ววิ่งกลับมาในตำแหน่งเริ่มต้น ทำแบบนี้จนครบทั้ง 5 จุด ถือเป็นการสิ้นสุดการทดสอบ 1 ครั้ง

7.2.3 ทำการทดสอบ 3 ครั้ง แล้วนำครั้งที่ดีที่สุดมาเป็นข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 9 รูปแบบการทดสอบความแคล่วคล่องว่องไวแบบ Spider Agility Test (Kramer, Huijgen, Elferink-Gemser, Visscher, & medicine, 2017)

รูปที่ 10 เครื่อง Speed Light ยี่ห้อ Swift Performance ผลิตโดยประเทศออสเตรเลีย

7.3 ทำการทดสอบกระโดดสูง (Vertical Jump) ก่อนทำให้ล้า เพื่อหาค่าพลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power) ด้วยเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 Power System) มีวิธีการดังต่อไปนี้

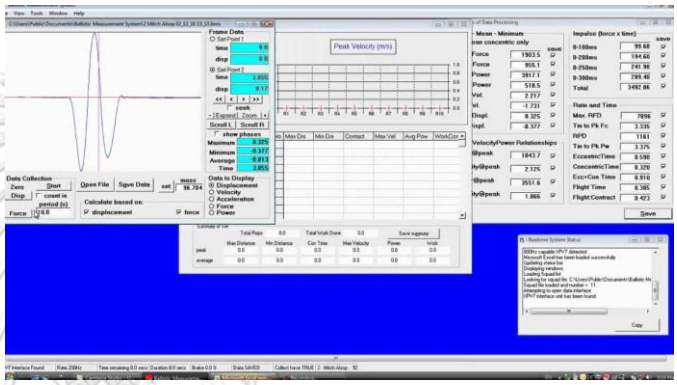
7.3.1 เริ่มต้นให้อธิบายขั้นตอนให้ผู้ทดสอบเข้าใจ โดยผู้ทดสอบจะต้องยืนบนแผ่นวัดแรง Force plate รุ่น 400S (400 series performance force plate) ยืนตรงโดยแยกเท้ากว้างประมาณช่วงไหล่ มือเท้าเอวไว้ศีรษะอยู่ในลักษณะปกติ

7.3.2 เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณ ให้ย่อตัวลง มือเท้าเอวไว้ เท้าทั้งสองข้างแนบกับพื้น รักษาสมดุลของร่างกายไว้ไม่ให้เสียการทรงตัว

7.3.3 จากนั้นออกแรงกระโดดให้สูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่ใช้มือช่วยให้ เท้าเอวไว้ตลอดช่วงการทดสอบ

7.3.4 ขณะที่นักกีฬาลงสู่พื้นนั้นให้เท้าทั้งสองข้างสัมผัสกับแผ่นทดสอบพร้อมกัน ไม่ควรใช้เท้าข้างใดข้างหนึ่งสัมผัสกับแผ่นยางเพียงอย่างเดียวรักษาสมดุลของร่างกายไม่ให้เสียการทรงตัว

7.3.5 ทำการทดสอบ 3 ครั้ง ให้นักกีฬา เดินออกจากแผ่นวัดแรง เป็นอันเสร็จสิ้นการทดสอบ เลือกค่าแรงสูงสุดที่ทำได้มากที่สุด หน่วยเป็น วัตต์ (W) มาบันทึกข้อมูล



รูปที่ 11 เครื่อง FT 700 Power System ผลิตโดยประเทศออสเตรเลีย (ซ้าย)

รูปที่ 12 ซอฟแวร์ประมวลผลข้อมูล (Ballistic Measurement Software) เวอร์ชั่น 1.0 2015 ของบริษัท Innervations ผลิตที่เมือง Perth ประเทศออสเตรเลีย (ขวา)

7.4 จากนั้นให้ทำการทดสอบพลังอดทนของกล้ามเนื้อ (power Endurance) ก่อนทำให้ล้าโดยเครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic machine) ยี่ห้อ Physiomed รุ่น CON-TREX ผลิตโดยบริษัท Monark ประเทศสวีเดน ในการงอเข่า (Knee Flexor Muscle) และการเหยียดเข่า (Knee Extensor Muscle) มีวิธีการดังต่อไปนี้

7.4.1 ในการเริ่มต้นการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งบนเครื่องทดสอบ และปรับตำแหน่งเบาะนั่ง พนักพิงให้เหมาะสมพร้อมกับรัดเข็มขัดนิรภัยติดตั้งอุปกรณ์ข้อต่อ (Adapter) ที่ใช้สำหรับการออกแรง

7.4.2 ตั้งค่าเครื่องวัดการเคลื่อนไหว (Dynamometer) ให้ตรงกับแกนหมุนที่ปลายล่างของกระดูกต้นขา (Femoral condyles) ปรับความเร็วของเครื่องทดสอบที่ 180 องศาต่อวินาที

7.4.3 ทำการอบอุ่นร่างกายด้วยเครื่องไอโซไคเนติกท่าการงอเข่าและเหยียดเข่า 5 ครั้ง

7.4.4 จากทำการทดสอบด้วยท่าการงอเข่าและเหยียดเข่าด้วยแรงพยายามสูงสุด จำนวน 20 ครั้งต่อเนื่อง และพักระหว่างขา 5 นาที

7.4.5 นำค่าทอล์คทุกค่า มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (N.m) มาทดสอบเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way ANOVA with repeated measure) โดยวิธีของ Bonferroni กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงพลังอดทนของกล้ามเนื้อ (Change of Power Endurance)

รูปที่ 13 เครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic machine) ยี่ห้อ Physiomed รุ่น CON-TREX ผลิตจากประเทศสวิสเซอแลนด์

7.5 ทำให้กลุ่มตัวอย่างเกิดความเมื่อยล้าโดยใช้วิธีการ Wingate Test 30 วินาที จำนวน 3 รอบ พักระหว่างรอบ 2 นาที เพื่อให้แน่ใจว่ากลุ่มตัวอย่างเกิดการล้าจริง โดยใช้จักรยาน Monark รุ่น Ergomedic 839E ผลิตจากประเทศสวีเดน

รูปที่ 14 จักรยาน Monark รุ่น Ergomedic 839E ผลิตจากประเทศสวีเดน

7.6 จากนั้นให้ทดสอบเพื่อค่าก่อนการทดลอง ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทดสอบความแคล่วคล่องว่องไว พลังกล้ามเนื้อ พลังอดทนของกล้ามเนื้อ และดัชนีความเมื่อยล้าอีกครั้ง ตามลำดับอีกครั้ง

7.7 จากนั้น ให้ผู้เข้าร่วมวิจัย

- คนที่ 1–5 นั่งพักปกติฟื้นสภาพเป็นเวลา 12 นาที
- คนที่ 6-10 นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง 12 นาที โดยให้นั่งเหยียดขาน้ำระดับสะโพก เมื่อครบเวลาให้เช็ดตัวให้แห้งเปลี่ยนเสื้อผ้าให้เรียบร้อย
- คนที่ 11–16 นั่งแช่น้ำเย็นแบบสลับนั่งพัก 12 นาที โดยให้นั่งเหยียดขาน้ำระดับสะโพก นั่งแช่น้ำเย็น 3 นาที ออกมานั่งพัก 1 นาที โดยไม่ต้องเช็ดตัวให้แห้ง ทั้งหมด 4 รอบ ในชวงพักของแต่ละเซตในการแช่ (1 นาที) จะขึ้นจากน้ำทั้งร่างกายไม่มีอวัยวะใดแช่อยู่ในน้ำ เมื่อครบเวลาให้เช็ดตัวให้แห้งเปลี่ยนเสื้อผ้าให้เรียบร้อย

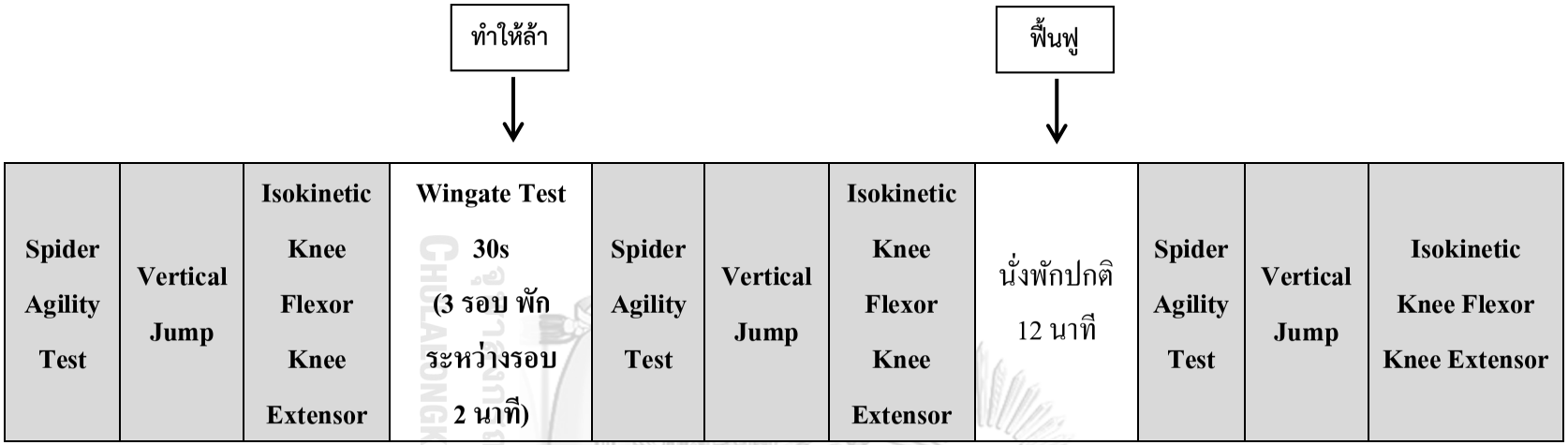
7.8 จากนั้นให้ทดสอบเพื่อหาค่าหลังจากการทดลอง ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทดสอบความแคล่วคล่องว่องไว พลังกล้ามเนื้อและพลังอดทนของกล้ามเนื้อ ตามลำดับอีกครั้งอีกครั้ง

7.9 ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเขียนระดับความเมื่อยล้าในแต่ละช่วงของการวิจัย คือ ก่อนทำให้เกิดการล้า หลังทำให้เกิดการล้า และภายหลังการฟื้นฟู โดยมีระดับความเมื่อยล้า 1-10 โดย 1 หมายถึงไม่มีความเมื่อยล้า ไล่ระดับไปจนถึง 10 คือ มีความเมื่อยล้าสูงสุด

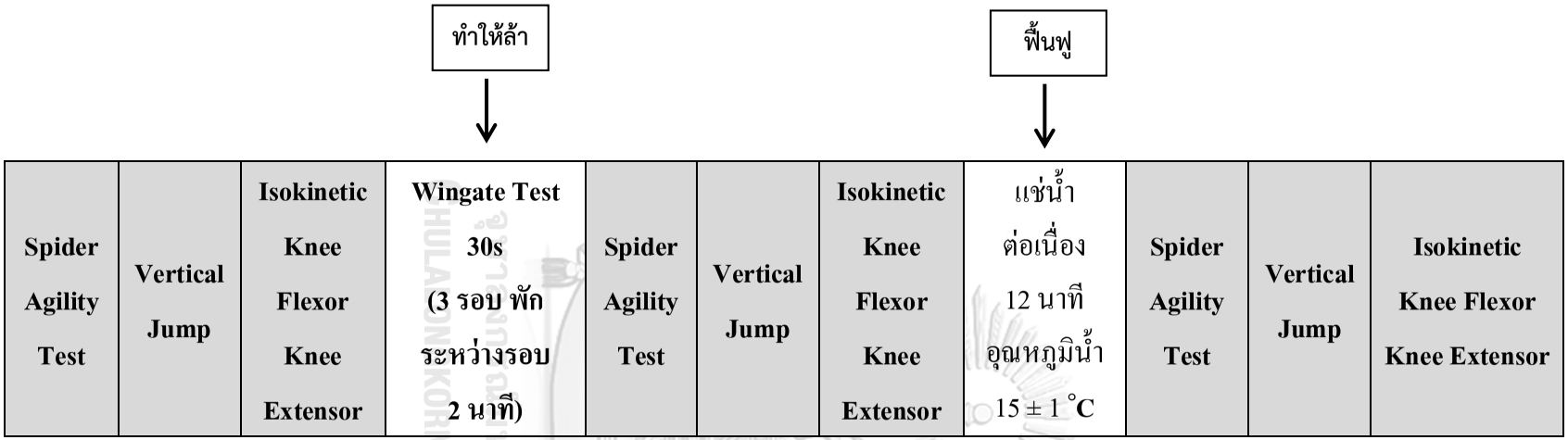
7.9 ผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนจะเว้นช่วงในแต่ละครั้งการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และงดการออกกำลังกายอย่างหนักทุกประเภทอย่างน้อย 1 วัน ก่อนมาทำการทดลองทุกครั้ง และในขณะผู้เข้าร่วมวิจัยพักเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ผู้ทดลองไม่มีการควบคุมในเรื่องการรับประทานอาหาร การออกกำลัง และการใช้ชีวิตประจำวัน

8. นำค่าข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาจัดกระทำข้อมูลทางสถิติ

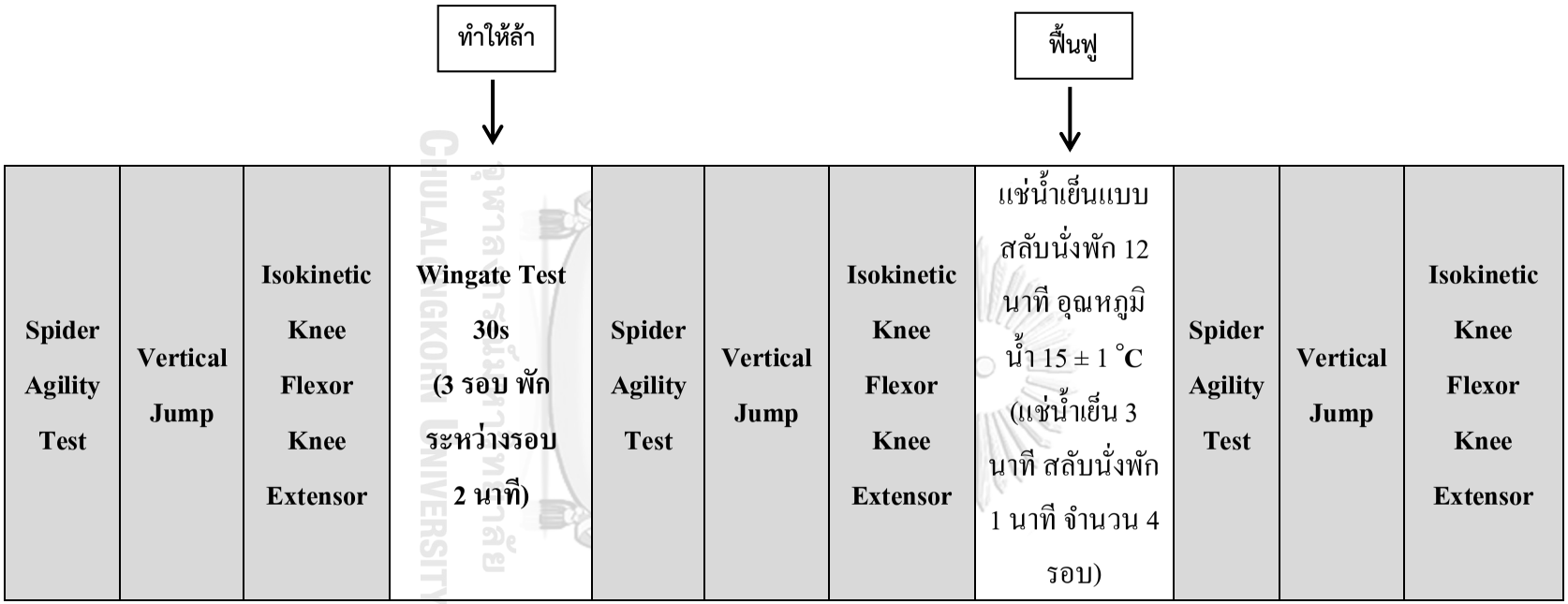
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 15 รายละเอียดการทดลองในแบบการนั่งปกติ (การทดลองที่ 1)

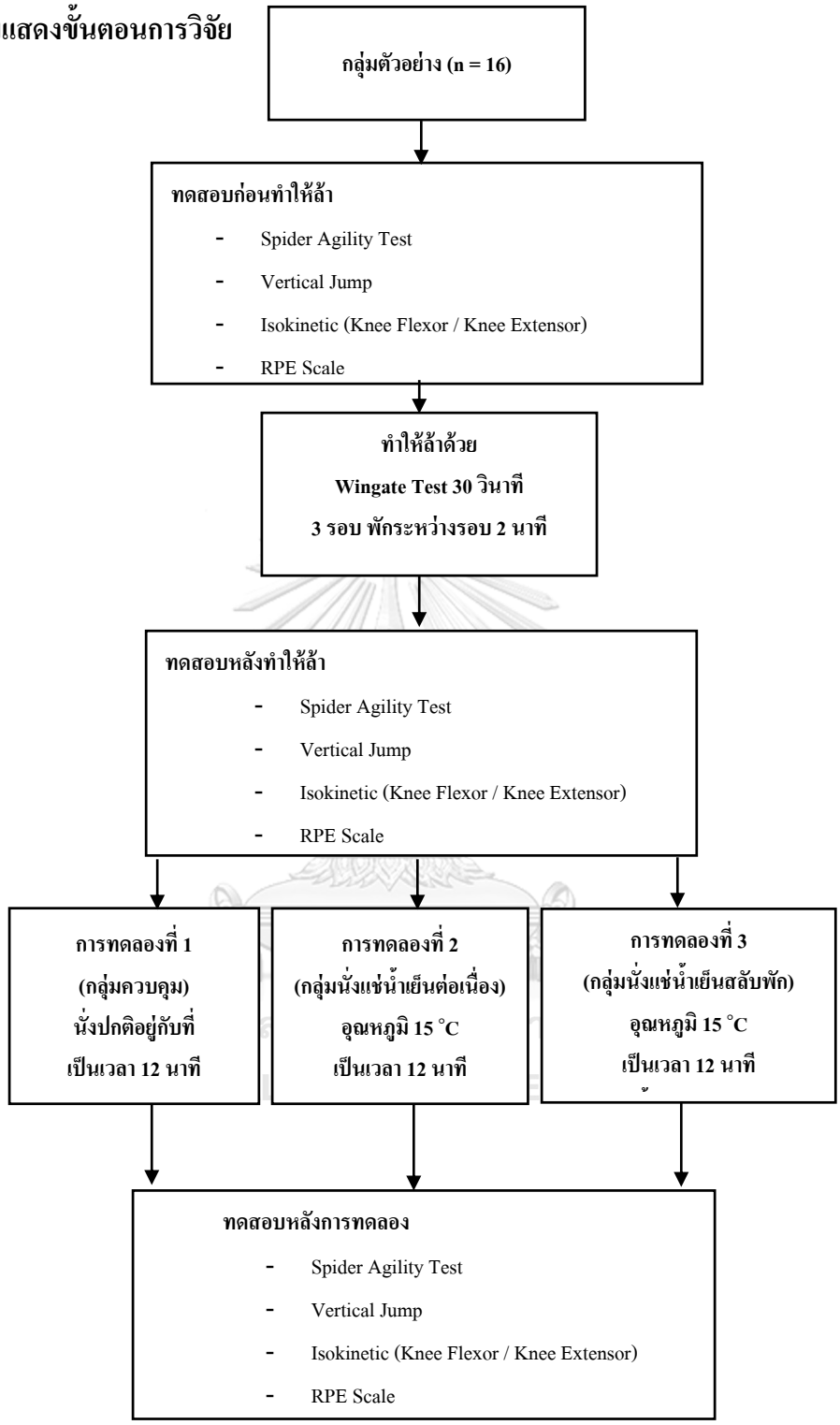


รูปที่ 16 รายละเอียดการทดลองในแบบการนั่งแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่อง (การทดลองที่ 2)



รูปที่ 17 รายละเอียดการทดลองในแบบการนั่งแช่น้ำเย็นแบบสลับพัก (การทดลองที่ 3)

แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิจัย



รูปที่ 18 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิจัย

หมายเหตุ กลุ่มตัวอย่างชุดเดียวกัน ปฏิบัติการทดลอง 3 รูปแบบการพักและการทดลองแต่ละครั้งเว้นระยะห่าง 1 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างและความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ ระหว่างกลุ่มและระหว่างก่อนทำให้ล้า ก่อนการทดลองและหลังการทดลองทันที แต่ละกลุ่ม โดยใช้การทดสอบ One-way ANOVA with repeated measure และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Bonferroni

3. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลผลของการเปรียบเทียบการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย อายุตั้ง 18 – 22 ปี ที่ฝึกซ้อมเพื่อแข่งขันและพัฒนาความเป็นเลิศ จำนวน 14 คน (นักกีฬาเทนนิส 2 คนถอนตัวจากการเข้าร่วมวิจัยเนื่องจากมีอาการป่วย) หลังสิ้นสุดการทดลองผู้วิจัยนำผลมาวิเคราะห์ตามระเบียบวิธีทางสถิติ แล้วนำมาเสนอในรูปแบบตาราง ประกอบความเรียง และแผนภูมิ แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรพื้นฐานทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมวิจัย และการเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังของการกระโดดในแนวดิ่ง ความแคล่วคล่องไวและระดับความเมื่อยล้า

ตอนที่ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องไอโซคิเนติกภายหลังการฟื้นฟู ระหว่างการฟื้นฟูโดยการนั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องและนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรพื้นฐานทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมวิจัย และการเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังของการกระโดดในแนวดิ่ง ความแคล่วคล่องไว และระดับความเมื่อยล้า

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรพื้นฐานทางสรีรวิทยา

รายการ	**นักกีฬาเทนนิส ทีมมหาวิทยาลัยศิลปากร (n=14)**
อายุ (ปี)	20.4 ± 0.56
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	71.3 ± 10.10
ส่วนสูง (ซม.)	177.8 ± 4.98

จากตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้วยข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง มีอายุ 20.4 ± 0.56 ปี น้ำหนัก 71.3 ± 10.10 กิโลกรัม และส่วนสูง 177.8 ± 4.98 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump)

การทดสอบ	พลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (วัตต์)		
	ก่อนทำให้ล้า	หลังทำให้ล้า	หลังการฟื้นฟู
นั่งพักปกติ (กลุ่มควบคุม)	4,043.56±651.25	3,689.16±578.21[a]	3,778.70±787.93[a]
นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง	4,081.53±634.11	3,705.99±591.67[a]	3,642.59±594.41[a]
นั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก	4,074.11±674.47	3,775.09±663.87[a]	3,864.53±660.04[ab]

[a]P < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนทำให้ล้าภายในกลุ่ม

[b]P < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับหลังฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง

จากตารางที่ 2 พบว่าพลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) ของทุกการทดสอบก่อนทดสอบที่ทำให้เกิดการล้ามีค่ามากกว่าภายหลังทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) ของทุกการทดสอบ ภายหลังทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าและภายหลังการฟื้นฟูไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) ของทุกการทดสอบ ก่อนทดสอบที่ทำให้เกิดการล้ามีค่ามากกว่าภายหลังการฟื้นฟูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และพลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) ภายหลังการฟื้นฟู ของกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก มีค่ามากกว่ากลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความแคล่วคล่องไว

การทดสอบ	ความแคล่วคล่องไว (วินาที)		
	ก่อนทำให้ล้า	หลังทำให้ล้า	หลังการฟื้นฟู
นั่งพักปกติ (กลุ่มควบคุม)	16.13±0.71	17.85±2.09[a]	16.95±1.07[a]
นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง	16.00±0.19	19.32±0.79[a]	17.78±0.27[a]
นั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก	16.21±0.93	18.51±3.03[a]	16.67±0.72[b]

[a]P < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนทำให้ล้าภายในกลุ่ม

[b]P < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับหลังฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง

จากตารางที่ 3 พบว่า ความแคล่วคล่องไวของทุกการทดสอบ ก่อนทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าใช้เวลาน้อยกว่าภายหลังทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ความแคล่วคล่องไวของกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพักก่อนทำทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าและภายหลังการฟื้นฟูไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และความแคล่วคล่องไวภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก มีค่าน้อยกว่ากลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของระดับความเมื่อยล้า

การทดสอบ	ระดับความเมื่อยล้า (**RPE Scale**) **(1-10)**		
	ก่อนทำให้ล้า	หลังทำให้ล้า	หลังการฟื้นฟู
นั่งพักปกติ (กลุ่มควบคุม)	1.71± .825	8.00±.679[a]	6.00±.784[a]
นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง	1.79± .699	8.00±.784[a]	2.64± .633[ab]
นั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก	2.00± .961	7.50± 1.225[a]	4.29±.914[abc]

[a]P < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนทำให้ล้าภายในกลุ่ม

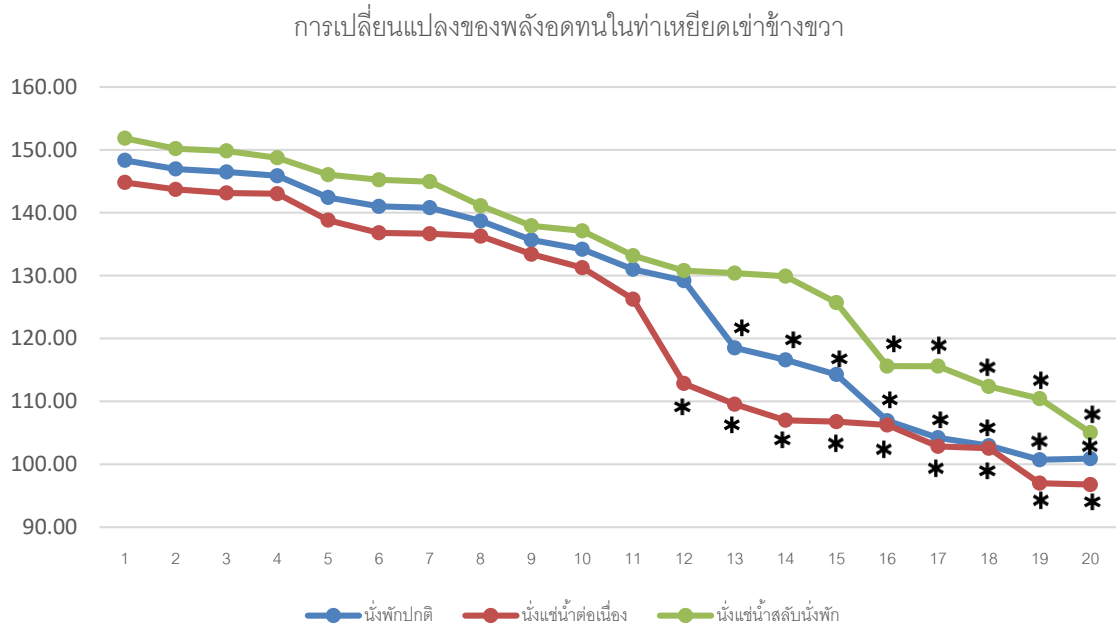
[b]P < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งพักปกติ (กลุ่มควบคุม)

[c]P < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำต่อเนื่อง

จากตารางที่ 4 พบว่า ระดับความเมื่อยล้าของทุกการทดสอบ ก่อนทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าใช้มีค่าน้อยกว่าภายหลังทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ระดับความเมื่อยล้าของทุกการทดสอบภายหลังทำทดสอบที่ทำให้เกิดการล้ามีค่ามากกว่าภายหลังการฟื้นฟู ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ระดับความเมื่อยล้าภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำต่อเนื่อง มีค่าน้อยกว่ากลุ่มนั่งพักปกติและกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อขา ภายหลังการฟื้นฟู ระหว่างการฟื้นฟูโดยการนั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องและนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก

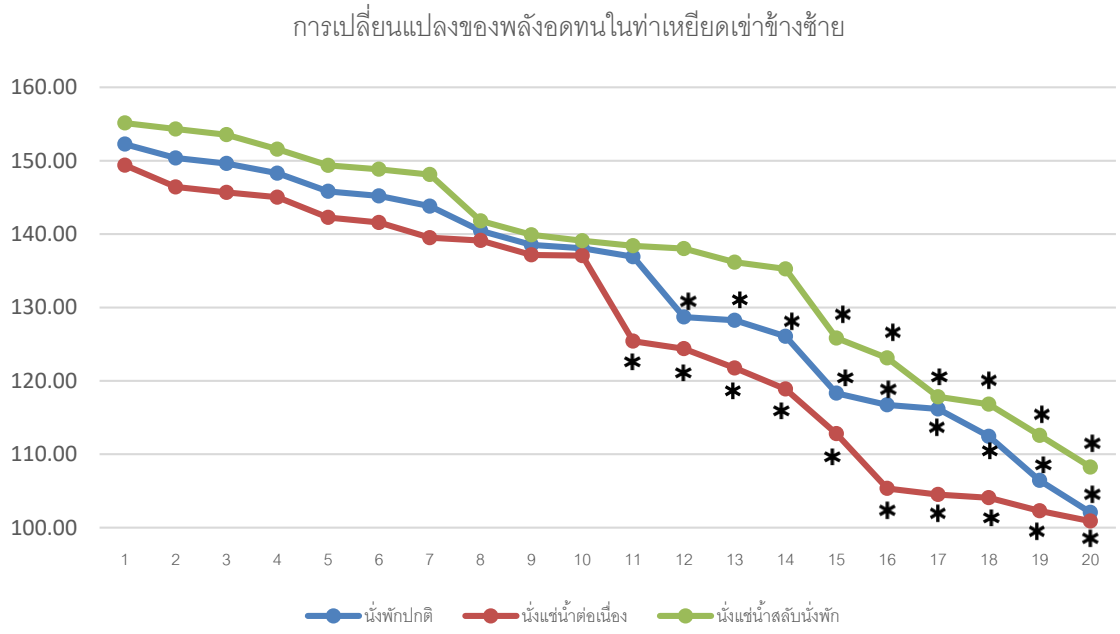


*P < .05

แผนภูมิที่ 1 เปรียบเทียบเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่าเหยียดเข่าข้างขวา ภายหลังการฟื้นฟู ระหว่างการฟื้นฟูโดยการนั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องและนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

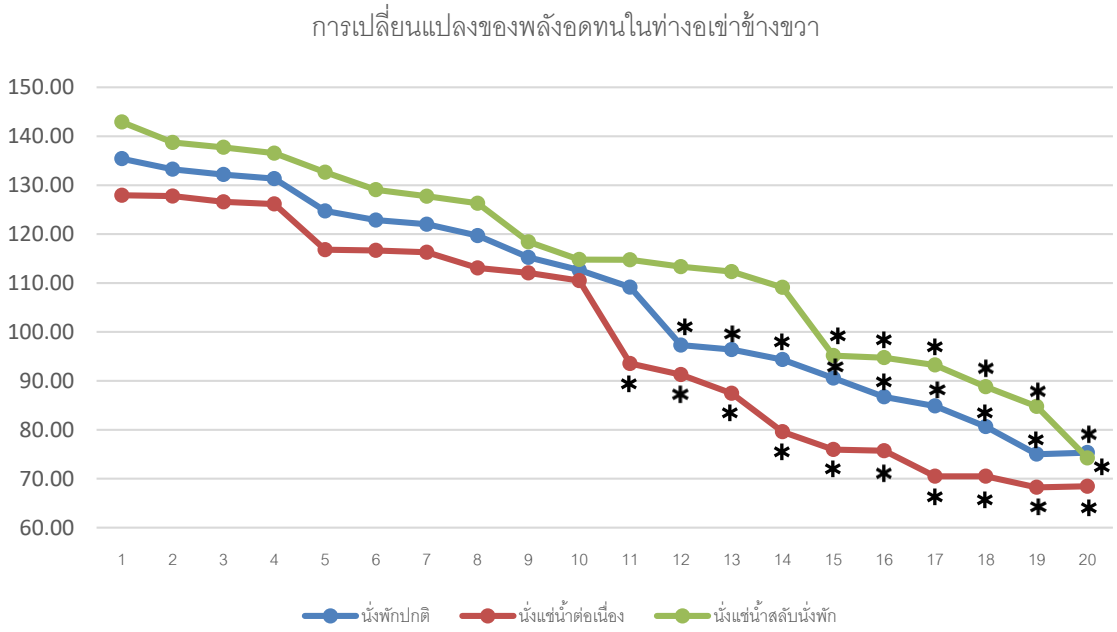
จากแผนภูมิที่ 1 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่าเหยียดเข่าข้างขวาภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำสลับนั่งพัก มีการเปลี่ยนแปลงพลังอดทนของกล้ามเนื้อแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ตั้งแต่ครั้งที่ 16 เป็นต้นไป ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มนั่งพักปกติมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ครั้งที่ 13 เป็นต้นไป กลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องมีค่าน้อยที่สุด มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ครั้งที่ 12 เป็นต้นไป



*P < .05

แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่าเหยียดเข่าข้างซ้ายก่อนภายหลังการฟื้นฟู ระหว่างการฟื้นฟูโดยการนั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องและนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก

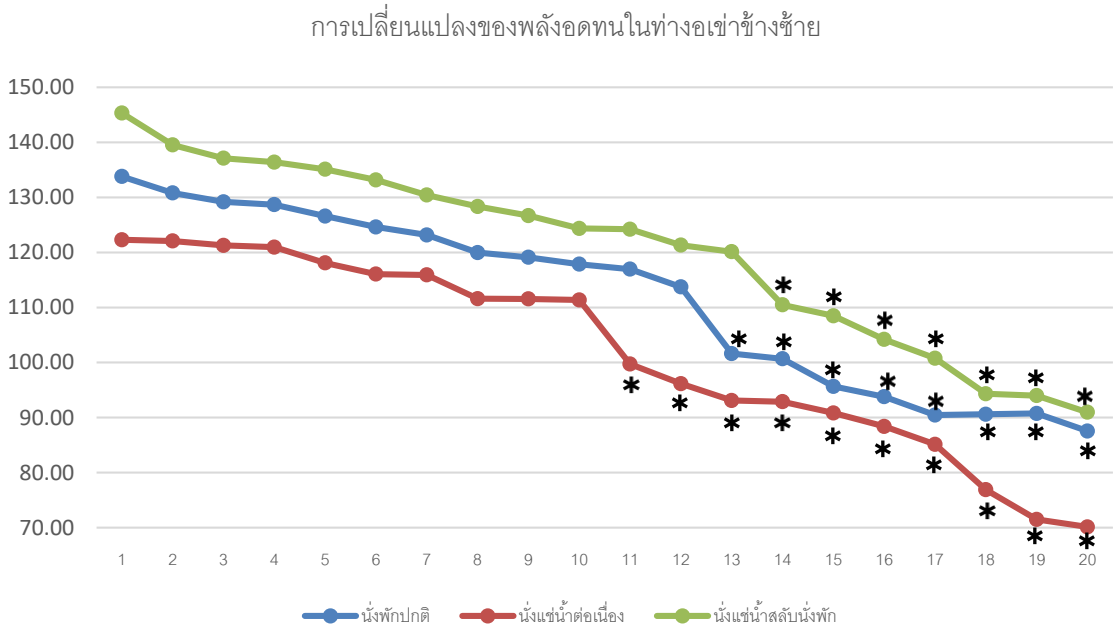
จากแผนภูมิที่ 2 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่าเหยียดเข่าข้างซ้ายภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำสลับนั่งพัก มีการเปลี่ยนแปลงพลังอดทนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .ตั้งแต่ครั้งที่ 15 เป็นต้นไป ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มนั่งพักปกติ มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ครั้งที่ 12 เป็นต้นไป กลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องมีค่าน้อยที่สุด มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ครั้งที่ 11 เป็นต้นไป



*P < .05

แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่างอเข่าข้างขวาภายหลังการฟื้นฟู ระหว่างการฟื้นฟูโดยการนั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องและนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก

จากแผนภูมิที่ 3 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่างอเข่าข้างขวาภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำสลับนั่งพัก มีการเปลี่ยนแปลงพลังอดทนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ตั้งแต่ครั้งที่ 15 เป็นต้นไป ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มนั่งพักปกติ มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ครั้งที่ 12 เป็นต้นไป และกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องมีค่าน้อยที่สุด มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ครั้งที่ 11 เป็นต้นไป



*P < .05

แผนภูมิที่ 4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่างอเข่าข้างซ้ายภายหลังการฟื้นฟู ระหว่างการฟื้นฟูโดยการนั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องและนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก

จากแผนภูมิที่ 4 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่างอเข่าข้างซ้ายภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำสลับนั่งพัก มีการเปลี่ยนแปลงพลังอดทนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ตั้งแต่ครั้งที่ 14 เป็นต้นไป ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มนั่งพักปกติ มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ครั้งที่ 13 เป็นต้นไป กลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องมีค่าน้อยที่สุด มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ครั้งที่ 11 เป็นต้นไป

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังทำการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักกีฬาเทนนิส เพศชาย มหาวิทยาลัยศิลปากร ช่วงอายุตั้ง 18 – 22 ปี ที่ฝึกซ้อมเพื่อแข่งขันและพัฒนาความเป็นเลิศ จำนวน 14 คน (นักกีฬาเทนนิส 2 คนถอนตัวจากการเข้าร่วมวิจัยเนื่องจากมีอาการป่วย) เข้ารับการทดสอบ 3 รูปแบบ ได้แก่ นั่งพักปกติ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง และนั่งแช่น้ำเย็นแบบสลับนั่งพัก การทดสอบแต่ละครั้ง เว้นระยะห่างกันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนทดสอบ ทดสอบหลังจากทำให้เกิดการล้า และหลังทำการฟื้นฟู ด้วยตัวแปรสรีรวิทยาทั่วไป พลังในการกระโดดในแนวดิ่ง ความแคล่วคล่องว่องไวและการเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างและความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ ระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม โดยใช้การทดสอบเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way ANOVA with repeated measure) โดยวิธีของ Bonferroni กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้วยข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง มีอายุ 20.4 ± 0.56 ปี น้ำหนัก 71.3 ± 10.10 กิโลกรัม และส่วนสูง 177.8 ± 4.98 เซนติเมตร

2. พลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) ของทุกการทดสอบก่อนทดสอบที่ทำให้เกิดการล้ามีค่ามากกว่าภายหลังทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) ของทุกการทดสอบ ภายหลังทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าและภายหลังการฟื้นฟูไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) ของทุกการทดสอบ ก่อนทดสอบที่ทำให้เกิดการล้ามีค่ามากกว่าภายหลังการฟื้นฟูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และพลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) ภายหลังการฟื้นฟู ของกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก มีค่ามากกว่ากลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. ความแคล่วคล่องไวของทุกการทดสอบ ก่อนทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าใช้เวลาน้อยกว่าภายหลังทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ความแคล่วคล่องไวของกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพักก่อนทำทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าและภายหลังการฟื้นฟูไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และความแคล่วคล่องไวภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพัก มีค่าน้อยกว่ากลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4. ระดับความเมื่อยล้าของทุกการทดสอบ ก่อนทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าใช้มีค่าน้อยกว่าภายหลังทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ระดับความเมื่อยล้าของทุกการทดสอบภายหลังทำทดสอบที่ทำให้เกิดการล้ามีค่ามากกว่าภายหลังการฟื้นฟูความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ระดับความเมื่อยล้าภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำต่อเนื่อง มีค่าน้อยกว่ากลุ่มนั่งพักปกติและกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

5. การเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังอดทนของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องไอโซคิเนติกในกลุ่มกล้ามเนื้อในการเหยียดเข่าขวา พบว่า การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่าเหยียดเข่าข้างขวา ภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำสลับนั่งพักมีการเปลี่ยนแปลงพลังอดทนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 อยู่ที่ครั้งที่ 16 ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มนั่งพักปกติ อยู่ที่ครั้งที่ 13 กลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องมีค่าน้อยที่สุด อยู่ที่ครั้งที่ 12

6. การเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังอดทนของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องไอโซคิเนติกในกลุ่มกล้ามเนื้อในการเหยียดเข่าซ้าย พบว่า การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่าเหยียดเข่าข้างซ้าย ภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำสลับนั่งพักมีการเปลี่ยนแปลงพลังอดทนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 อยู่ที่ครั้งที่ 15 ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มนั่งพักปกติ อยู่ที่ครั้งที่ 12 กลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องมีค่าน้อยที่สุด อยู่ที่ครั้งที่ 11

7. การเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังอดทนของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องไอโซคิเนติกในกลุ่มกล้ามเนื้อในการงอเข่าขวา พบว่า การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่างอเข่าข้างขวา ภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำสลับนั่งพัก มีการเปลี่ยนแปลงพลังอดทนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 อยู่ที่ครั้งที่ 15 ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มนั่งพักปกติ อยู่ที่ครั้งที่ 12 กลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องมีค่าน้อยที่สุด อยู่ที่ครั้งที่ 11

8. การเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังอดทนของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องไอโซคิเนติกในกลุ่มกล้ามเนื้อในการงอเข่าซ้าย พบว่า การเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในท่างอเข่าข้างซ้าย ภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำสลับนั่งพัก มีการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เปลี่ยนแปลงพลังอดทนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 อยู่ที่ครั้งที่ 14 ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มนั่งพักปกติ อยู่ที่ครั้งที่ 13 กลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่องมีค่าน้อยที่สุด อยู่ที่ครั้งที่ 11

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการเปรียบเทียบการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัยข้อมูลที่ได้จากพลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) ภายหลังการฟื้นฟูเปรียบเทียบกับก่อนการทดสอบที่ทำให้เกิดการล้า พบว่า พลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) ภายหลังการฟื้นฟูทั้ง 3 รูปแบบ คือ นั่งพักปกติ การแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพัก มีค่าน้อยกว่าก่อนการทดสอบที่ทำให้ล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่าการฟื้นฟูทั้ง 3 รูปแบบไม่สามารถฟื้นฟูสมรรถภาพพลังของการกระโดดในแนวดิ่งให้กลับไปเท่ากับก่อนการทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าได้ เนื่องจากการนั่งพักปกติ จะต้องใช้เวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัวด้วยการพัก (Rest recovery) ภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลกติกที่สะสมอยู่ออกไปได้ครึ่งหนึ่ง และจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที และจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที ในการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกที่สะสมอยู่ออกประมาณ 95% (Foss; & Keteyian.,1998) และการแช่น้ำเย็นต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้ความสามารถในการหดตัวและออกแรงของกล้ามเนื้อลดลง เนื่องจากการแช่น้ำเย็นจะเป็นการเพิ่มระดับการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติ มันช่วยเพิ่มปริมาตรเลือดส่วนกลาง ซึ่งเป็นผลในปริมาตรเลือดหัวใจที่บีบต่อครั้งและผลจากการส่งเลือดออกจากหัวใจลดลง ทำให้เกิดการกระตุ้นกลไกที่เกี่ยวข้องกับระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ มีผลให้ยับยั้งกิจกรรมของประสาทอัตโนมัติ และผลจากการกระตุ้นไหลเวียนโลหิตและหัวใจอัตโนมัติที่เพิ่มขึ้น จึงนำไปสู่ภาวะหัวใจเต้นช้าลง (Ascensão et al., 2010) ส่งผลต่อพลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Braulio-Gonzalo และ Bovea (Braulio-Gonzalo and Bovea., 2017) กล่าวว่า การฟื้นสภาพด้วยการนั่งพักปกติ การนั่งแช่น้ำต่อเนื่อง และการนั่งแช่น้ำสลับพักไม่สามารถฟื้นฟูสมรรถภาพพลังของการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical Jump) ภายหลังจากการฟื้นฟูทันที การฟื้นสภาพกล้ามเนื้อให้พร้อมที่จะทำงานนั้นต้องใช้เวลาการพักนาน 24 – 48 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบพลังของการกระโดดในแนวดิ่งภายหลังการฟื้นฟูทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า การนั่งพักปกติและแช่น้ำเย็นสลับพักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ส่วนพลังของการกระโดดในแนวดิ่งภายหลังการฟื้นฟูการแช่น้ำเย็นต่อเนื่องมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการนั่งพักปกติและการแช่น้ำเย็นแบบสลับนั่งพัก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Patrick และคณะ (Patrick et al., 2010) กล่าวว่า การแช่น้ำเย็นต่อเนื่องทำให้ความสามารถใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การกระโดดสูงลดลงเป็นอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ และการนั่งพักปกติและแช่น้ำเย็นสลับพักถึงแม้จะฟื้นฟูได้ดีกว่าการแช่น้ำเย็นต่อเนื่องแต่ก็ไม่สามารถฟื้นสภาพให้เท่ากับก่อนการทดสอบที่ทำให้ล้าได้ (Juliff et al., 2014)

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแคล่วคล่องว่องไวของการฟื้นฟูทั้ง 3 แบบ พบว่า ก่อนเข้ารับการทดสอบ เวลาที่ใช้ในการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวมีค่าน้อยกว่าภายหลังการทดสอบที่ทำให้ล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างได้ทำการทดสอบที่ทำให้ล้าด้วยการปั่นจักรยานวินเกจ 30 วินาที จำนวน 3 รอบ พักระหว่างรอบ 2 นาที ซึ่งวิธีการนี้มีการใช้กล้ามเนื้อในการปั่นจักรยานที่ความเร็วสูงต่อเนื่อง ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้าเป็นอย่างมาก จึงส่งผลให้ความแคล่วคล่องว่องไวภายหลังการทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าลดลง

การทดสอบภายหลังการฟื้นฟูเปรียบเทียบกับการทดสอบก่อนการทำให้ล้า ความแคล่วคล่องว่องไวของการนั่งพักปกติและการแช่น้ำเย็นต่อเนื่องมีค่ามากกว่าก่อนทำให้ล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่าการฟื้นฟูแบบการนั่งพักปกติและการแช่น้ำเย็นต่อเนื่องไม่สามารถฟื้นฟูสมรรถภาพความแคล่วคล่องว่องไวให้กลับไปเท่ากับก่อนทำให้ล้าได้ เนื่องจากการนั่งพักปกติ จะต้องใช้เวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัวด้วยการพัก (Rest recovery) ภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลกติกที่สะสมอยู่ออกไปได้ครึ่งหนึ่ง และจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที ในการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกที่สะสมอยู่ออกประมาณ 95% (Foss; & Keteyian., 1998) และการแช่น้ำเย็นต่อเนื่องๆนาน ทำให้ความสามารถในการหดตัวและออกแรงของกล้ามเนื้อลดลง เนื่องจากการแช่น้ำเย็นจะเป็นการเพิ่มระดับการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติ มันช่วยเพิ่มปริมาตรเลือดส่วนกลาง ซึ่งเป็นผลในปริมาตรเลือดหัวใจที่บีบต่อครั้งและผลจากการส่งเลือดออกจากหัวใจลดลง ทำให้เกิดการกระตุ้นกลไกที่เกี่ยวข้องกับระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ มีผลให้ยับยั้งกิจกรรมของประสาทอัตโนมัติ และผลจากการกระตุ้นไหลเวียนโลหิตและหัวใจอัตโนมัติที่เพิ่มขึ้น จึงนำไปสู่ภาวะหัวใจเต้นช้าลง ยิ่งไปกว่านั้นอุณหภูมิที่ลดลงในกล้ามเนื้อหลังจากใช้ การแช่น้ำเย็น เป็นอันตรายการออกกำลังกายแบบเร็วเต็มที่ (Ascensão et al., 2010) ส่งผลต่อความแคล่วคล่องว่องไว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Patterson และคณะ (Patterson et al., 2008) กล่าวว่าเมื่อทำการทดสอบความแคล่วคล่องว่องไวภายหลังการฟื้นฟูด้วยการแช่น้ำเย็นต่อเนื่องทันทีจะใช้เวลามากกว่าก่อนทำการฟื้นฟูด้วยการแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง

นอกจากนี้ การทดสอบในกลุ่มที่ได้รับการฟื้นฟูแบบการแช่น้ำเย็นสลับนั่งพักไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงให้เห็นว่า วิธีการฟื้นฟูด้วยการแช่น้ำเย็นสลับนั่งพักสามารถฟื้นฟูสมรรถภาพความแคล่วคล่องว่องไวได้ เมื่อเปรียบเทียบความแคล่วคล่องว่องไวภายหลังการฟื้นฟูทั้ง 3 รูปแบบ เนื่องจาก การแช่น้ำเย็นต่อเนื่องใช้เวลารวมในการทดสอบมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เป็นทำให้การเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนเลือดที่มีผลมาจากการแช่น้ำเย็นต่อเนื่องเป็นเวลานาน หลังจากออกกำลังกายที่แผ่ไปทั่วนั้นลดลงหรือระดับเลือดที่ผ่านกล้ามเนื้อที่ออกกำลังกายก็ลดลง หลังการใช้วิธีการแช่น้ำเย็น ดังนั้นจึงเป็นการสนับสนุนที่ว่า การแช่น้ำเย็น อาจจะปรับระดับความตึงเครียดของหลอดเลือดหัวใจลดลงโดยการจัดระบบไหลเวียนใหม่จากส่วนย่อยสู่แกนหลัก จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khatawut (Khatawut., 2010) ศึกษาผลของการพักฟื้นโดยการแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องที่มีผลต่อกรดแลคติกในเลือดและความแคล่วคล่องว่องไว พบว่า วิธีการแช่น้ำเย็นแบบสลับนั่งพักใช้เวลาในการทดสอบความแคล่วคล่องว่องไวน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ยิ่งไปกว่านั้นงานวิจัยของ Garcia และคณะ (Garcia et al., 2015) พบว่า การแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่องทำให้สมรรถภาพความแคล่วคล่องว่องไวลดลงเมื่อเทียบกับความแคล่วคล่องว่องไวก่อนเริ่มการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบระดับความเมื่อยล้าของทุกการทดสอบ ก่อนทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าใช้มีค่าน้อยกว่าภายหลังทดสอบที่ทำให้เกิดการล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ระดับความเมื่อยล้าของทุกการทดสอบภายหลังทำทดสอบที่ทำให้เกิดการล้ามีค่ามากกว่าภายหลังการฟื้นฟูความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ระดับความเมื่อยล้าภายหลังการฟื้นฟูของกลุ่มนั่งแช่น้ำต่อเนื่อง มีค่าน้อยกว่ากลุ่มนั่งพักปกติและกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นสลับนั่งพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เนื่องจากเช่นภายหลังการแช่น้ำเย็น แสดงให้เห็นว่าในระหว่างกิจกรรมการออกกำลังกายระยะสั้น จะทำให้อาการล้าของระบบประสาทส่วนกลางดีขึ้นโดยการปรับค่าดรรชนีตัวแปรคลื่นสมองซึ่งเพิ่มขึ้นในระหว่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในขณะออกกำลังกายและได้รับการแนะนำในเรื่องผลสะท้อนตามสภาพการกระตุ้นและตื่นตัวให้ลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Stearns และคณะ (Stearns et al., 2018) พบว่า การแช่น้ำเย็นจะช่วยทำให้ค่าระดับความเมื่อยล้าลดลงมากกว่าการนั่งพักแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

เมื่อทำเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงของพลังอดทนของกล้ามเนื้อในกลุ่มที่ได้รับการฟื้นฟูแบบการแช่น้ำเย็นสลับนั่งพักความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ดีที่สุด แสดงให้เห็นว่าวิธีการฟื้นฟูด้วยการแช่น้ำเย็นสลับนั่งพักสามารถฟื้นฟูสมรรถภาพพลังอดทนของกล้ามเนื้อทั้งในกลุ่มกล้ามที่ใช้เหยียดเข่าและในกลุ่มกล้ามที่ใช้งอเข่าได้ดีได้กว่ากลุ่มที่ได้รับการฟื้นฟูแบบการแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง เนื่องจากการแช่น้ำเย็นต่อเนื่องเป็นเวลานาน จะเป็นการลดการไหลเวียนของเลือดอาจจะร่วมกับการขนส่งออกซิเจนและสารอาหารที่เป็นการพึ่งพาอาศัยกันของกระบวนการเผาผลาญที่ไม่พึ่งพาออกซิเจนและก่อให้เกิดอันตรายมากกว่าผลดีที่จะพักฟื้นขนส่งออกซิเจนและสารอาหาร แต่หากมีการแช่น้ำเย็นเป็นเวลาสั้น จะทำให้หลอดเลือดไม่หดตัวนานเกินไป การขนส่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ออกซิเจนและสารอาหารของกระบวนการเผาผลาญที่ไม่พึ่งพาออกซิเจนเพียงพอและยังช่วยลดความเมื่อยล้าได้อีกด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ingram, Dawson, Goodman, Wallman, และ Beilby (Ingram et al., 2009) พบว่า การทำทดสอบแรงในการทำท่าเหยียดเข่า (Leg Extension) และท่างอเข่า (Leg Flexion) ภายหลังการฟื้นฟูด้วยการแช่น้ำเย็นต่อเนื่องมีค่าน้อยกว่าการทดสอบก่อนออกกำลังกาย ยิ่งไปกว่านั้นงานวิจัยของ Roberts และคณะ (Roberts et al., 2015) พบว่า การแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่องทำให้แรงในการทดสอบท่าในกลุ่มกล้ามที่ใช้เหยียดเข่ามีค่าลดลงอย่างมากเมื่อเทียบการฟื้นรูปแบบอื่นๆ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ในการแข่งขันกีฬาเทนนิส กรณีที่จำเป็นต้องมีการแข่งขันรอบต่อไปภายในวันเดียวกัน สามารถใช้วิธีแช่น้ำแบบสลับนั่งพักเพื่อใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อได้ แต่อาจจำเป็นต้องมีผู้ช่วยคอยควบคุมอุณหภูมิของน้ำและจับเวลาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการฟื้นฟูสูงสุด

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1.ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการแช่น้ำเย็นกับการฟื้นตัววิธีอื่นๆ เช่น การนวด การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เป็นต้น

2.ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการแช่น้ำเย็นเพื่อหาอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Bailey, D., Erith, S., Griffin, P., Dowson, A., Brewer, D., Gant, N., & Williams, C. J. J. o. s. s. (2007). Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. 25(11), 1163-1170.

Bergeron, M. F., Armstrong, & Maresh. (1995). Fluid and electrolyte losses during tennis in the heat. *Clin Sports Med,* 14(1), 23-32. .

Bompa, T., & Cornacchia, L. J. C., IL: Human Kinetics. (1998). Serious strength training: periodisation for building muscle power and mass.

Chandler, T. J. C. i. s. m. (1995). Exercise training for tennis. 14(1), 33-46.

Choo, H. C., Nosaka, K., Peiffer, J. J., Ihsan, M., & Abbiss, C. R. J. E. j. o. s. s. (2018). Ergogenic effects of precooling with cold water immersion and ice ingestion: A meta-analysis. 18(2), 170-181.

Davey, P. R., Thorpe, R. D., & Williams, C. (2002). Fatigue decreases skilled tennis performance. *J Sports Sci,* 20(4), 311-318. doi:10.1080/026404102753576080

Elliott, B., Dawson, B., & Pyke, F. (1985). The energetic of singles tennis. *Journal of Human Movement Studies,* 11, 11-20.

Foss, M. L., Keteyian, S. J., & Fox, E. L. (1998). *Fox's physiological basis for exercise and sport*: WCB/McGraw-Hill Boston.

Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev,* 81(4), 1725-1789.

Gortmaker, S. L., Must, A., Perrin, J. M., Sobol, A. M., & Dietz, W. H. J. N. E. j. o. m. (1993). Social and economic consequences of overweight in adolescence and young adulthood. 329(14), 1008-1012.

Grandjean, P., Chachques, J. C., Schwartz, K., Mihaileanu, S., Fardeau, M., Swynghedauw, B., & Perier, P. (1988). Effect of latissimus dorsi dynamic cardiomyoplasty on ventricular function. . *Circulation,* 78(5), III203-216.

Gregson, W., Allan, R., Holden, S., Phibbs, P., Doran, D., Campbell, I., . . . Exercise. (2013). Postexercise cold-water immersion does not attenuate muscle glycogen resynthesis. 45(6), 1174-1181.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Howatson, G., Goodall, S., & Van Someren, K. J. E. j. o. a. p. (2009). The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. 105(4), 615.

Ihsan, M., Watson, G., & Abbiss, C. R. J. S. M. (2016). What are the physiological mechanisms for post-exercise cold water immersion in the recovery from prolonged endurance and intermittent exercise? , 46(8), 1095-1109.

Ingram, J., Dawson, B., Goodman, C., Wallman, K., & Beilby, J. (2009). Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *J Sci Med Sport,* 12(3), 417-421. doi:10.1016/j.jsams.2007.12.011

Knicker, A. J., Renshaw, I., Oldham, A. R. H., & Cairns, S. P. (2011). Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports Med,* 41(4), 307-328. doi:10.2165/11586070-000000000-00000

Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., . . . Dziados, J. E. J. J. o. a. p. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. 78(3), 976-989.

Kramer, T., Huijgen, B. C., Elferink-Gemser, M. T., Visscher, C. J. J. o. s. s., & medicine. (2017). Prediction of tennis performance in junior elite tennis players. 16(1), 14.

Maffiuletti, N. A., Jubeau, M., Agosti, F., De Col, A., & Sartorio, A. J. E. j. o. a. p. (2008). Quadriceps muscle function characteristics in severely obese and nonobese adolescents. 103(4), 481-484.

Marsh, D., & Sleivert, G. J. B. J. o. S. M. (1999). Effect of precooling on high intensity cycling performance. 33(6), 393-397.

Mawhinney, C., Jones, H., Low, D. A., Green, D. J., Howatson, G., & Gregson, W. J. E. j. o. s. s. (2017). Influence of cold-water immersion on limb blood flow after resistance exercise. 17(5), 519-529.

McCarthy, P., Thorpe, R., & Williams, C. J. J. o. S. S. (1997). The influence of a carbohydrate beverage on endurance capacity and tennis hitting performance following a simulated tennis match. 15, 17-18.

Medicine, A. C. o. S., Medicine, A. D. A. J., Sports, S. i., & Exercise. (2000). Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. 32(12), 2130.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Meedej, T., Bhatharobhas, V., Makaje, N. J. J. o. S. S., & Technology. (2015). THE ACUTE EFFECT OF RESTING AND DYNAMIC STRETCHING WITH DIFFERENT DURATION TO 50 METRE FRONT CRAWL STROKE SPEED OF SWIMMERS. 15(1), 45-56.

Mellor, S., Hughes, M., Reilly, T., Robertson, K., Reilly, T., Hughes, M., . . . Sports, R. (1995). Physiological profiles of squash players of different standards. 72-75.

Noakes, T. D. (2012). Fatigue is a Brain-Derived Emotion that Regulates the Exercise Behavior to Ensure the Protection of Whole Body Homeostasis. *Front Physiol,* 3, 82. doi:10.3389/fphys.2012.00082

Reid, M., Quinn, A., & Crespo, M. (2003). *Strength and Conditionning for Tennis*: International tennis federation.

Roberts, L. A., Raastad, T., Markworth, J. F., Figueiredo, V. C., Egner, I. M., Shield, A., . . . Peake, J. M. J. T. J. o. p. (2015). Post‐exercise cold water immersion attenuates acute anabolic signalling and long‐term adaptations in muscle to strength training. 593(18), 4285-4301.

Sanchez-Urena, B., Martinez-Guardado, I., Crespo, C., Timon, R., Calleja-Gonzalez, J., Ibanez, S. J., & Olcina, G. (2017). The use of continuous vs. intermittent cold water immersion as a recovery method in basketball players after training: a randomized controlled trial. *Phys Sportsmed,* 45(2), 134-139. doi:10.1080/00913847.2017.1292832

Sandel, M. J., Michael, J., & Anne, T. (1998). *Liberalism and the Limits of Justice*: Cambridge University Press.

Sharkey, B., & Gaskill, S. (2006). *Sport physiology for coaches* (Vol. 10): Human Kinetics.

Shaun. (2015). Fatigue in sport ant exercise.

Slivka, D., Heesch, M., Dumke, C., Cuddy, J., Hailes, W., & Ruby, B. J. C. (2013). Effects of post-exercise recovery in a cold environment on muscle glycogen, PGC-1α, and downstream transcription factors. 66(3), 250-255.

Smekal, G., Duvillard, S. P. V., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P., Baron, R., . . . Bachl, N. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Med Sci Sports Exerc,* 33(6), 999-1005.

Stearns, R. L., Nolan, J. K., Huggins, R. A., Maresh, C. M., Munõz, C. X., Pagnotta, K. D., . . . sport, m. i. (2018). Influence of cold-water immersion on recovery of elite triathletes following the ironman world championship.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Thiriet, P., Gozal, D., Wouassi, D., Oumarou, T., Gelas, H., Lacour, J. J. T. J. o. s. m., & fitness, p. (1993). The effect of various recovery modalities on subsequent performance, in consecutive supramaximal exercise. 33(2), 118-129.

Tucker, K., Larsson, A.-K., Oknelid, S., & Hodges, P. J. P. (2012). Similar alteration of motor unit recruitment strategies during the anticipation and experience of pain. 153(3), 636-643.

Vaile, J., Halson, S., Gill, N., & Dawson, B. J. E. j. o. a. p. (2008). Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. 102(4), 447-455.

Vergauwen, L., Spaepen, A. J., Lefevre, J., Hespel, P. J. M., sports, s. i., & exercise. (1998). Evaluation of stroke performance in tennis. 30(8), 1281-1288.

Vieira, A., Siqueira, A. F., Ferreira-Junior, J. B., Do Carmo, J., Durigan, J. L., Blazevich, A., & Bottaro, M. J. I. j. o. s. m. (2016). The effect of water temperature during cold-water immersion on recovery from exercise-induced muscle damage. 37(12), 937-943.

Wilcock, A. A. (2006). *An occupational perspective of health*: Slack Incorporated.

กวิน พิกุลงาม. (2550). ผลของการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนักต่างกันที่มีต่อค่าสมรรถภาพอนากาศนิยม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

กันยา ปาละวิวัธน์. (2532). คู่มือรักษาตนเองรักษาด้วยความร้อนและความเย็น. กรงเทพฯ: สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน.

คทาวุธ นาคสุทธิ์. (2553). ผลของการพักฟื้นโดยการแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีผลต่อกรดแลคติกในเลือดและความแคล่วคล่องว่องไว. (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

เจษฎา ไตรเพิ่ม. (2554). ผลของการใช้ความเย็นที่มีต่อการฟื้นตัวของนักกีฬามวยไทยสมัครเล่น. (ปริญญานิพนธ์ วท.ม.(วิทยาศาสตร์การกีฬา)), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์, & กันยา ปาละวิวัธน์. (2536). สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. . กรุงเทพฯ.

บรรจบ ชุณหสวรรณ. (2539). วารบำบัด"อานุภาพแห่งสายน้ำ". กรุงเทพฯ เจริญวิทย์การพิมพ์.

พิชิต ภูติจันทร์. (2535). สรีรวิทยาการออกก าลังกาย. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ. (2552). ผลของการแช่น้ำเย็นที่มีผลต่อการฟื้นสภาพและความสามารถทางกาย. . (ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา).), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ., กรุงเทพฯ.

สนธยา สีละมาด. (2550). การพัฒนาการเล่นเทนนิสด้วยหลักวิทยาศาสตร์การกีฬา. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาลี่ สุภาภรณ์. (2544). ตำราไอเยนกะโยคะ. นครนายก: ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
ใบรับรองโครงการวิจัย

ข้อมูลสำหรับประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(Patent / Participant Informatiom Sheet)

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

สำหรับผู้ปกครอง/ผู้ดูแล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 0311
วันที่ 8 พ.ย. 61 เวลา 15.00 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-3202
ที่ จว 122ฯ/2561 **วันที่** 7 พฤศจิกายน 2561
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 170.1/61 เรื่อง ผลของการเปรียบเทียบการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย (EFFECTS OF CONTINUOUS AND INTERMITTENT COLD WATER IMMERSION AFTER EXERCISE ON MUSCULAR PERFORMANCE RECOVERY IN MALE TENNIS UNIVERSITY PLAYER) **ของ นายอริศ กิริยา**

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรียน ศ.นพ. ประดิษฐ ศรีสุวรรณ (ดร.ภญ. ชนกร ชื่นวิชัย)
เพื่อโปรด
- [x] ทราบ และดำเนินการต่อไป
- [ ] พิจารณา
- [ ] ลงนาม
- [ ] อนุมัติ

ลงชื่อ... 8 พ.ย. 2561

โสภณ คณนที
เห็นควรให้ ภก.ชาลิสา ชูตระกูล ป.โท
อ.ที่ปรึกษาหลักสูตรฯ
ทราบ
9 พ.ย. 61

เจ้าหน้าที่ประจำหลักสูตร ป.โท และ อ.ที่ปรึกษา และนิสิต
9/11/61

AF 01-12

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์/โทรสาร: 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 261/2561

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 170.1/61 : ผลของการเปรียบเทียบการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย

ผู้วิจัยหลัก : นายอริศ กิริยา

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ The International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม.....
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ)
ประธาน

ลงนาม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 2 พฤศจิกายน 2561 **วันหมดอายุ** : 1 พฤศจิกายน 2562

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย
4) แบบสอบถาม

เงื่อนไข

1. *ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม 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. *โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น*

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลการเปรียบเทียบการแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่องและแบบสลับนั่งพักที่มีต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสระดับมหาวิทยาลัย

ชื่อผู้วิจัย นายอริศ กิริยา ตำแหน่ง นิสิตปริญญาโท

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เลขที่ 6 ถ.ราชมรรคาใน ต.พระปฐมเจดีย์ อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม 73000

(ที่บ้าน) 16/9 ซ.ทวีกิจ ต.ลำพยา อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม 73000

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 034-241240 ต่อ - โทรศัพท์ที่บ้าน -

โทรศัพท์มือถือ 062-4365000 E-mail : aris_no@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัยประเภทการทดลอง โดยทดสอบผลของการเปรียบเทียบการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังทำการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย

3. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่ใช้เป็นนักกีฬาเทนนิส เพศชาย มหาวิทยาลัยศิลปากร ช่วงอายุตั้ง 18 – 22 ปี ที่ฝึกซ้อมเพื่อแข่งขันและพัฒนาความเป็นเลิศ ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีอาการบาดเจ็บรุนแรงก่อนเข้าร่วมการวิจัยและสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง *โดยให้ผู้ช่วยผู้วิจัยเป็นผู้ทำติดต่อผู้มีส่วนร่วมการวิจัย* โดยต้องผ่านเกณฑ์คัดเข้าของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย มีผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย 14 คน โดยผู้วิจัยได้ป้องกันผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยสูญหาย ระหว่างดำเนินการทดลองอาจทำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่เพียงพอแก่การวิเคราะห์ข้อมูล จึงคำนวณผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเพิ่มเติม 2 คน การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงใช้จำนวนผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย 16 คน หลังจากนั้นทำการแบ่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยออกเป็น 3 กลุ่ม ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยแต่ละลำดับจะทำตามเงื่อนไขวิธีถ่วงดุลลำดับ ดังนี้

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3
คนที่ 1 – 5	นั่งพักปกติ	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง	แช่น้ำเย็นสลับพัก
คนที่ 6 – 10	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง	นั่งแช่น้ำเย็นสลับพัก	นั่งพักปกติ
คนที่ 11 – 16	นั่งแช่น้ำเย็นสลับพัก	นั่งพักปกติ	นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง

เลขที่โครงการวิจัย 170.1/61
วันที่รับรอง - 2 พ.ย. 2561
วันหมดอายุ - 1 พ.ย. 2562

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยชุดเดียวกัน ปฏิบัติการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ และการทดลองแต่ละครั้ง เว้นระยะห่างกันเป็นเวลา 1 สัปดาห์

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัยมีคุณสมบัติดังนี้

1.เป็นนักกีฬาเทนนิสชายของมหาวิทยาลัยศิลปากรอายุระหว่าง 18-22 ปี

2.ผ่านการประเมินจากแบบสอบถามสุขภาพ

3. มีการฝึกซ้อมเพื่อแข่งขันและพัฒนาความเป็นเลิศอย่างน้อย 4 วันต่อสัปดาห์ โดยมีการตรวจสอบการเข้าฝึกซ้อมทุกครั้ง

4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมวิจัย และยินดีลงนามในคำยินยอมเข้าร่วมวิจัยเกณฑ์การคัดออก

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัยออกจากงานวิจัย

1.เกิดเหตุสุดวิสัยทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น มีอาการเจ็บป่วย อุบัติเหตุ เป็นต้น

2.ไม่ใช้ในผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับโรคของหลอดเลือด

3.ไม่ใช้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจ

4.ไม่ใช้กับผู้ป่วยที่มีเส้นประสาทสัมผัสเสีย

5.ไม่ใช้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็ง

6.ไม่ใช้ในคนที่แพ้ความเย็น

7.ไม่ผ่านการประเมินจากแบบสอบถามสุขภาพ

8. ไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อ

9. เข้าร่วมการทดลองไม่ครบตามที่กำหนดไว้

4. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองผลการเปรียบเทียบการแช่น้ำเย็นแบบต่อเนื่องและแบบสลับนั่งพักที่มีต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสระดับมหาวิทยาลัย โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพักปกติฟื้นสภาพ นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง 12 นาที อุณหภูมิน้ำ 15 ± 1 °C โดยให้นั่งเหยียดขาน้ำระดับสะโพก นั่งแช่น้ำเย็นแบบสลับนั่งพัก 12 นาที อุณหภูมิน้ำ 15 ± 1 °C โดยให้นั่งเหยียดขาน้ำระดับสะโพก โดยนั่งแช่น้ำเย็น 3 นาที ออกมานั่งพัก 1 นาที โดยไม่ต้องเช็ดตัวให้แห้ง ทั้งหมด 4 รอบ ซึ่งและทดสอบความแคล่วคล่องว่องไว พลังกล้ามเนื้อและพลังอดทนของกล้ามเนื้อ ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องมาร่วมทดสอบในวันจันทร์และวันศุกร์ระหว่างเวลา 16.00 – 18.00 น. ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้เวลา 3 สัปดาห์ โดยทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 ครั้ง โดยเครื่องแต่งกาย/ผ้าขนหนู ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะต้องจัดเตรียมมาเอง โดยมีวิธีการดังนี้

4.1.ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยาน 5-10 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนล่าง

เลขที่โครงการวิจัย 170.1/61
วันที่รับรอง - 2 พ.ย. 2561
วันหมดอายุ - 1 พ.ย. 2562

4.2. ให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เพื่อให้ร่างกายเตรียมพร้อมและป้องกันอาการบาดเจ็บจากการทดสอบ

4.3. จากนั้นให้ทดสอบความแคล่วคล่องว่องไวก่อนทำให้ล้า โดยใช้วิธีการสไปเดอร์อะจิลิตี้เทส ในการเริ่มการทดสอบให้ผู้รับการทดสอบอยู่ในท่าเตรียมวิ่ง ยืนที่จุดเริ่มต้น เมื่อได้ยินเสียงจากเครื่องจับเวลาสปีดไลท์ให้ออกวิ่งเก็บลูกเทนนิสจากจุดที่ 1 มาวางตรงจุดเริ่มต้น ให้วิ่งไปเก็บแตะกรวยตำแหน่งที่ 2 แล้ววิ่งกลับมาในตำแหน่งเริ่มต้น ทำแบบนี้จนครบทั้ง 5 จุด ถือเป็นการสิ้นสุดการทดสอบ 1 ครั้ง ทำการทดสอบ 3 ครั้ง

4.4. ทำการทดสอบกระโดดสูง ก่อนทำให้ล้า เพื่อหาค่าพลังกล้ามเนื้อ ด้วยเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด เอฟที 700 เพาเวอร์ชิสเท็ม เริ่มต้นให้อธิบายขั้นตอนให้ผู้ทดสอบเข้าใจ โดยผู้ทดสอบจะต้องยืนบนแผ่นวัดแรง ยืนตรงโดยแยกเท้ากว้างประมาณช่วงไหล่ มือเท้าเอวไว้ ศีรษะอยู่ในลักษณะปกติ เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณ ให้ย่อตัวลง มือเท้าเอวไว้ เท้าทั้งสองข้างแนบกับพื้น รักษาสมดุลของร่างกายไว้ไม่ให้เสียการทรงตัวจากนั้นออกแรงกระโดดให้สูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่ใช้มือช่วยให้ เท้าเอวไว้ตลอดช่วงการทดสอบ ขณะที่นักกีฬาลงสู่พื้นนั้นให้เท้าทั้งสองข้างสัมผัสกับแผ่นทดสอบพร้อมกันไม่ควรใช้เท้าข้างใดข้างหนึ่งสัมผัสกับแผ่นยางเพียงอย่างเดียวรักษาสมดุลของร่างกายไม่ให้เสียการทรงตัว ทำการทดสอบ 3 ครั้ง ให้นักกีฬา เดินออกจากแผ่นวัดแรง เป็นอันเสร็จสิ้นการทดสอบ

4.5. จากนั้นให้ทำการทดสอบพลังอดทนของกล้ามเนื้อ ก่อนทำให้ล้า โดยเครื่องไอโซไคเนติก ในการงอเข่า และการเหยียดเข่า ในการเริ่มต้นการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งบนเครื่องทดสอบ และปรับตำแหน่งเบาะนั่ง พนักพิงให้เหมาะสมพร้อมกับรัดเข็มขัดนิรภัยติดตั้งอุปกรณ์ข้อต่อ ที่ใช้สำหรับการออกแรง ตั้งค่าเครื่องวัดการเคลื่อนไหว ให้ตรงกับแกนหมุนที่ปลายล่างของกระดูกต้นขา ปรับความเร็วของเครื่องทดสอบที่ 180 องศาต่อวินาที ทำการอบอุ่นร่างกายด้วยเครื่องไอโซไคเนติกท่าการงอเข่าและเหยียดเข่า 5 ครั้ง จากทำการทดสอบด้วยท่าการงอเข่าและเหยียดเข่าด้วยแรงพยายามสูงสุด จำนวน 20 ครั้งต่อเนื่องและพักระหว่างขา 5 นาที

4.6. ทำให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเกิดความเมื่อยล้าโดยใช้วิธีการวินเกจเทส 30 วินาที จำนวน 3 รอบ พักระหว่างรอบ 2 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเกิดการล้าจริง

4.7. จากนั้นให้ทดสอบเพื่อค่าก่อนการทดลอง ให้ผู้รับการทดลองทดสอบความแคล่วคล่องว่องไว พลังกล้ามเนื้อ พลังอดทนของกล้ามเนื้อ และดัชนีความเมื่อยล้าอีกครั้ง ตามลำดับอีกครั้ง

4.8. จากนั้น ให้ผู้รับการทดลอง

- คนที่ 1–5 นั่งพักปกติฟื้นสภาพเป็นเวลา 12 นาที
- คนที่ 6-10 นั่งแช่น้ำเย็นต่อเนื่อง 12 นาที โดยให้นั่งเหยียดขาน้ำระดับสะโพก เมื่อครบเวลาให้เช็ดตัวให้แห้งเปลี่ยนเสื้อผ้าให้เรียบร้อย
- คนที่ 11–16 นั่งแช่น้ำเย็นแบบสลับนั่งพัก 12 นาที โดยให้นั่งเหยียดขาน้ำระดับสะโพก นั่งแช่น้ำเย็น 3 นาที ออกมานั่งพัก 1 นาที โดยไม่ต้องเช็ดตัวให้แห้ง ทั้งหมด 4 รอบ ในช่วงพักของแต่ละเซตในการ

เลขที่โครงการวิจัย 170.1/61
วันที่รับรอง - 2 พ.ย. 2561
วันหมดอายุ - 1 พ.ย. 2562

แช่ (1 นาที) จะขึ้นจากน้ำทั้งร่างกายไม่มีอวัยวะใดแช่อยู่ในน้ำ เมื่อครบเวลาให้เช็ดตัวให้แห้งเปลี่ยนเสื้อผ้าให้เรียบร้อย

4.9. จากนั้นให้ทดสอบเพื่อหาค่าหลังจากการทดลอง ให้ผู้รับการทดลองทดสอบความแคล่วคล่องว่องไว พลังกล้ามเนื้อและพลังอดทนของกล้ามเนื้อ ตามลำดับอีกครั้งอีกครั้ง

4.10. ผู้เข้ารับการทดลองแต่ละคนจะเว้นช่วงในแต่ละครั้งการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และงดการออกกำลังกายอย่างหนักทุกประเภทอย่างน้อย 1 วัน ก่อนมาทำการทดลองทุกครั้ง และในขณะผู้รับการทดลองพักเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ผู้ทดลองไม่มีการควบคุมในเรื่องการรับประทานอาหาร การออกกำลัง และการใช้ชีวิตประจำวัน โดยใช้ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยผู้วิจัยจะคอยดูแลอย่างใกล้ชิด ในการเก็บข้อมูล 1 ครั้งใช้เวลารวมในการทดสอบประมาณ 45 นาที

5. กระบวนการให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โครงการนี้เป็นโครงการวิจัยประเภททดลอง โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาคือ อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ และมีผู้ช่วยวิจัย 1 คน ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพของศูนย์ทดสอบวิจัยวัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ได้รับการอบรมการใช้อุปกรณ์ทดสอบมาเป็นอย่างดี ซึ่งก่อนทดลองจะต้องหาค่าความแคล่วคล่องว่องไว พลังกล้ามเนื้อและพลังอดทนของกล้ามเนื้อ และมีการทดลองโดยแช่น้ำเย็นเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อขา

6. ในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยด้วยวิธีใดๆ ก็ตาม หากพบว่าผู้นั้นไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้าและอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ เช่น มีอาการบาดเจ็บ เคยผ่าตัดมาก่อนหรือประสบอุบัติเหตุร้ายแรง ทางผู้วิจัยจะแนะนำถึงวิธีการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพร่างกายในระดับที่สูงขึ้น

7. อันตรายหรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ร่วมวิจัยในครั้งนี้

7.1 งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยมีการกระโดด โดยใช้เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด หากกระโดดผิดวิธีอาจจะเกิดการบาดเจ็บที่หัวเข่าได้ การวิ่งเปลี่ยนทิศทาง โดยใช้วิธีการสไปเดอร์อะจิลิตี้เทส หากขณะเปลี่ยนทิศทางผิดจังหวะ อาจจะเกิดการพลิกของข้อเท้าได้ และการออกแรงซ้ำของกล้ามเนื้อ โดยเครื่องไอโซไคเนติก หากทำไม่ถูกวิธีอาจทำให้เกิดการเจ็บกล้ามเนื้อได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะดูแลให้ผู้ร่วมวิจัยฝึกท่าที่ทดสอบก่อนทดสอบจริง ซึ่งก่อนทำการทดสอบหากไม่มีการทำการอบอุ่นร่างกาย และยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนล่างแล้วจะทำให้เกิดการเจ็บกล้ามเนื้อได้ โดยผู้วิจัยจะดูแลทั้งก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบ

7.2 หากเกิดอันตรายหรือความเสี่ยงในการทดสอบ ผู้วิจัยจะหยุดการทดสอบทันที และปฐมพยาบาลเบื้องต้น ถ้าอาการที่เกิดขึ้นเกินขีดความสามารถ จะส่งต่อ ณ สถานพยาบาลทันที โดยผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าเสียหายทั้งหมด

8. ประโยชน์ในการเข้าร่วมวิจัย

8.1. ได้ทราบถึงผลของการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักรายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย

ลขที่โครงการวิจัย 170.1/61
วันที่รับรอง - 2 พ.ย. 2561
วันหมดอายุ - 1 พ.ย. 2562

8.2. สามารถนำรูปแบบการแช่น้ำเย็นไปใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายก่อนจะแข่งขันรอบถัดไป

8.3. ได้งานวิจัยเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการแช่น้ำเย็นเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายในการศึกษาต่อยอดให้มีรูปแบบใหม่ๆต่อไป

9. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

10. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

11. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็น**ความลับ** หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

12. ในวันที่ทดสอบผู้วิจัยจะมีค่าเดินทางมอบให้หลังจากที่ทำการทดสอบเรียบร้อยในแต่ละครั้ง ครั้งละ 200 บาท ทั้งหมด 3 ครั้ง และผู้วิจัยจะจัดอาหารว่างและน้ำให้ผู้ทดสอบและผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

13. "หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail:eccu@chula.ac.th

เลขที่โครงการวิจัย 170.1/61
วันที่รับรอง - 2 พ.ย. 2561
วันหมดอายุ - 1 พ.ย. 2562

AF 05-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการเปรียบเทียบการแช่น้ำแบบต่อเนื่องและการแช่น้ำแบบสลับนั่งพักภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสชายระดับมหาวิทยาลัย

ชื่อผู้วิจัย นายอริศ กิริยา

ที่อยู่ที่ติดต่อ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร 6 ถ.ราชมรรคาใน ต.พระปฐมเจดีย์ อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม 73000 โทรศัพท์ 062-4365000

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว**

ข้าพเจ้า**จึงสมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม ตอบแบบสอบถามสุขภาพ เข้ารับโปรแกรมการฟื้นฟูด้วยการแช่น้ำเย็นและการโปรแกรมทดสอบตัวแปรความแคล่วคล่องว่องไว พลังกล้ามเนื้อ พลังอดทนของกล้ามเนื้อและค่าดัชนีความเมื่อยล้า เป็นเวลา 3 สัปดาห์ จำนวน 3 ครั้ง *โดยในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 45 นาที*

ข้าพเจ้ามีสิทธิ**ถอน**ตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ไม่มีผลต่อการศึกษา ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202

E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....

(นายอริศ กิริยา)

ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....

(.....)

พยาน

เลขที่โครงการวิจัย 170.1/61

วันที่รับรอง - 2 พ.ย. 2561

วันหมดอายุ - 1 พ.ย. 2562

ภาคผนวก จ

แบบสอบถามสุขภาพ

โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ ตามความจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามต่อไปนี้ จะเป็นความลับสาหรับใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

รหัสกลุ่มตัวอย่าง.....

ส่วนที่2 ข้อมูลสุขภาพ (มีผลต่อการเข้าร่วมงานวิจัย)

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่ (ถ้ามีโปรดระบุ)

( )ไม่มี ( ) มี โปรดระบุ.....

2. ท่านป่วยเป็นโรค เช่น โรคหัวใจ โรคหอบหืด ความดันโลหิตหรือไม่ (ถ้าเป็นโปรดระบุ)

( )ไม่มี ( ) มี โปรดระบุ.....

3. ท่านเคยได้รับการผ่าตัดบริเวณ หลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า หรือไม่ (ถ้าเคยโปรดระบุ)

( )ไม่เคย ( ) เคย โปรดระบุ.....

4. ท่านเคยได้รับอุบัติเหตุหรือบาดเจ็บรุนแรงหรือไม่ (ถ้าเคยโปรดระบุ)

( )ไม่เคย ( ) เคย โปรดระบุ.....

5. ท่านมีอาการบาดเจ็บเกี่ยวกับ หลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา หรือไม่ (ถ้ามีโปรดระบุ)

( )ไม่มี ( )มี โปรดระบุ.....

สรุปผลแบบสอบถามสุขภาพ

( ) สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ *( )ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้*

ผู้ดำเนินการสอบถาม.....

(นายอริศ กิริยา)

ที่ที่โครงการวิจัย 170.1/61

วันที่รับรอง - 2 พ.ย. 2561

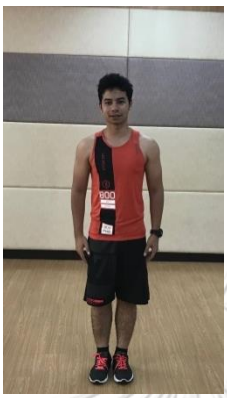
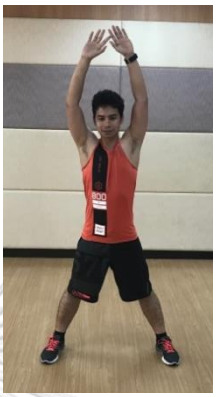
วันหมดอายุ - 1 พ.ย. 2562

ภาคผนวก ข

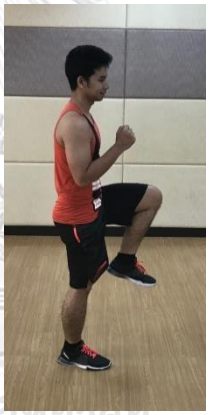
การอบอุ่นร่างกายและการเหยียดเหยียดกล้ามเนื้อ

การอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching)

1. กระโดดตบ

2. วิ่งยกเข่าสูงอยู่กับที่



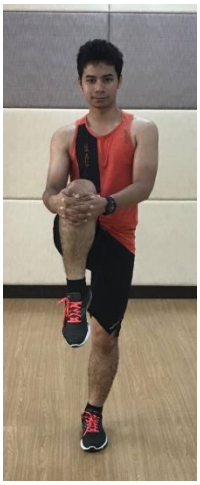
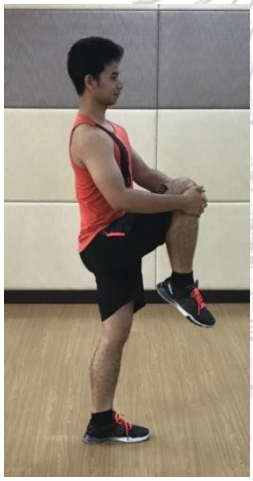
3.วิ่งพับขาไปด้านหลังอยู่กับที่

การอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามแบบลักษณะหดค้าง (Static Stretching)

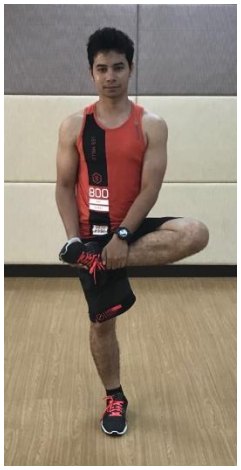
1. การยืดเหยียดกล้ามต้นขาด้านหน้า

2. การยืดเหยียดกล้ามต้นขาด้านหลัง

3. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพก

4. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบสมรรถภาพกล้ามเนื้อ

รหัสกลุ่มตัวอย่าง.....ประเภทการทดลอง.....วันที่.....

พลังกล้ามเนื้อ (Vertical Jump)

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ก่อนทำให้ล้า			
หลังทำให้ล้า			
หลังการทดลอง			

ความแคล่วคล่องว่องไว (Spider Agility Test)

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ก่อนทำให้ล้า			
หลังทำให้ล้า			
หลังการทดลอง			

RPE Scale ก่อนทำให้ล้า

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

RPE Scale หลังทำให้ล้า

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

RPE Scale หลังการทดลอง

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

การทดสอบสมรรถภาพทางกาย

1.การทดสอบการกระโดดสูง (Vertical Jump) (Daniel, 2006)

อุปกรณ์

เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 Power System) **ผลิตจากประเทศออสเตรเลีย**

วิธีการทดสอบ

1. เริ่มต้นให้อธิบายขั้นตอนให้ผู้ทดสอบเข้าใจ โดยผู้ทดสอบจะต้องยืนบนแผ่นวัดแรง Force plate รุ่น 400S (400 series performance force plate) ยืนตรงโดยแยกเท้ากว้างประมาณช่วงไหล่ มือเท้าเอวไว้ ศีรษะอยู่ในลักษณะปกติ

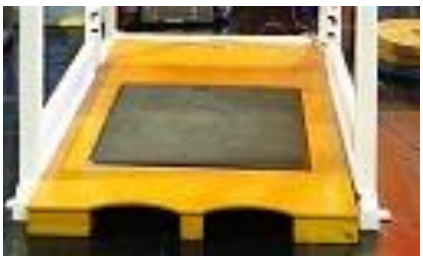
2. เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณ ให้ย่อตัวลง มือเท้าเอวไว้ เท้าทั้งสองข้างแนบกับพื้น รักษาสมดุลของร่างกายไว้ไม่ให้เสียการทรงตัว

3. จากนั้นออกแรงกระโดดให้สูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่ใช้มือช่วยให้ เท้าเอวไว้ตลอดช่วงการทดสอบ

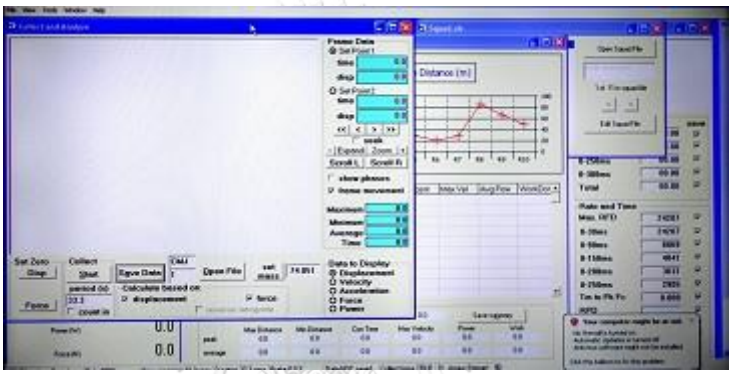
4. ขณะที่นักกีฬาลงสู่พื้นนั้นให้เท้าทั้งสองข้างสัมผัสกับแผ่นทดสอบพร้อมกันไม่ควรใช้เท้าข้างใดข้างหนึ่งสัมผัสกับแผ่นยางเพียงอย่างเดียวรักษาสมดุลของร่างกายไม่ให้เสียการทรงตัว

5. ทำการทดสอบ 3 ครั้ง ให้นักกีฬา เดินออกจากแผ่นวัดแรง เป็นอันเสร็จสิ้นการทดสอบ เลือกค่าแรงสูงสุดที่ทำได้มากที่สุด หน่วยเป็น นิวตัน มาบันทึกข้อมูล

เครื่อง FT 700 Power System ผลิตโดยประเทศออสเตรเลีย



แผ่นวัดแรงกระแทก (Force plate) รุ่น 400S (400 series performance force plate) ขนาด 795 mm x 795 mm x 60 mm ของบริษัท Fitness Technology ผลิตที่เมือง Adelaide ประเทศออสเตรเลีย



ซอฟแวร์ประมวลผลข้อมูล (Ballistic Measurement Software) เวอร์ชั่น 1.0 2015 ของบริษัท Innervations ผลิตที่เมือง Perth ประเทศออสเตรเลีย แสดงซอฟแวร์ประมวลผลข้อมูล เมื่อเปิดโปรแกรมจะแสดงหน้าจอดังภาพที่แสดง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (Spider test) (Tamara Kramer , 2017)

อุปกรณ์

เครื่อง Speed Light ยี่ห้อ Swift Performance ผลิตโดยประเทศออสเตรเลีย

วิธีการทดลอง

1. ในการเริ่มการทดสอบให้ผู้รับการทดสอบอยู่ในท่าเตรียมวิ่ง ยืนที่จุดเริ่มต้น

2. เมื่อได้ยินเสียงจากเครื่องจับเวลา Speed Light ให้ออกวิ่งเก็บลูกเทนนิสจากจุดที่ 1 มาวางตรงจุดเริ่มต้น ให้วิ่งไปเก็บแตะกรวยตำแหน่งที่ 2 แล้ววิ่งกลับมาในตำแหน่งเริ่มต้น ทำแบบนี้จนครบทั้ง 5 จุด ถือเป็นการสิ้นสุดการทดสอบ 1 ครั้ง

3.ทำการทดสอบ 3 ครั้ง แล้วนำครั้งที่ดีที่สุดมาเป็นข้อมูล

(ซ้าย) รูปแบบการทดสอบความแคล่วคล่องว่องไวแบบ Spider Agility Test
(ขวา) เครื่อง Speed Light ยี่ห้อ Swift Performance ผลิตโดยประเทศออสเตรเลีย

3.การทดสอบความอดทนของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องไอโซไคเนติกและหาค่าดัชนีความเมื่อยล้า

เครื่องมือ : เครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic machine) ยี่ห้อ Physiomed รุ่น CON-TREX

วิธีการทดสอบ: กลุ่มกล้ามเนื้อในการงอเข่า (Knee Flexor Muscle) และการเหยียดเข่า (Knee Extensor Muscle)

1. ในการเริ่มต้นการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งบนเครื่องทดสอบ และปรับตำแหน่งเบาะนั่ง พนักพิงให้เหมาะสมพร้อมกับรัดเข็มขัดนิรภัยติดตั้งอุปกรณ์ข้อต่อ (Adapter) ที่ใช้สำหรับการออกแรง

2. ตั้งค่าเครื่องวัดการเคลื่อนไหว (Dynamometer) ให้ตรงกับแกนหมุนที่ปลายล่างของกระดูกต้นขา (Femoral condyles) ปรับความเร็วของเครื่องทดสอบที่ 180 องศาต่อวินาที

3. ทำการอบอุ่นร่างกายด้วยเครื่องไอโซไคเนติกท่าการงอเข่าและเหยียดเข่า 5 ครั้ง

4. จากทำการทดสอบด้วยท่าการงอเข่าและเหยียดเข่าด้วยแรงพยายามสูงสุด จำนวน 20 ครั้งต่อเนื่อง และพักระหว่างขา 5 นาที

5. นำค่าทอล์คทุกค่า มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (N.m) มาทดสอบเปรียบเทียบความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way ANOVA with repeated measure) โดยวิธีของ Bonferroni กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงพลังอดทนของกล้ามเนื้อ (Change of Power Endurance)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic machine) ยี่ห้อ Physiomed รุ่น CON-TREX

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

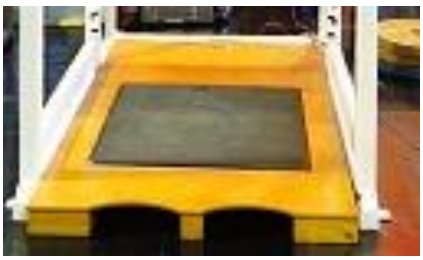
เครื่องมือสำหรับการทดสอบ

1. อ่างน้ำที่ใช้ขนาด 305 x 183 x 56 ซม

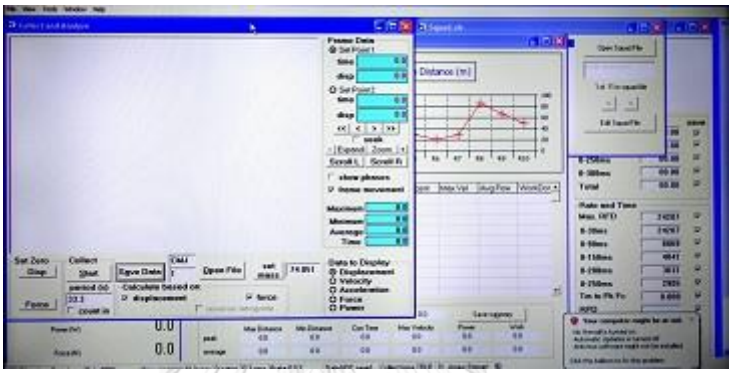
2. เครื่อง Speed light ยี่ห้อ Swift Performance ผลิตจากประเทศออสเตรเลีย

3. เครื่อง FT 700 Power System ผลิตโดยประเทศออสเตรเลีย

4. แผ่นวัดแรงกระแทก (Force plate) รุ่น 400S (400 series performance force plate) ขนาด 795 mm x 795 mm x 60 mm ของบริษัท Fitness Technology ผลิตที่เมือง Adelaide ประเทศออสเตรเลีย



5. ซอฟแวร์ประมวลผลข้อมูล (Ballistic Measurement Software) เวอร์ชั่น 1.0 2015 ของบริษัท Innervations ผลิตที่เมือง Perth ประเทศออสเตรเลีย



6.เครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic machine) ยี่ห้อ Physiomed รุ่น CON-TREX

7. จักรยาน Monark รุ่น Ergomedic 839E ผลิตจากประเทศสวีเดน

9. กรวยพลาสติก

10. เครื่องวัดอุณหภูมิของน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

11. นาฬิกาจับเวลา

12. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ

ภาคผนวก ฉ

แบบสอบถามสุขภาพ

โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ ตามความจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามต่อไปนี้ จะเป็นความลับสาหรับใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

รหัสกลุ่มตัวอย่าง…….

ส่วนที่2 ข้อมูลสุขภาพ (มีผลต่อการเข้าร่วมงานวิจัย)

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่ (ถ้ามีโปรดระบุ)

( )ไม่มี ( ) มี โปรด

ระบุ……

2. ท่านป่วยเป็นโรค เช่น โรคหัวใจ โรคหอบหืด ความดันโลหิตหรือไม่ (ถ้าเป็นโปรดระบุ)

( )ไม่มี ( ) มี โปรด

ระบุ……

3. ท่านเคยได้รับการผ่าตัดบริเวณ หลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า หรือไม่ (ถ้าเคยโปรดระบุ)

( )ไม่เคย ( ) เคย โปรด

ระบุ……

4. ท่านเคยได้รับอุบัติเหตุหรือบาดเจ็บรุนแรงหรือไม่ (ถ้าเคยโปรดระบุ)

( )ไม่เคย ( ) เคย โปรด

ระบุ……

5. ท่านมีอาการบาดเจ็บเกี่ยวกับ หลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา หรือไม่ (ถ้ามีโปรดระบุ)

( )ไม่มี ( )มี โปรด

ระบุ……

สรุปผลแบบสอบถามสุขภาพ

( ) สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ ( )ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้

ผู้ดำเนินการสอบถาม……..

(นายอริศ กิริยา)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายอริศ กิริยา
วัน เดือน ปี เกิด	31 พฤษภาคม 2534
สถานที่เกิด	ปัตตานี
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	16/9 ซ.ทวีกิจ ต.ลำพยา อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม 73000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University