การประดิษฐ์เครื่องมือตรวจวัดด้วยหลักการการดูดกลืนแสงชนิดไม่รุกล้ำร่างกายสำหรับตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับไนตริกออกไซด์หลังจากกระตุ้นด้วยการรัดแขน

นายพงษ์ศักดิ์ สาระภักดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวช (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A DEVELOPMENT OF AN NON-INVASIVE OPTICAL SENSOR FOR DETERMINING NITRIC OXIDE CHANGES AFTER ARM-CUFF OCCLUSION

Mr. Pongsak Sarapukdee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Biomedical Engineering

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประดิษฐ์เครื่องมือตรวจวัดด้วยหลักการการดูดกลืนแสงชนิดไม่รุกล้ำร่างกายสำหรับตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับไนตริกออกไซด์หลังจากกระตุ้นด้วยการรัดแขน
โดย	นายพงษ์ศักดิ์ สาระภักดี
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวเวช
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. สุทธิลักษณ์ ปทุมราช
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญศรี ทองนพเนื้อ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุทธิลักษณ์ ปทุมราช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัมพร จาริยะพงษ์สกุล)

พงษ์ศักดิ์ สาระภักดี : การประดิษฐ์เครื่องมือตรวจวัดด้วยหลักการการดูดกลืนแสงชนิดไม่รุกล้ำร่างกายสำหรับตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับไนตริกออกไซด์หลังจากกระตุ้นด้วยการรัดแขน.(A DEVELOPMENT OF AN NON-INVASIVE OPTICAL SENSOR FOR DETERMINING NITRIC OXIDE CHANGES AFTER ARM-CUFF OCCLUSION). อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. สุทธิลักษณ์ ปทุมราช, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์, 111 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงไนตริกออกไซด์ด้วยหลักการทางแสงชนิดไม่รุกล้ำร่างกาย ตัวเครื่องประกอบด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 525 นาโมเมตร โฟโตไดโอดที่สามารถตอบสนองต่อแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400-1100 นาโนเมตร วงจรวัดและประมวลสัญญานที่ส่งข้อมูลไปแสดงผลยังคอมพิวเตอร์ จากการนำเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นไปตรวจวัดสารละลายมาตรฐานอนุพันธ์ของไนตริกออกไซด์ที่มีความเข้มข้นในช่วง 0.125-1.000 มิลลิโมลาร์ โดยเปรียบเทียบกับเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์โดยการวัดแบบส่องผ่าน พบว่าการวัดทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ(R^2)เท่ากับ 0.97 จากนั้นได้ทำการทดสอบการวัดที่ปลายนิ้วมือของอาสาสมัครจำนวน 25 คน พบว่าการกระตุ้นการสร้างไนตริกออกไซด์ด้วยการรัดที่ต้นแขนด้วยความดันมากกว่า systolic pressure เท่ากับ 50 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 60 วินาที แล้วปล่อยทันที ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับไนตริกออกไซด์เพิ่มขึ้นได้ค่าสูงสุดเท่ากับ 31.8±9.3 เปอร์เซ็นต์เทียบกับค่าพื้นหลังก่อนการรัดแขน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นกับค่าอัตราการไหลของเลือดที่ทำการตรวจวัดทางผิวหนังในตำแหน่งเดียวกันโดยเครื่องเพอริฟลักส์ ในอาสาสมัครจำนวน 5 คน พบว่าเมื่อค่าการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์เพิ่มขึ้น ค่าอัตราการไหลผ่านของเลือดจะมีค่าเพิ่มขึ้นสอดคล้องกัน โดยมีความสัมพันธ์ที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(R)เท่ากับ 0.7 ดังนั้นเครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงไนตริกออกไซด์ด้วยหลักการทางแสงอาจนำไปใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเอนโดทีเลียลเซลล์ได้ในอนาคตโดยเป็นชนิดที่ไม่รุกล้ำร่างกาย

สาขาวิชา วิศวกรรมชีวเวช ลายมือชื่อนิสิต.....

ปีการศึกษา ...2553... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5087167020 : MAJOR BIOMEDICAL ENGINEERING

KEYWORDS: NITRIC OXIDE / OPTICAL SENSOR / NON-INVASIVE / S-NITROSOTHIOLS

PONGSAK SARAPUKDEE: A DEVELOPMENT OF AN NON-INVASIVE OPTICAL SENSOR FOR DETERMINING NITRIC OXIDE CHANGES AFTER ARM-CUFF OCCLUSION.THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.SUTHILUK PATUMRAJ, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: ASSOC.PROF.MANA SRIYUDTHSAK,D. ENG, 111 pp.

This study is the invention of the non-invasive optical sensor for measuring the change of nitric oxide. The sensor composes of light emitting diode with a wavelength at 525 nm, photo diode having sensitivity in the range of 400 to 1100 nm, measuring circuit that could transfer data to personal computer for analyzing and displaying result in real time. For preliminary test, the system was used to measure a standard nitric oxide derivative solution concentration of 0.125-1.000 mM in transmission mode. It was found that there is a linear correlation between the results of nitric oxide optical sensor and the conventional spectrophotometer (UV-3101PC, Shimadzu, Japan) with the coefficient of determination (R^2) of 0.97. Further study was monitored the changes of nitric oxide level in fingertips of 25 subjects after using upper-arm occlusion technique (n=25 subjects). The occluded pressure was equal to systolic pressure plus 50mmHg for 60sec and then promptly release. The result showed that the averaged maximum increase of nitric oxide was 31.8±9.3% when compared to the baseline before occlusion. When comparing between the results of perfusion rate measured by PeriFlux (System 5000, PERIMED AB, Sweden) with the results of our optical sensor in 5 subjects, the agreement of increased nitric oxide and the increase of perfusion rate were demonstrated with R=0.7. Therefore, this optical sensor for measuring the change of nitric oxide may be used to examine the efficacy of endothelial function in the near future, particular via non-invasive technique

Field of Study: Biomedical Engineering Student's Signature……..

Academic Year: 2010 Advisor's Signature……..

Co-advisor's Signature…….

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร. สุทธิลักษณ์ ปทุมราช อาจารย์ที่ปรึกษาหลักที่ได้ให้คำแนะนำความรู้เกี่ยวกับหลอดเลือด และการตรวจวัดไนตริกออกไซด์

ขอขอบคุณ รศ.ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้ให้คำแนะนำความรู้ ทฤษฎีทฤษฎีทางไฟฟ้า การประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดไนตริกออกไซด์

ขอขอบคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดังนี้ รศ.ดร.เพ็ญศรี ทองนพเนื้อ รศ.ดร.สุทธิลักษณ์ ปทุมราช รศ.ดร.มานะ ศรียุทธศักดิ์ และผศ.ดร อัมพร จาริยะพงศ์สกุล ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำที่มีประโยชน์

ขอขอบคุณ ผศ.ธีระ ลีอุดมวงษ์ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทดลองเบื้องต้นในมนุษย์

ขอขอบคุณ อ.ดร.สาริณี อุ่ยตระกูล อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับโปรแกรมเชื่อมต่อเครื่องตรวจวัดกับคอมพิวเตอร์

ขอขอบคุณ นางสาวณัฏฐ์ชญา วงศ์เอกอินทร์ นิสิตระดับปริญญาโท จากภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้คำแนะนำในการตรวจวัดความเร็วการไหลของเลือด

ขอขอบคุณอาสาสมัครผู้เข้าร่วมทดลองเครื่องมือทุกท่าน ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าของท่านมาร่วมทดสอบเครื่องมือตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องในห้องปฏิบัติการไบโอเอ็กทรอนิกส์ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ พี่สาว พี่ชาย มารดา ยาย ที่เป็นกำลังใจ และคอยเกื้อหนุนข้าพเจ้าในด้านต่างๆ จนงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ทุนผู้ช่วยสอน และทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท้ายสุดบุคคลที่ข้าพเจ้าไม่ได้กล่าวถึง และได้มีส่วนร่วมในงานวิจัยของข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบคุณบุคคลเหล่านั้นไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญภาพ.....ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1
    1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
    1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย..... 5
    1.3 ขอบเขตงานวิจัย..... 5
    1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน..... 5
    1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย..... 5
2. หลักการและทฤษฎีพื้นฐาน..... 6
    2.1 ไนตริกออกไซด์ 6
    2.2 ไนตริกออกไซด์ซินเทส..... 8
    2.3 สภาวะเอนโดทีเลียลเซลล์ทำงานผิดปกติ..... 8
    2.4 การคัดเลือกสารอนุพันธ์ไนตริกออกไซด์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในตรวจวัดอัตรา
        การเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์..... 9
    2.5 ซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล..... 11
    2.6 หลักการตรวจวัดทางแสง..... 14
    2.7 การตรวจวัดไนโตรโซไทออลด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์..... 15
3. วิธีดำเนินการวิจัย..... 17
    3.1 วัสดุและสารเคมี..... 17
    3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 17

หน้า

3.3 ขั้นตอนการทดลอง..... 17
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 36
3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ..... 39
4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง..... 40
4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล
กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ 40
4.2 ผลการทดสอบเครื่องมือตรวจวัดไนตริกออกไซด์ด้วยหลักการทางแสง
ในห้องปฏิบัติการ..... 45
4.3 การเปรียบเทียบเครื่องที่ประดิษฐ์กับเครื่องวัดอัตราการไหลผ่านของเลือด..... 55
4.4 การทดลองในกลุ่มที่มีอายุแตกต่างกัน..... 57
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 60
5.1 สรุปผล..... 60
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ..... 61
รายการอ้างอิง..... 63
ภาคผนวก..... 69
ภาคผนวก ก..... 70
ภาคผนวก ข..... 71
ภาคผนวก ค..... 73
ภาคผนวก ง..... 74
ภาคผนวก จ..... 75
ภาคผนวก ฉ..... 78
ภาคผนวก ช..... 104
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 111

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ชนิดของไนตริกออกไซด์ซินเทสแต่ละชนิด หน้าที่ของของเอนไซม์ และหน้าที่ของไนตริกออกไซด์ ในแต่ละตำแหน่งของการผลิต..... 8

3.1 สรุปค่าจากการคัดเลือกตัวต้านทานสำหรับกรองสัญญาณ..... 29

4.1 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นแสง กับค่าความไวในการวัดสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ..... 44

4.2 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดกรอง..... 48

4.3 ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือตรวจวัดไนตริกออกไซด์ที่ประดิษฐ์ขึ้น 50

4.4 สรุปข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น ของอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าศึกษาวิจัย..... 54

4.5 สรุปผลจากการตรวจวัดด้วยเครื่อง PeriFlux System 5000 ของอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าศึกษาวิจัย 56

4.6 ค่าเฉลี่ยของค่า $\%V_{max}$ ของอาสาสมัครในแต่ละช่วงอายุ ทั้งหมด 75 คน..... 59

5.1 คุณสมบัติของเครื่องตรวจวัดไนตริกออกไซด์ชนิดไม่รุกล้ำ..... 60

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 การทำงานของเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ซินเทส..... 7

2.2 การทำงานของไนตริกออกไซด์ในหลอดเลือด..... 7

2.3 การทำปฏิกิริยาของไนตริกออกไซด์ กับสารต่างๆที่อยู่ในระบบชีวภาพ..... 9

2.4 การเข้าจับออกซี-ฮีโมโกลบิน และการถูกปลดปล่อยออกจาก
ดีออกซี-ฮีโมโกลบิน ของไนตริกออกไซด์..... 12

2.5 การเดินทางของแสงผ่านตัวกลางที่เป็นเนื้อเยื่อ..... 14

3.1 แผนผังการประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์
ด้วยหลักการทางแสง..... 18

3.2 วงจรของเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้แหล่งกำเนิดแสงความยาวคลื่น
355 นาโนเมตร..... 20

3.3 ผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์หลังจากการกระตุ้นด้วย
การรัดแขนในอาสาสมัครของเครื่องตรวจวัดที่ใช้แหล่งกำเนิดแสง 355 นาโนเมตร..... 21

3.4 วงจรการทำงานของเครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงไนตริกออกไซด์ที่ใช้แหล่ง
กำเนิดแสง 525 นาโนเมตร..... 22

3.5 ผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์หลังจากการกระตุ้นด้วย
การรัดแขนในอาสาสมัครของเครื่องตรวจวัดที่ใช้แหล่งกำเนิดแสง 355 นาโนเมตร..... 23

3.6 วงจรการทำงานของเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นที่ใช้แหล่งกำเนิดแสง 525 นาโนเมตร
และใช้เครื่องแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นดิจิตอล Pico ADC-200 24

3.7 ผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์หลังจากการกระตุ้น
ด้วยการรัดแขนในอาสาสมัครของเครื่องตรวจวัดที่ใช้แหล่งกำเนิดแสง 355 นาโนเมตร..... 24

3.8 รายละเอียดวงจรรวมของเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นที่นำไปทดสอบกับอาสาสมัคร..... 25

3.9 ตัวกำเนิดแสง (Light source) รุ่น MOLD LED LAMP L525 V..... 26

3.10 รายละเอียดของตัวรับสัญญาณ โฟโตดีเทคเตอร์ (Photodetector)
รุ่น Silonex SLD-70C2..... 27

ภาพที่ หน้า

3.11 การวางตัวของหลอดเปล่งและตัววัดแสงในการวัดแบบแสงสะท้อน..... 27
3.12 สัญญาณที่วัดได้จากการเปลี่ยนตัวต้านทานสำหรับทำการกรองสัญญาณรบกวน ค่าความต้านทาน 1-20 กิโลโอห์ม..... 28
3.13 ส่วนกรองสัญญาณรบกวนและขยายสัญญาณ..... 29
3.14 แผนภูมิสายงานการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์..... 30
3.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น PIC18F4550..... 31
3.16 โปรแกรม VCMETER ขณะทำงาน..... 31
3.17 ส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น ขณะพร้อมใช้งาน..... 32
3.18 แผนผังการทดสอบเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น..... 32
3.19 แผนผังวิธีการจัดเก็บข้อมูล..... 36
3.20 ตัวอย่างสัญญาณที่วัดได้ในอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์คัดกรอง และตำแหน่งของค่าต่างๆที่จะนำมาวิเคราะห์ผล..... 37
3.21 ตัวอย่างค่าอัตราการไหลผ่านของเลือดที่วัดได้ในอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์คัดกรอง และตำแหน่งของค่าต่างๆที่จะนำมาวิเคราะห์ผล..... 39
4.1 ค่าการดูดแสงของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล และโซเดียมไนไตรเจนไดออกไซด์ ที่ความเข้มข้น 1.00 มิลลิโมลาร์..... 41
4.2 การดูดกลืนแสงของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ที่ความเข้มข้น 0.125-1.000 มิลลิโมลลาร์..... 42
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงที่ 334, 525 และ 550 นาโนเมตร..... 42
4.4 ค่าการดูดกลืนแสดงของสารสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ที่ความเข้มข้น 0.125-1.000 มิลลิโมลาร์..... 46
4.5 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้จากเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น ของสารละลายมาตรฐาน ซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลที่ความเข้มข้น 0.125-1.000 มิลลิโมลาร์..... 47

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ กับเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น..... 47

4.7 ตัวอย่างที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหนึ่งคน เพื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นกับเครื่องวัดอัตราการไหลของเลือด PeriFlux System 5000..... 55

4.8 ความสัมพันธ์ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า V_{max} ที่วัดได้จากเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นเทียบกับค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของ PU_{Max} ที่ได้จากเครื่อง PeriFlux System 5000 ของอาสาสมัครทั้งหมด 5 คน..... 57

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า V_{max} เทียบกับค่าพื้นหลัง พบว่าเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์เมื่อถูกกระตุ้นมีค่าน้อยลง..... 58

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ T_r พบว่าเมื่ออายุเพิ่มขึ้นค่า T_r ลดลง แสดงว่าเมื่อทำการกระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์กลุ่มผู้อายุสูง การสร้างไนตริกออกไซด์จะเข้าสู่สภาวะอิ่มตัวเร็วขึ้น..... 58

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide) [1,2] เป็นก๊าซโมเลกุลขนาดเล็กที่มีความสำคัญอย่างมากในทางสรีรวิทยา โดยเฉพาะไนตริกออกไซด์ที่ผลิตขึ้นจากเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือด (endothelial cell) มีหน้าที่สำคัญคือ การควบคุมความต้านทานการไหลของเลือด โดยผ่านการกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) ที่อยู่รอบหลอดเลือดแดงคลายตัว (relaxation) จึงมีผลทำให้เลือดสามารถไหลผ่านหลอดเลือดบริเวณนั้นได้มากขึ้น ในอวัยวะที่สำคัญต่อชีวิต เช่น หัวใจและสมอง พบว่ากลไกการควบคุมความต้านทานการไหลของเลือดนี้เป็นการทำงานแบบอัตโนมัติ (autoregulation) ทั้งนี้เพื่อป้องกันอวัยวะที่สำคัญนั้นขาดเลือดไปเลี้ยง

ปัจจุบันพบว่า โรคของหัวใจและหลอดเลือดหลายชนิด มีสาเหตุของการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับสภาวะเอนโดทีเลียลเซลล์ทำหน้าที่ผิดปกติ(endothelial dysfunction)[3,4] ไม่สามารถผลิตไนตริกออกไซด์ได้ตามปกติ ทำให้หลอดเลือดแดงไม่สามารถคลายตัว นำไปสู่การเกิดหลอดเลือดหดตัว (vasoconstriction) ทำให้เกิดภาวะขาดเลือดไปเลี้ยงอวัยวะนั้นๆ ส่งผลให้เนื้อเยื่อของอวัยวะนั้นตาย อวัยวะจึงทำงานไม่ได้ตามปกติ ตัวอย่างเช่น การขาดเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ จนเกิดกล้ามเนื้อหัวใจตาย(myocardial infarction) และนำไปสู่ภาวะหัวใจล้มเหลวในที่สุด(heart failure) เป็นต้น และพบว่าสภาวะเอนโดทีเลียลเซลล์ทำหน้าที่ผิดปกติอาจมีสาเหตุจากโรคกลุ่มที่มีปัจจัยเสี่ยงสูง ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคไขมันในเลือดสูง และในผู้ที่สูบบุหรี่ เป็นต้น ดังนั้นการประเมินสภาวะเอนโดทีเลียลเซลล์ทำหน้าที่ผิดปกติ ได้ล่วงหน้าจะส่งผลดีต่อการป้องกันการเกิดโรคหัวใจวายซึ่งมีอันตรายถึงชีวิตได้

นอกจากนั้น ยังมีรายงานวิจัยจำนวนมากที่แสดงว่าระดับไนตริกออกไซด์ในเลือดที่ผิดปกติยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับพยาธิสภาพต่างๆ เช่น ภาวะการอักเสบเรื้อรัง ภาวะการติดเชื้อแบคทีเรียในกระแสเลือด จนเกิดภาวะเลือดเป็นพิษ (septicemia)[5,6] หรือโรคเกี่ยวกับระบบประสาท[7] เช่น โรคพาร์กินสัน (Parkinson disease) และโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) เป็นต้น ดังนั้นการประเมินระดับไนตริกออกไซด์ในเลือดจึงมีความสำคัญต่อการตรวจวินิจฉัยโรคเบื้องต้น และที่สำคัญคือ หากได้รับการวินิจฉัยความผิดปกติในเบื้องต้นนี้ อาจมีผลดีต่อการป้องกันการเกิดโรคที่อันตรายถึงชีวิตที่จะเกิดตามมาได้

งานวิจัยจำนวนมากได้พยายามที่จะผลิตเครื่องมือ หรือหาวิธีตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนตริกออกไซด์และการตรวจวัดสภาวะเอนโดทีเลียลเซลล์ที่ทำหน้าที่ผิดปกติ ตัวอย่างเช่น

K. Zuzak และคณะ[48] ทำการตรวจวัดร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของออกซีฮีโมโกลบินในผู้ถูกทดสอบที่บริเวณฝ่ามือ หลังจากได้ให้ก๊าซไนตริกออกไซด์ผ่านทางลมหายใจที่มีความเข้มข้น 80 ppm ร่วมกับการให้สารยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์จากเอนโดทีเลียลเซลล์ การตรวจวัดใช้หลักการถ่ายภาพด้วยแสงที่มีความยาวคลื่น 542 และ 576 นาโนเมตร ผลการทดลองพบว่า ปริมาณของออกซีฮีโมโกลบินในกลุ่มที่ได้รับก๊าซไนตริกออกไซด์ร่วมกับสารยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์มีค่าของออกซีฮีโมโกลบินสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับสารยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์อย่างเดียว จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปริมาณของออกซีฮีโมโกลบินมีค่าสูงขึ้น เมื่อปริมาณของไนตริกออกไซด์เพิ่มขึ้น การตรวจวัดโดยการใช้แสงในการตรวจวัดไนตริกออกไซด์ด้วยวิธีทางอ้อม จึงมีความเป็นไปได้ที่จะตรวจวัด

K. Farkas และคณะ[49] วิจัยการตรวจวัดสภาวะเอนโดทีเลียลเซลล์ที่ผิดปกติ ในกลุ่มของผู้ป่วยโรคความดันเลือดสูง ด้วยการวัดความเร็วสูงสุดของการไหลของเลือดที่บริเวณต้นแขน หลังจากทำการกระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ หลายวิธี ได้แก่ การรัดแขน ให้สารอะซิติลโคลีน (acetylcholine) และให้สารโซเดียมไนโตรพรัซไซด์ (sodium nitroprusside) จากนั้นทำการตรวจวัดความเร็วในการไหลด้วยเครื่อง Laser Dropper ที่ใช้แสงที่มีความยาวคลื่น 780 นาโนเมตร ในการตรวจวัด ผลการทดลองพบว่า หลังการกระตุ้นกลุ่มผู้ป่วยความดันเลือดสูงมีความเร็วสูงสุดของการไหลของเลือดต่ำกว่าคนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าการกระตุ้นด้วยการรัดแขนสามารถกระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ได้จริง อีกทั้งยังเป็นวิธีที่สะดวกและเป็นวิธีที่ไม่รุกล้ำร่างกายของผู้ถูกตรวจอีกด้วย

R. Kelly และคณะ[50] ทำวิจัยเปรียบเทียบการตรวจวัดการทำงานของเอนโดทีเลียลเซลล์ชนิดไม่รุกล้ำแตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ Flow-mediated dilation (FMD) เป็นการตรวจวัดการขยายตัวของหลอดเลือดด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ ร่วมกับการทำ Pulse wave analysis (PWA) และ Pulse contour analysis (PCA) ทั้งสองวิธีเป็นการคำนวณหาค่าจากรูปคลื่นของ Photoplethysmographic ซึ่งทำการศึกษาในกลุ่มคนอายุเฉลี่ย 28 ปี และ 13 ปี ใช้สาร 2 ชนิดกระตุ้นให้เอนโดทีเลียลเซลล์สร้างไนตริกออกไซด์เพื่อขยายหลอดเลือดสารทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ กลีเซอริลไตรไนเตรท(glyceryl trinitrate)ให้ผ่านทางการอมใต้ลิ้น และซาลบูทามอล(salbutamol) ให้ผ่านทางลมหายใจ ผลการทดลองพบว่า การ

ตรวจวัดด้วยวิธี FMD และ PWA ให้ผลตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงได้ดีในกลุ่มที่ถูกกระตุ้นด้วยซาลบูทามอล ส่วน PCA ให้ผลการตรวจวัดได้ดีเฉพาะในกลุ่มทดลองที่มีอายุเฉลี่ย 28 ปี

H. Trad และคณะ[51] พัฒนาวิธีการตรวจวัดก๊าซไนตริกออกไซด์ในท่อนำส่งก๊าซ ด้วยหลักการทางแสง โดยแสงที่ใช้ในการตรวจวัดเป็นแสงในช่วงของอัลตราไวโอเลตมีความยาวคลื่นอยู่ที่ 210-230 นาโนเมตร โดยมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 226.28 นาโนเมตร ทำการตรวจวัดสัญญาณด้วยกล้องจับภาพแบบ CCD ผลการทดลองพบว่า ปริมาณต่ำที่สุดที่อุปกรณ์นี้ตรวจวัดก๊าซไนตริกออกไซด์ได้คือ 500 ppm และยังมีปัญหาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รบกวน อีกทั้งแสงที่ใช้ในการตรวจวัดในช่วงดังกล่าวยังเป็นอันตรายต่อมนุษย์

M. Fritz และคณะ[52] ศึกษาความดันเลือดของหนู(Wistar)บริเวณหางส่วนต้น เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหนูที่ได้รับสารยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์กับกลุ่มหนูปกติ ผลการทดลองพบว่า ในหนูปกติหลังจากทำการรัดที่หางด้วยแรงดันที่สูงกว่าแรงดัน systolic pressure นาน 15-240 วินาที พบว่าความดันเลือด systolic pressure ของหนูเมื่อวัดอีกครั้ง จะมีค่าต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีค่าต่ำมากขึ้นเมื่อเวลาในการรัดหางมากขึ้น ในกลุ่มหนูที่ได้รับสารยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์พบว่าความดันเลือด systolic pressure นั้นไม่มีความแตกต่างกัน หลังจากทำการรัดหาง คณะผู้ทำวิจัยได้อธิบายว่า หลังจากทำการรัดหางหนูด้วยแรงดันที่มากกว่าแรงดัน systolic pressure หลอดเลือดจะทำการหลั่งไนตริกออกไซด์ออกมาเพื่อทำการขยายหลอดเลือด ทำให้ความดันเลือดในตำแหน่งนั้นจึงมีค่าลดลง ส่วนหนูในกลุ่มที่ได้รับสารยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์นั้น ไม่เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด ทำให้ความดันเลือด systolic pressure ที่วัดได้จึงไม่เปลี่ยนแปลง งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการกระตุ้นด้วยการบีบรัดให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์นั้นสามารถใช้แรงดันที่มากกว่าแรงดัน systolic pressure โดยใช้เวลาในการรัดตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปได้

M. Corretti และคณะ[47] ตรวจวัดการทำงานของหลอดเลือดแดงที่ต้นแขน โดยตรวจวัดการขยายตัวของหลอดเลือดด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ หลังจากทำการกระตุ้นเพื่อให้เอนโดทีเลียลเซลล์สร้างไนตริกออกไซด์ด้วยการรัดที่ต้นแขนด้วยความดัน 200 มิลลิเมตรปรอทหรือแรงดันที่มากกว่าแรงดัน systolic pressure เพิ่มขึ้นไปอีก 50 มิลลิเมตรปรอท โดยใช้เวลานาน 5 นาที จากนั้นบันทึกค่าขนาดของหลอดเลือดที่ต้นแขนหลังจากจากปล่อยการรัดแขนต่อเนื่อง ผลการทดลองพบว่า ขนาดของหลอดเลือดเริ่มมีการขยายตัวตั้งแต่เวลาที่ 30 วินาที ถึง 5 นาที หลังจากปล่อยที่รัดแขน และพบว่าหลอดเลือดมีการขยายตัวสูงสุดที่ 45-60 วินาทีหลังจากปล่อยการรัดแขน

M. Faulx และคณะ[53] รวบรวมข้อมูลของการตรวจวัด FMD ที่หลอดเลือดบริเวณต้นแขน ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease) และผู้ป่วยโรคเบาหวาน ชนิดที่ 2 ซึ่งเป็นการติดตามผลหลังจากรับประทานยา เช่น ascorbic acid, quinapril 20 ร่วมกับการออกกำลังกาย นานต่อเนื่อง 4 สัปดาห์ ถึง 6 เดือน พบว่าการขยายตัวของหลอดเลือดที่เกิดจาก FMD ของผู้ป่วยส่วนใหญ่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.001$) และยังสามารถสรุปข้อมูลอื่นๆเพิ่มเติมได้ดังนี้ คือค่าการขยายตัวของหลอดเลือดที่เกิดจาก FMD ที่มีค่าน้อยกว่า 4.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถวินิจฉัยได้ว่ามีโอกาสที่จะเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ สูงถึง 95 เปอร์เซ็นต์ การขยายตัวของหลอดเลือดหลังการกระตุ้นจะเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.2-0.4 มิลลิเมตร มีความเร็วของการไหลของเลือดเพิ่มขึ้นสูงสุดอยู่ในช่วง 40-140 วินาที โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่วินาทีที่ 80 หลังปล่อยการรัดแขน

จากรายงานต่างๆ ที่ได้กล่าวถึงข้างต้นพบว่า มีความพยายามทำการตรวจวัดไนตริกออกไซด์เพื่อประเมินคุณภาพการทำงานของเอนโดทีเลียลเซลล์ซึ่งถือว่ามีประโยชน์อย่างมากในการวินิจฉัยโรคและประเมินสุขภาพเบื้องต้นได้ดียิ่งขึ้น การกระตุ้นให้มีการหลั่งไนตริกออกไซด์นั้นทำได้หลายวิธี เช่น การกระตุ้นด้วยสารเคมี (อะซิติลโคริน, กลีเซอริลไตรไนเตรท, ซาวบูลทามอล ฯลฯ) การกระตุ้นด้วยการรัดแขน ซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดภัยและทำการกระตุ้นได้ง่าย ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจการกระตุ้นด้วยวิธีการรัดแขนนี้

การเลือกใช้หลักการตรวจวัดทางแสง ซึ่งเป็นระบบตรวจวัดที่มีผลกระทบต่อผู้ถูกตรวจน้อยและไม่มีการรุกล้ำร่างกายผู้ถูกตรวจ จึงทำให้เป็นที่นิยมในการนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดทางการแพทย์ จากรายงานการวิจัยของ H. Trad และคณะ[51] พบว่าไนตริกออกไซด์มีความสามารถในการดูดกลืนแสงในช่วงอัลตราไวโอเลตซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อได้ แต่สารโซเดียมไนโตรโซไทออล ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของไนตริกออกไซด์มีคุณสมบัติสามารถดูดกลืนแสงได้ในช่วงความยาวคลื่น 200-600 นาโมเมตร[21] สามารถอ้างอิงถึงปริมาณของไนตริกออกไซด์ภายในกระแสเลือดได้ ซึ่งจะขอกล่าวถึงรายละเอียดในบทต่อไป

วิทยานิพนธ์นี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะประดิษฐ์อุปกรณ์ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงไนตริกออกไซด์ในเลือดหลังจากการกระตุ้นด้วยการรัดแขนชนิดไม่รุกล้ำ ในอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี โดยจะทำการทดสอบเครื่องมือที่ประดิษฐ์เทียบกับเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสารละลายมาตรฐานด้วยหลักการทางแสง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อประดิษฐ์เครื่องมือตรวจวัดด้วยหลักการทางแสงชนิดไม่รุกล้ำร่างกาย
2. เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับไนตริกออกไซด์หลังจากกระตุ้นด้วยการรัดแขน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ประดิษฐ์เครื่องประเมินไนตริกออกไซด์ด้วยวิธีวัดทางแสง
2. นำเครื่องมือที่ประดิษฐ์ไปประเมินปริมาณไนตริกออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงหลังจากการกระตุ้นด้วยการรัดแขนในอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดกรอง

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. ศึกษาคุณสมบัติของการดูดแสงของสารอนุพันธ์ของไนตริกออกไซด์
2. ออกแบบและพัฒนาเครื่องวัดปริมาณด้วย โฟโตไดโอดช่วงความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสม
3. ทำการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ ด้วยสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ
4. ทำการทดสอบเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นกับอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าทำวิจัย จำนวนอย่างน้อย 20 คน
5. ทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับเครื่องตรวจวัดอัตราการไหลของเลือดทางผิวหนัง
6. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. เทคนิคในการทำเครื่องประเมินไนตริกออกไซด์ด้วยหลักการทางแสงชนิดไม่รุกล้ำร่างกาย
2. เครื่องต้นแบบประเมินไนตริกออกไซด์ ที่จะสามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อประเมินสุขภาพของผู้ป่วยในอนาคต
3. ข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงไนตริกออกไซด์ในคนปกติที่ถูกกระตุ้นด้วยการรัดแขน

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีพื้นฐาน

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดด้วยหลักการทางแสง ที่จะนำมาใช้ในประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับของไนตริกออกไซด์แบบไม่รุกล้ำร่างกาย โดยส่วนแรกจะกล่าวถึงกลไกการสร้างและการออกฤทธิ์ของไนตริกออกไซด์ที่มีผลต่อการขยายตัวของหลอดเลือด ส่วนที่สองจะกล่าวถึง หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดด้วยหลักการทางแสง

2.1 ไนตริกออกไซด์

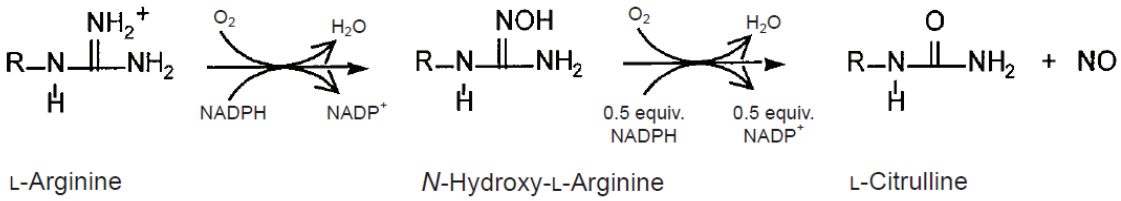
ไนตริกออกไซด์ หรือไนโตรเจนโมโนออกไซด์ (Nitrogen monooxide) ในทางอุตสาหกรรมเกิดจากปฏิกิริยาการผลิตกรด เป็นก๊าซพิษที่พบได้ในแหล่งอุตสาหกรรมใหญ่ และเป็นอันตรายต่อร่างกายถ้าได้รับในปริมาณสูง

ไนตริกออกไซด์ในทางการแพทย์ถูกเรียกว่า endothelium-derived relaxing factor หรือ EDRF [8] ซึ่งทำหน้าที่ต่างๆในร่างกายหลายหน้าที่[6,9-13] เช่น ทำหน้าที่ในการควบคุมการขยายตัวของหลอดเลือด(Vasodilatation) ยับยั้งการจับตัวกันของเกล็ด ทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) และทำหน้าที่เป็นสารกำจัดสิ่งแปลกปลอมในเม็ดเลือดขาว (immunity) เป็นต้น

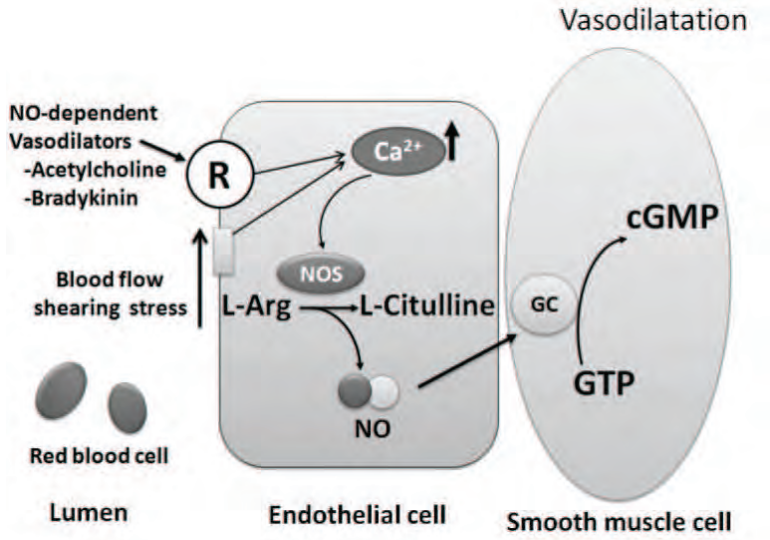
ไนตริกออกไซด์ถูกผลิตขึ้นได้จากเซลล์หลายชนิด สำหรับงานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาไนตริกออกไซด์ที่ถูกผลิตขึ้นโดยเซลล์บุผนังหลอดเลือด (endrothelial cell) โดยเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ซินเทส (Nitric oxide synthase)[14,15] ที่อยู่ภายในเอนโดทีเลียม โดยมีออกซิเจน และ NADPH เป็นโคเฟกเตอร์ ไนตริกออกไซด์ซินเทสจะถูกกระตุ้น ด้วยปัจจัยหลายอย่าง เช่น

- โดยกลุ่มสารเคมี ที่เรียกว่า “Vasodilators”[16] ได้แก่ อะซิติลโครีน แบรดดีไคนิน ฮีสตามิน Vasoactive intestinal peptide (VIP) และ Substance P เป็นต้น
- โดยแรงกระทำต่อผนังเซลล์ เช่น แรงจากการไหลของเลือด (Shears stress)
- โดยสภาวะร่างกายขาดออกซิเจน (hypoxia) เช่น ในขณะการออกกำลังกาย หรือหลอดเลือดถูกปิดกั้น

เมื่อเอนไซม์ถูกกระตุ้น เอนไซม์จะทำการเปลี่ยนสารตั้งต้น คือ กรดอะมิโนชนิด L-aginine ให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็น L-Citruline และ ไนตริกออกไซด์ แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การทำงานของเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ซินเทส เพื่อผลิตไนตริกออกไซด์ [17]



รูปที่ 2.2 การทำงานของไนตริกออกไซด์ในหลอดเลือด เพื่อทำให้หลอดเลือดขยายตัว[17]

เมื่อไนตริกออกไซด์ถูกผลิตขึ้นมาแล้วก็จะแพร่กระจายออกไปรอบเซลล์ที่ผลิต มีทั้งแพร่ไปที่ภายในหลอดเลือด และแพร่ไปที่กล้ามเนื้อเรียบ(smooth Muscle) ที่ผนังหลอดเลือด ไนตริกออกไซด์จะไปกระตุ้นให้เอนไซม์ Guanylyl cyclase (GC) ที่อยู่ในกล้ามเนื้อเรียบทำงานและเปลี่ยน Guanosine triphosphate (GTP) ให้เป็น Guanosine 3',5' -cyclic monophosphate (cGMP) ซึ่งจะเข้าสู่กระบวนการแลกเปลี่ยนแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ทำให้กล้ามเนื้อเรียบคลายตัว (Relaxation) และส่งผลให้หลอดเลือดนั้นขยายตัว แสดงดังรูปที่ 2.2 พบว่ากระบวนการดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในร่างการเพื่อควบคุมปริมาณเลือดที่ไหลไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆในร่างกายอย่างเหมาะสม

2.2 **ไนตริกออกไซด์ซินเทส** (Nitric oxide synthase, NOS)

ไนตริกออกไซด์ซินเทส เป็นเอนไซม์ที่พบได้ในเซลล์หลายชนิด สามารถแบ่งไนตริกออกไซด์ซินเทสได้ 3 ชนิด ตามแหล่งที่พบได้แก่ neuronal NOS, inducible NOS, endothelial NOS ซึ่งในแต่ละชนิดของโปรตีนเอ็นไซม์นี้ มีโครงสร้างที่แตกต่างกัน และมีตำแหน่งที่พบแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1 [18] ซึ่งในงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับไนตริกออกไซด์ที่สร้างจาก endothelial NOS ซึ่งทำหน้าที่ในการขยายตัวของหลอดเลือด

ตารางที่ 2.1 ชนิดของไนตริกออกไซด์ซินเทสแต่ละชนิด หน้าที่ของเอนไซม์ และหน้าที่ของไนตริกออกไซด์ ในแต่ละตำแหน่งของการผลิต

ชื่อ	คำอธิบาย
neuronal NOS (nNOS or NOS1)	พบได้ที่เซลล์ประสาท ทั้งระบบประสาทส่วนกลาง และประสาทส่วนปลาย เอนไซม์ตัวนี้ผลิตไนตริกออกไซด์ที่ทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท
inducible NOS (iNOS or NOS2)	พบเอนไซม์นี้ได้ที่ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย เช่น Macrophages ซึ่งไนตริกออกไซด์ที่ผลิตขึ้นจะทำหน้าที่ในการป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่เป็นอันตรายที่เข้าสู่ร่างกาย
endothelial NOS (eNOS or NOS3 or constitutive / cNOS)	พบได้ในเซลล์บุผนังหลอดเลือด ทำหน้าที่ผลิตไนตริกออกไซด์ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของหลอดเลือด

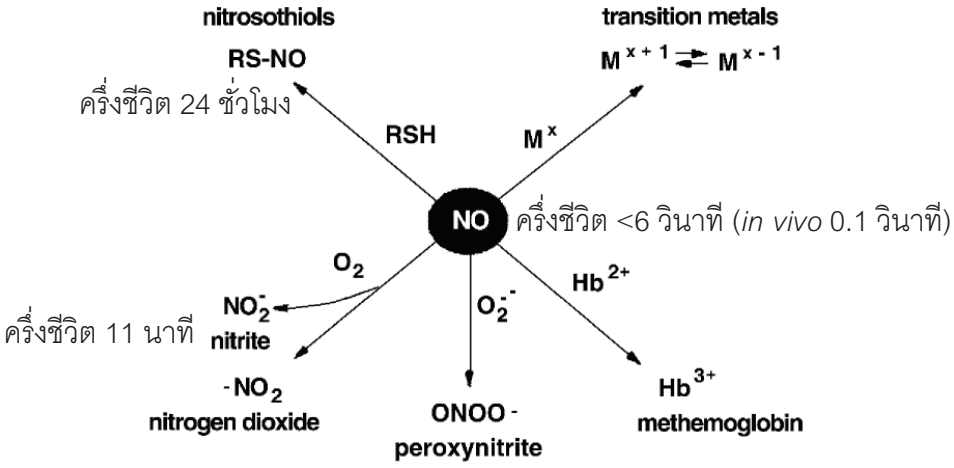
2.3. **สภาวะเอนโดทีเลียมทำงานผิดปกติ** (Endothelial dysfunction)

เอนโดทีเลียม มีหน้าที่ในการหลั่งสารต่างๆที่ควบคุมการทำงานของร่างกาย เพื่อให้ร่างกายอยู่ในสภาวะที่สมดุล เช่น ควบคุมขนาดของหลอดเลือด ยับยั้งเกล็ดเลือดจับตัวกัน และสลายลิ่มเลือด เป็นต้น มีรายงานว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดสภาวะเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดทำงานผิดปกติ [3, 19] นั้นมีสาเหตุที่สำคัญคือ เกิดจากสารออกซิเจนอนุมูลอิสระในเลือด (oxygen species) ทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับไนตริกออกไซด์ เกิดเป็นสาร peroxynitrite($ONOO^-$) และ hydrogen peroxide(H_2O_2) ก่อให้เกิดผลโดยตรงคือ การลดลงของไนตริกออกไซด์ ที่จะไปออกฤทธิ์บริเวณกล้ามเนื้อเรียบ รวมทั้ง

สารอนุมูลอิสระยังมีผลต่อการลดลงของโคแฟกเตอร์ที่สำคัญภายในเซลล์ (NADPH depletion) ทำให้การทำงานของเอ็นไซม์ endothelial NOS ลดลง ส่งผลให้การสร้างไนตริกออกไซด์ลดลง และส่งผลให้การทำงานของหลอดเลือดผิดปกติไป

2.4 การคัดเลือกสารอนุพันธ์ไนตริกออกไซด์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในตรวจวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์

ไนตริกออกไซด์จะมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วในสภาวะที่อยู่ในร่างกาย และจะเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปของสารที่มีความเสถียรมากกว่า เช่น ไนไตรท(Nitrite), ไนเตรท(Nitrate),ซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล(S-nitrosothiols) เป็นต้น การตรวจวัดสารต่างๆเหล่านี้เป็นการตรวจวัดไนตริกออกไซด์โดยอ้อม (Indirect methods) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ความถูกต้องในการประเมินปริมาณของไนตริกออกไซด์ได้ดี การเปลี่ยนรูปของไนตริกออกไซด์เพื่อความเสถียรของโมเลกุลมากขึ้นนั้น เปลี่ยนแปลงได้หลายรูปแบบ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การทำปฏิกิริยาของไนตริกออกไซด์ กับสารต่างๆที่อยู่ในระบบชีวภาพ [20]

สารอนุพันธ์ของไนตริกออกไซด์ ที่นิยมตรวจวัดวัดเพื่อบ่งชี้ถึงปริมาณของไนตริกออกไซด์ในกระแสเลือด ได้แก่ ไนไตรท และไนเตรท เพราะถือว่ามีปริมาณในระดับสูงเมื่อเทียบกับสารอนุพันธ์ของไนตริกออกไซด์ชนิดอื่น เป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณไนตริกออกไซด์ในกระแสเลือดได้ดี วิธีที่ใช้ในการตรวจวัดไนไตรทและไนเตรทที่นิยมคือ ตรวจวัดวัดด้วยวิธี Griess reation [34-38] ซึ่ง D. Tsikas และคณะ[57] ได้รวบรวมผลการตรวจปริมาณของไนไตรทและไนเตรทที่ตรวจในเลือดของผู้ที่มีสุขภาพปกติจาก

หลายงานวิจัยพบว่า ไนเตรทที่ตรวจวัดได้มีค่าตั้งแต่ 4-49 ไมโครโมลาร์ ไนไตรทมีค่าค่าตั้งแต่ 0.1-9 ไมโครโมลาร์ ส่วนซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล มีค่าตั้งแต่ 0.015-7 ไมโครโมลาร์ และเมื่อเปรียบเทียบอัตราความเข้มข้นระหว่างไนไตรทและไนเตรทกับซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ได้ค่าดังนี้ ไนเตรทต่อไนโตรโซไทออลเท่ากับ 30 และไนไตรทต่อซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลเท่ากับ 3 ซึ่งค่าอัตราส่วนดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงจากไนตริกออกไซด์เป็นสารอนุพันธ์ที่มีความเสถียรมากกว่านั้นพบว่า มีปริมาณที่แตกต่างกันโดยเรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ไนเตรท ไนไตรท ซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล แต่เมื่อพิจารณาจากค่าครึ่งชีวิตพบว่า นอกจากนั้นไนไตรทและไนเตรทยังไม่มีรายงานว่ามีการดูดกลืนแสงในช่วงใดบ้าง ดังนั้นสารอนุพันธ์ที่น่าสนใจที่จะนำมาตรวจวัดเพื่อชี้ถึงปริมาณไนตริกออกไซด์ในกระแสเลือดคือ ซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลมีค่าประมาณ 24 ชั่วโมง ส่วนไนไตรทและไนเตรทมีค่าประมาณ 11-13 นาที นอกจากนั้นไนไตรทและไนเตรทยังไม่มีรายงานว่ามีการดูดกลืนแสงในช่วงใดบ้าง ดังนั้นสารอนุพันธ์ที่น่าสนใจที่จะนำมาตรวจวัดเพื่อบ่งชี้ถึงปริมาณไนตริกออกไซด์ในกระแสเลือดด้วยหลักการการดูดกลืนแสงชนิดไม่รุกล้ำร่างกายมากที่สุดคือ ซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล

2.5 **ซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล** (*S*-nitrosothiols, RSNOs)

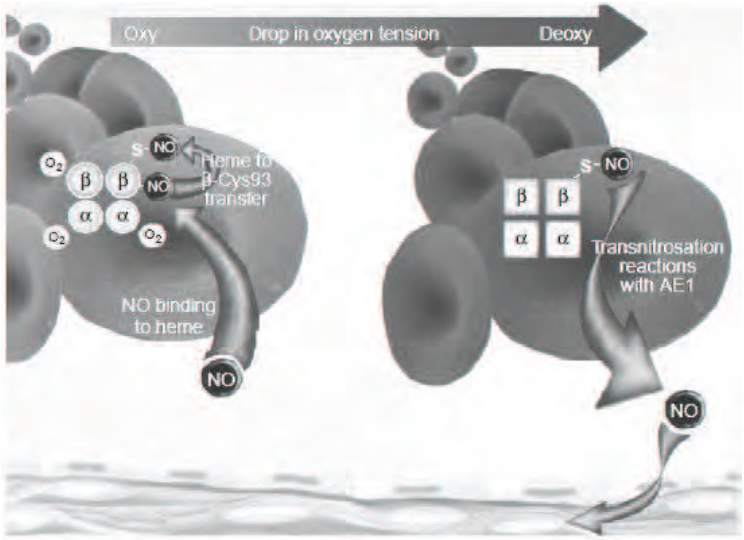
ซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล คือ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาของไนตริกออกไซด์ กับกลุ่มโปรตีน หรือกลุ่มไทออลน้ำหนักโมเลกุลต่ำ[21,22] ซึ่งผลิตภัณฑ์ตัวนี้จะมีความเสถียรมากกว่าไนตริกออกไซด์ แสดงปฏิกิริยาการเกิดซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลได้ดังสมการ 2.0 จากสมการแสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างไนตริกออกไซด์และไทออลนั้นเกิดขึ้นในแบบ 1:1 ทำให้การตรวจวัดซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลที่เพิ่มขึ้นสามารถบ่งชี้ถึงปริมาณของไนตริกออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นได้

$$RS\cdot + NO\cdot \longrightarrow RS\text{-}NO \qquad (2.0)$$

กลุ่มโปรตีน ได้แก่ อัลบูมิน (Albumin), $P21^{ras}$, Glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase, และฮีโมโกลบินกลุ่มไทออลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ได้แก่ ซีสเตอีน(Cysteine) และ กลูตาไทโอน (Glutathione) เราสามารถพบการทำปฏิกิริยาดังกล่าวนี้ได้ในระบบไหลเวียนเลือดในร่างกาย ไนตริกออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับอัลบูมิน อย่างรวดเร็ว ในโมเลกุลของอัลบูมิน นั้นมีหมู่อิสระของซัลไฟร์ ในพลาสมาปริมาณของอัลบูมิน มีความเข้มข้นสูงประมาณ 0.5 มิลลิโมลาร์ จึงส่งผลให้อัลบูมิน เป็นตัวที่ทำปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์ได้มาก อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ของไนตริกออกไซด์กับอัลบูมิน(*S*-nitroso-albumin) นั้นจะไม่คงตัว มีครึ่งชีวิตประมาณ 24 ชั่วโมง และจะปลดปล่อยไนตริกออกไซด์

ออกมาเพื่อกลับไปอยู่ในรูปอัลบูมินอีกครั้งซึ่งมีความคงตัวมากกว่า ความเข้มข้นของไนตริกออกไซด์ในพลาสมามีค่าประมาณ 4 นาโนโมลาร์ และความเข้มข้นของ *S*-nitroso-albumin มีค่าประมาณ 5 ไมโครโมลาร์ ซึ่งถือว่ามีค่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรโซไทออลทั้งหมดในพลาสมา ปริมาณของ *S*-nitroso-albumin ในพลาสมานั้นสามารถส่งผลให้เกิดกระบวนการต่างๆ เช่น การคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบ ทำให้หลอดเลือดขยายตัว ความดันเลือดของหลอดเลือดแดงลดลง ยับยั้งการจับตัวของเกล็ดเลือด มีรายงานว่าหากเกิดภาวะเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ซินเทสถูกยับยั้ง จะส่งผลให้ปริมาณของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลในพลาสมาลดลง ซึ่งจะทำให้เกิดหลอดเลือดเกิดการหดตัว ความดันเลือดของหลอดเลือดแดงสูง แสดงให้เห็นว่าปริมาณของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ในพลาสมานั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ซินเทสแต่ *S*-nitroso-albumin ไม่ได้เป็นตัวควบคุมการทำงานของไนตริกออกไซด์เพียงตัวเดียว การกักเก็บและขนส่งไนตริกออกไซด์ให้กับเซลล์ของ *S*-nitroso-albumin นั้น สามารถขนส่งไนตริกออกไซด์ให้กับเนื้อเยื่อเป้าหมายได้ แต่ถ้าเป็นกลุ่มโปรตีนโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น อัลบลูมิน จะยังไม่สามารถส่งไนตริกออกไซด์ไปยังเนื้อเยื่อได้ทันที จะต้องทำปฏิกิริยากับเหล็กที่อยู่ในฮีโมโกลบินก่อนจึงจะส่งไนตริกออกไซด์ต่อให้เนื้อเยื่อได้ แต่ถ้าหากเป็นกลุ่มโปรตีนโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น ซีสเตอีน หรือ กลูตาไทโอน สามารถที่จะส่งไนตริกออกไซด์ที่เก็บอยู่ให้กับเนื้อเยื่อเป้าหมายได้โดยตรง นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่า *S*-Nitrosocysteine (CysNO) และ *S*-Nitrosoglutathione (GSNO) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล สามารถตรวจวัดความเข้มข้นในพลาสมาได้ประมาณ 0.3 และ 0.1 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ

กลุ่มโปรตีนชนิดอื่นๆที่สามารถจับและขนส่งไนตริกออกไซด์ได้ในเลือดคือฮีโมโกลบินซึ่งเมื่อรวมตัวกันแล้วจะอยู่ในรูป *S*-nitroso-hemoglobin และมีความเข้มข้นตามที่รายงาน ไว้ประมาณ 0.3 ไมโครโมลาร์ในหลอดเลือดแดง และ 0.03 ไมโครโมลาร์ในหลอดเลือดดำ การจับตัวของไนตริกออกไซด์กับฮีโมโกลบิน ถ้าอยู่ในรูปของ ออกซี-ฮีโมโกลบิน(Oxy-hemoglobin) ไนตริกออกไซด์จะจับอยู่ที่ตำแหน่ง Cysteine-β93 ก่อนแล้วจึงจะเปลี่ยนรูปเป็น *S*-nitroso-hemoglobin ถ้าอยู่ในรูปของ ดีออกซี-ฮีโมโกลบิน(Deoxy-hemoblobin) จะอยู่ในรูป *S*-nitroso-hemoglobin และสามารถที่ปล่อยไนตริกออกไซด์ให้กับเนื้อเยื่อเป้าหมายได้ทันที แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเข้าจับออกซี-ฮีโมโกลบิน และการถูกปลดปล่อยออกจากดีออกซี-ฮีโมโกลบิน ของไนตริกออกไซด์ [21]

ปริมาณของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลในร่างกายในสภาวะปกติมีค่าประมาณ 6 ไมโครโมลาร์ เมื่อมีการกระตุ้นให้หลั่งไนตริกออกไซด์ พบว่าปริมาณของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลในกระแสเลือดมีค่าเพิ่มขึ้นกว่า 100 เท่า ทำให้ปริมาณของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลในสภาวะที่ทำการกระตุ้นอาจมีค่าสูงถึง 0.6 มิลลิโมลาร์ ดังนั้นในในงานวิจัยนี้จึงทำเครื่องมือตรวจวัดที่สามารถตรวจวัดซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลที่มีความเข้มข้น 0.6 มิลลิโมลาร์ โดยเลือกช่วงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเท่ากับ 0.125-1.000 มิลลิโมลาร์

2.6 หลักการตรวจวัดทางแสง

การดูดกลืนแสง คือกระบวนการที่ตัวกลางดูดกลืนพลังงานจากแสงที่เดินทางเข้ามาสู่ตัวกลางนั้น ในกระบวนการดูดกลืนแสง ระดับพลังงาน (Energy level) เป็นหลักสำคัญของทฤษฎีควอนตัม การเลื่อนระดับพลังงานงาน (Transition) ของอะตอมหรือโมเลกุลจากระดับต่ำไปยังระดับที่สูงกว่าอะตอมต้องดูดกลืน พลังงานที่มีค่าสูงกว่าหรือเท่ากับผลต่างของพลังงาน (ΔE) ระหว่างระดับชั้น [23, 24] โดยที่

$$\Delta E = h\nu \qquad (2.1)$$

ส่วนการลดระดับพลังงานจากระดับที่มีพลังงานสูงมาสู่ระดับที่มีพลังงานต่ำ อะตอมจะมีการปล่อยพลังงานออกมาเท่ากับผลต่างของพลังงาน (ΔE) ระหว่างระดับชั้น โดยที่พลังงานที่ปล่อยออกมา อาจอยู่ในรูปของความร้อนขึ้นที่ตัวกลาง หรืออยู่ในรูปของแสง เรียกว่า Emission สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (Absorption coefficient, μ_a) เป็นค่าที่แสดงถึงระดับ ความสามารถของตัวกลางที่จะดูดกลืนแสง ซึ่งแปรผกผันกับระยะทางเฉลี่ยที่แสงเดินทางในตัวกลางก่อนที่จะถูกดูดกลืน(l_a) ดังนี้

$$\mu_a = \frac{1}{l_a} \tag{2.2}$$

สำหรับตัวกลางที่มีองค์ประกอบที่สามารถดูดกลืนแสง และเป็นตัวกลางที่ไม่ก่อให้เกิด การกระเจิงของแสง(Non-scattering medium) ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธ์การดูดกลืนแสงและปริมาณ ความเข้ม (Intensity) ของแสงที่เดินทางผ่านตัวกลาง ก็คือ

$$dI = -\mu_a I dZ \tag{2.3}$$

โดยที่ dI แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่เดินทางเข้าผ่านตัวกลางที่มี สัมประสิทธิ์การดูดกลืน μ_a ในระยะทาง dZ การอินทิเกรตสมการที่ 2.3 ตลอดช่วงความหนา Z ของตัวกลาง จะทำให้ได้ Beer –Lambert Law ดังนี้

$$I = I_0 \exp(-\mu_a \cdot Z) \tag{2.4}$$

เมื่อ I_0 แทนปริมาณความเข้มของแสงที่เดินทางเข้าสู่ตัวกลาง (Incident intensity) และ I แทนปริมาณความเข้มของแสงที่เดินทางทะลุผ่านตัวกลาง(Transmitted intensity) ส่วน Z เป็นความหนาของ ตัวกลาง ซึ่งแสดงถึงระยะทางที่แสงเดินทางผ่านตัวกลาง Beer –Lambert Law สามารถเขียนได้อีกรูปหนึ่ง ได้แก่

$$I = I_0 \exp(-\varepsilon(\lambda) \cdot C \cdot Z) \tag{2.5}$$

เมื่อ $\varepsilon(\lambda)$ คือค่าที่แสดงถึงความสามารถของตัวกลางที่จะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น λ (Molar extension coefficient, ในหน่วย $cm^{-1} \cdot mol^{-1}$ ซึ่งเท่ากับ μ_a/C และ C แทนความเข้มข้นขององค์ประกอบที่ดูดกลืนแสงในตัวกลาง (ในหน่วย mol) เส้นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\varepsilon(\lambda)$

ของตัวกลางกับความยาวคลื่นของแสง เรียกว่า สเปกตรัมของการดูดกลืนแสง (Absorption spectrum) ค่าการส่งผ่านแสง(Transmittance, T) คือ อัตราส่วนของปริมาณความเข้มของแสงที่เดินทางเข้าสู่ตัวกลาง (I_0) กับปริมาณความเข้มของแสงที่เดินทางทะลุผ่านตัวกลางออกมา (I) ดังนี้

$$T = \frac{I}{I_0} \tag{2.6}$$

การลดทอน (Attenuation) ของปริมาณแสงที่เกิดจากการดูดกลืนแสงของตัวกลาง ขึ้นอยู่กับ จำนวนขององค์ประกอบที่ดูดกลืนแสง และระยะทางที่แสงเดินทาง ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance, A) หรือค่าความหนาแน่นแสง (Optical Density, OD) สามารถหาได้จาก

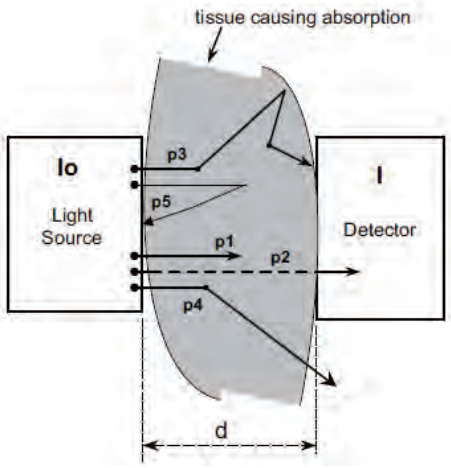
$$A = OD = -\ln T = \ln \frac{I_0}{I} = \varepsilon(\lambda) \cdot C \cdot Z \tag{2.7}$$

ในตัวกลางที่มีองค์ประกอบที่ดูดกลืนแสงหลายชนิด ค่าการดูดกลืนแสงสุทธิจะเท่ากับผลรวม ของค่าการดูดกลืนแสงขององค์ประกอบที่ดูดกลืนแสงแต่ละชนิด ดังนี้

$$A(\lambda) = \varepsilon_1(\lambda) \cdot [C_1] \cdot Z + \varepsilon_2(\lambda) \cdot [C_2] \cdot Z + \cdots + \varepsilon_n(\lambda) \cdot [C_n] \cdot Z$$

$$= \sum_n \varepsilon_{n(\lambda)} \cdot [C_n] \cdot Z \tag{2.8}$$

การแสดงคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของตัวกลางสามารถทำได้โดยการเขียนกราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (A) กับค่าความยาวคลื่น (λ) ของแสง



รูปที่ 2.5 การเดินทางของแสงผ่านตัวกลางที่เป็นเนื้อเยื่อ [25]

การประยุกต์นำหลักการการดูดกลืนแสงมาใช้ในการตรวจวัดผ่านทางเนื้อเยื่อของมนุษย์ เนื่องจากในเนื้อเยื่อและหลอดเลือดประกอบด้วยสารต่างๆหลายชนิดที่อาจทำให้การตรวจวัดมีค่าผิดพลาดดังนั้นการใช้หลักการดังกล่าวมาใช้จึงคิดได้ว่าค่าสัญญาณของการตรวจวัดทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างรัดแขนในช่วงความยาวคลื่นหนึ่งเป็นผลรวมของสัญญาณที่เกิดขึ้นจากเนื้อเยื่อและสารต่างๆภายในร่างกายรวมกัน เมื่อทำการกระตุ้นด้วยการรัดแขนปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปจึงเป็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนตริกออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น การเดินทางของแสงผ่านตัวกลางที่เป็นเนื้อเยื่อ จะพบว่าแสงเกิดทั้งการทะลุผ่านวัตถุ และสะท้อนกลับ ดังนั้นการตรวจวัดวัดแสงจึงสามารถตรวจวัดได้ทั้งสองวิธีนั้นคือ การวัดแบบส่องผ่าน และการตรวจวัดแบบสะท้อน

2.7 การตรวจวัดไนโตรโซไทออลด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ไนตริกออกไซด์ เป็นก๊าซโมเลกุลขนาดเล็กที่มีความสามารถในการแพร่ได้ดี อีกทั้งยังมีช่วงเวลาครึ่งชีวิตที่สั้นมาก (ครึ่งชีวิตในระบบชีวภาพมีค่าน้อยกว่า 6 วินาที) ซึ่งส่งผลให้การตรวจวัดไนตริกออกไซด์ โดยตรงทำได้ค่อนข้างยาก Stephen archer และคณะ[26] ได้เขียนรายงานถึงการตรวจวัดไนตริกออกไซด์ในระบบชีวภาพว่ามีข้อจำกัดและความยากลำบากในการตัวตรวจอย่างไรบ้าง และวิธีที่ใช้ในการตรวจวัดไนตริกออกไซด์ในปัจจุบันมีการตรวจด้วยวิธีต่างๆดังนี้ Bioassay [26], Oxy-hemoglobin assay[27], Electron paramagnetic resonance (EPR)[28,29], Chemiluminescence [30-32], High-performance liquid chromatography(HPLC)[33], Griess reaction[34-38], Microchip capillary electrophoresis[39], Different electrochemical electrodes[40-44], และนอกจากนั้น ยังมีความเป็นไปได้ที่จะตรวจวัดไนตริกออกไซด์จากตัวบ่งชี้ลำดับที่สอง เช่น cGMP ไนไตรท ไนเตรท และซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล เป็นต้น การตรวจวัด ซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลในกระแสเลือดเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถประเมินปริมาณของไนตริกออกไซด์ที่มีอยู่ในกระแสเลือดเลือดได้[45] การตรวจวัดซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลนั้น พบว่ามีการดูดกลืนแสงความยาวคลื่นระหว่าง 200-600 นาโนเมตร [46] ค่าดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ที่ความยาวคลื่น (λ_{max})ประมาณ 330 นาโนเมตร และสามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย RSNOs โดยใช้กฎของ Beer-Lambert ตามสมการที่ 2.8 โดยให้ค่า ε ของสารละลายดังนี้ ค่า ε ของ RSNOs ในน้ำของ GSNO เท่ากับ 0.79 $mM^{-1}\cdot cm^{-1}$, *S*-nitroso-L-cysteine เท่ากับ 0.67 $mM^{-1}\cdot cm^{-1}$, และ *S*-nitroso-N-acetyl-L-cysteine เท่ากับ 0.87 $mM^{-1}\cdot cm^{-1}$

จากข้อมูลข้างต้นจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาวิธีการตรวจวัดไนตริกออกไซด์ ทางอ้อมผ่านทางการตรวจซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลด้วยหลักการทางแสง ที่ความยาวคลื่นในช่วง 200-600 นาโนเมตร ผ่านผิวหนัง และจากนั้นทำการกระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์เพิ่มมากขึ้นโดยการรัดแขน ซึ่งในงานวิจัยของ M. Corretti และคณะ[47] พบว่าการรัดแขนด้วยแรงดันที่มากกว่าแรงดัน systolic pressure เพิ่มขึ้นอีก 50 มิลลิเมตรปรอท จะส่งผลให้เกิดภาวะขาดออกซิเจน และเกิดแรงกระทำต่อเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดเพิ่มมากขึ้น ทำให้ร่างกายต้องปรับสมดุลของการไหลเวียนเลือด โดยการหลั่งไนตริกออกไซด์เพิ่มมากขึ้นเพื่อขยายหลอดเลือดเพิ่มความเร็วในการไหลเวียนเลือด ส่งผลให้เลือดไปยังอวัยวะได้มากยิ่งขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของวัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ สารละลายมาตรฐาน การประดิษฐ์มือตรวจวัดไนตริกออกไซด์ด้วยหลักการทางแสง รวมถึงขั้นตอนการทดลอง วิธีการวัดสารละลายมาตรฐาน รวมถึงการตรวจวัดในอาสาสมัคร

3.1 วัสดุ และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษามีดังต่อไปนี้

3.1.1 สารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล(*S*-nitrosothiols) เตรียมที่ความเข้มข้น 0.0125-1.000 มิลลิโมลาร์ ใช้เป็นสารละลายมาตรฐานในการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้น โดยเทียบกับเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์

3.1.2 สารละลายซิเตรทบัฟเฟอร์ (Citrate buffer) pH 2.0 ใช้ในการเตรียมสารละลายไทออลเพื่อใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลลาร์

3.1.3 สารละลายซิสทีมิน (Cysteamine hydrochloride, Sigma-Aldrich Co, USA) ใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล โดยเตรียมที่ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายซิเตรทบัฟเฟอร์

3.1.4 สารละลายโซเดียมไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxside, Sigma-Aldrich Co,USA) ใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล เตรียมที่ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ในน้ำเกลือ 0.85 เปอร์เซ็นต์

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis Spectrophotometer; UV-3101PC, Shimadzu, Japan) ใช้ตรวจวัดการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครื่องมือตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น

3.2.2 เครื่องวัดความดันเลือดแบบอัตโนมัติ (Omron Sem-2, Omron, USA) ใช้วัดความดันของผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าร่วมทำวิจัย

3.2.3 เครื่องวัดความดันเลือดชนิดปรอท (Sphygmomanometric) ใช้เพื่อรัดแขนให้เกิดภาวะการขาดเลือดไปเลี้ยงที่แขนส่วนล่าง จึงกระตุ้นให้เอนโดทีเลียลเซลล์สร้างไนตริกออกไซด์ ให้เพิ่มมากขึ้น

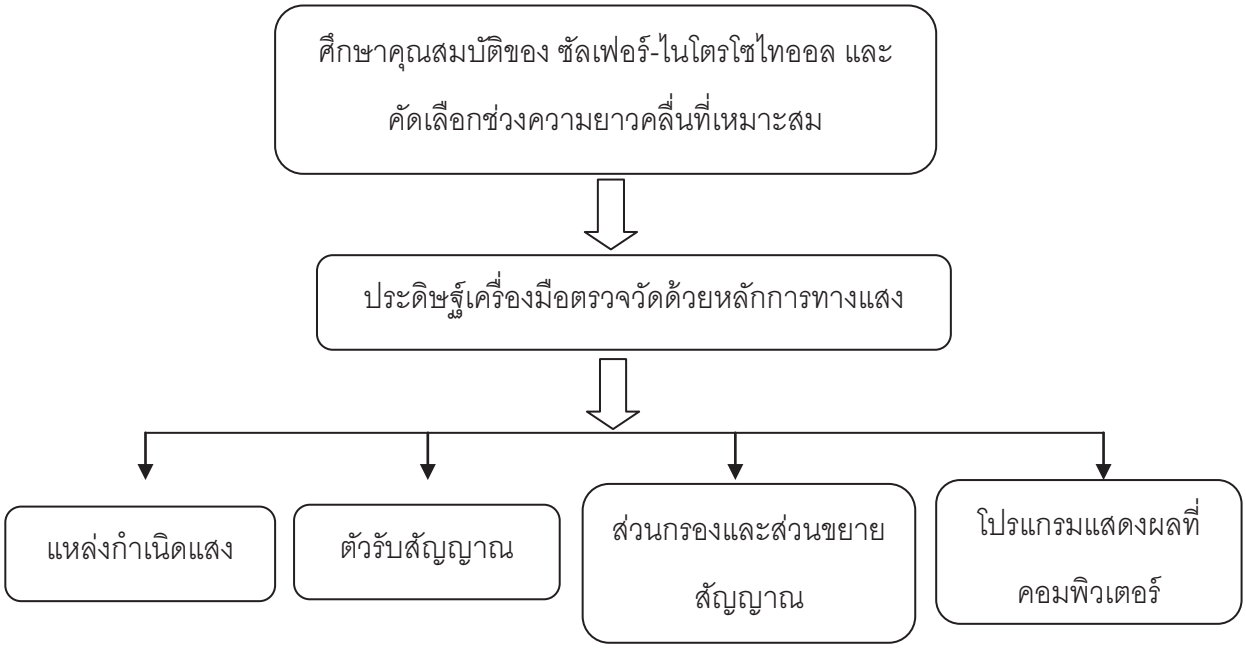
3.2.4 เครื่องตรวจวัดอัตราการไหลผ่านของเลือด (PeriFlux System 5000, PERIMED AB, Sweden) ใช้ในการตรวจวัดอัตราการไหลผ่านของเลือดทางผิวหนัง เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลกับเครื่องมือตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

โดยแบ่งการทดลอง ออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ 1) การประดิษฐ์เครื่อง 2) การทดสอบเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นในห้องปฏิบัติการ และ 3) การทดสอบเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นในอาสาสมัคร

3.3.1 การประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์ด้วยหลักการทางแสง

มีขั้นตอนทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังแสดงในแผนผังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์ด้วยหลักการทางแสง

การเตรียมสารซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล [46]

การเตรียมสารละลายด้วยวิธีที่จะกล่าวต่อไปนี้จะได้สารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ และสามารถนำสารละลายที่ได้ ไปปรับเปลี่ยนความเข้มข้นตามที่ต้องการได้

ก. เตรียมสารละลายไทออล (Cysteamine hydrochloride) ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ในสารละลาย 1 มิลลิโมลาร์ citrate buffer pH 2.0 (A)

ข. เตรียมสารละลายโซเดียมไนโตรเจนไดออกไซด์ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ในน้ำเกลือ (B)

ค. นำสารละลาย A และ B ปริมาณ 250 ไมโครลิตร ลงใน citrate buffer pH 2.0 ปริมาณ 4.5 มิลลิลิตร

ง. เจือจางให้ได้ความเข้มข้นหลายชุด ที่ความเข้มข้นต่างกัน 0.0125-1.000 มิลลิโมลาร์

การตรวจสารซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์

ก. นำสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล สารละลายไทออล และโซเดียมไนไตรเจนไดออกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ นำไปตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 300-600 นาโนเมตร

ข. นำสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ที่มีความเข้มข้น 0.0125-1.000 มิลลิโมลาร์ นำไปตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 300-600 นาโนเมตร

ระยะของการพัฒนา การประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์

ในการประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์ด้วยหลักการทางแสงได้ทำการคัดเลือกช่วงแสงที่เหมาะสมตามผลการทดลองหัวข้อ 3.3.1 ซึ่งแสดงในหัวข้อที่ 4.1.1 และการประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์ มีการพัฒนาหลายครั้งจนสามารถใช้งานได้ดี โดยให้หัวข้อนี้จึงแบ่งการประดิษฐ์และพัฒนาเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นเป็นขั้นตอนของการพัฒนา 4 ครั้ง คือ

3.3.1.1 การพัฒนาครั้งที่ 1 การประดิษฐ์ที่ใช้แหล่งกำเนิดแสงความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร

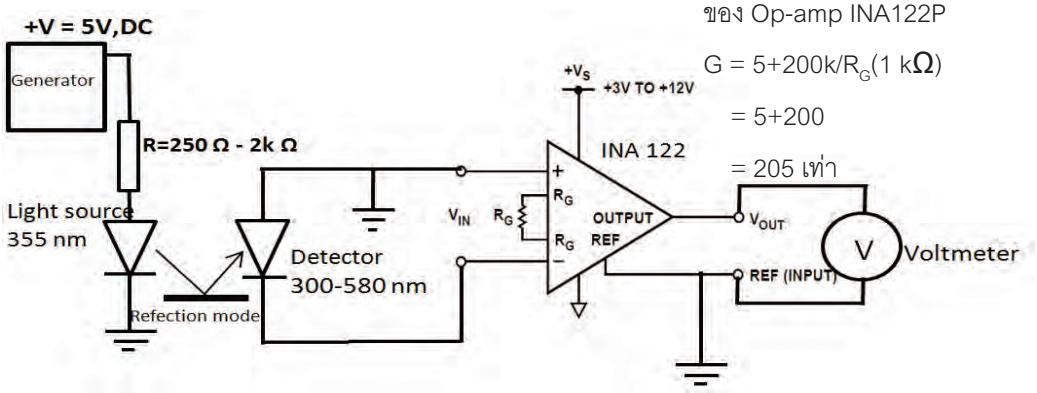
จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าซัลเฟอร์ไนโตรโซลไทออลมีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นแสง 334 นาโนเมตร (ดูผลการทดลองที่หัวข้อ 4.1.1) จึงได้พยายามใช้หลอดไดโอดที่เปล่งแสงในช่วงที่มีความใกล้เคียงกับความยาวคลื่นนั้นมากที่สุด ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้หลอดไดโอดที่เปล่งแสงความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร (NS355L-5RLO, ROITHNER LASSERTECHNIK, AUSTRIA) ทำงานร่วมกับตัววัดแสง 300-580 นาโนเมตร(G5645-Photodiode, HAMAMATSU, JAPAN) และตัวขยายสัญญาณกำลังขยาย 205 เท่า (INA122P) แสดงวงจรการทำงานของระบบได้ดังรูปที่ 3.2

สูตรคำนวณกำลังขยายสัญญาณของ Op-amp INA122P

$G = 5+200k/R_G(1\ k\Omega)$

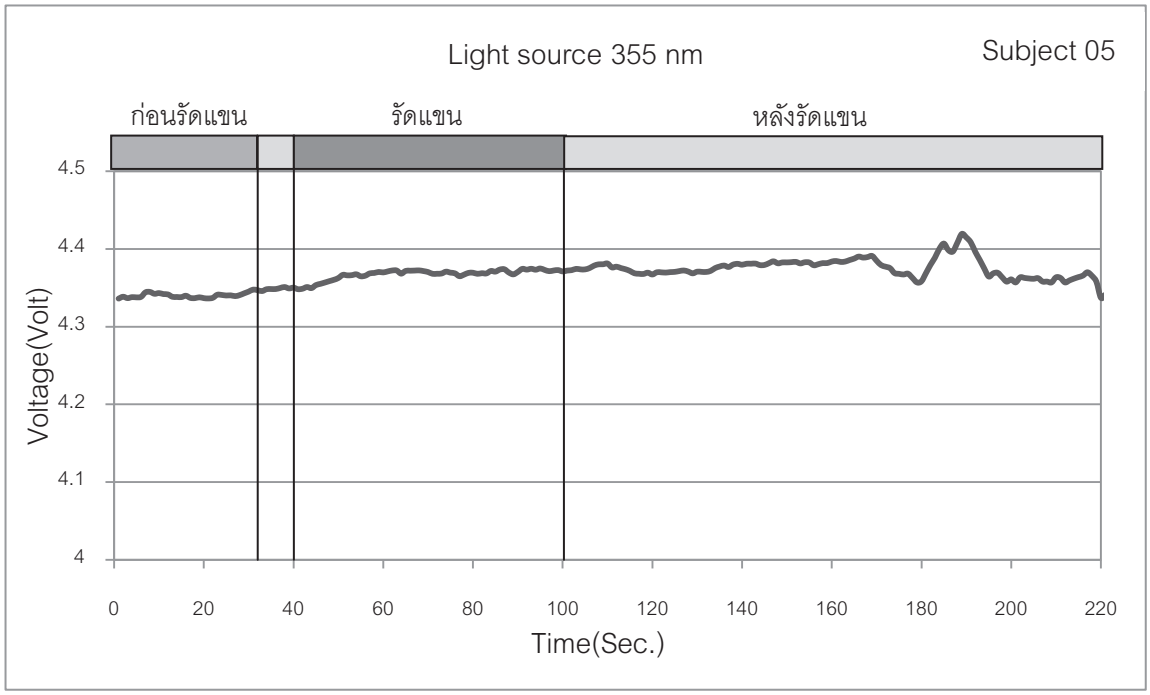
$= 5+200$

= 205 เท่า



รูปที่ 3.2 วงจรของเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้แหล่งกำเนิดแสงความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร

เมื่อทำการตรวจวัดในอาสาสมัคร เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์หลังจากกระตุ้นด้วยการรัดต้นแขน โดยทำการเก็บค่าเริ่มต้น 30 วินาที รัดแขนนาน 60 วินาที และหลังรัดแขนนาน 120 วินาที ตัวอย่างผลการทดสอบในอาสาสมัครแสดงดังรูป 3.3



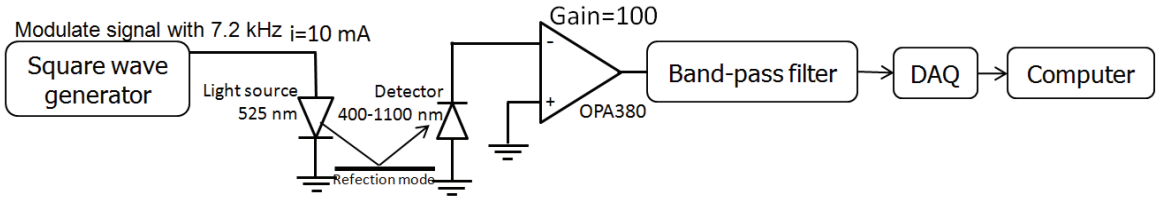
รูปที่ 3.3 ผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์หลังจากการกระตุ้นด้วยการรัดแขนในอาสาสมัครของเครื่องตรวจวัดที่ใช้แหล่งกำเนิดแสง 355 นาโนเมตร

จากผลการทดลองพบว่าสัญญาณที่ตรวจวัดได้หลังมีการกระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ด้วยการรัดแขนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แม้จะมีการเพิ่มอัตราการขยายสัญญาณที่ตรวจวัดเพิ่มขึ้นสูงถึง 205 เท่า ซึ่งสามารถอธิปรายได้ดังนี้คือ แสงในช่วงอัลตราไวโอเลตจะถูกดูดกลืนด้วยเนื้อเยื่อและผิวหนังของมนุษย์ได้ดี ทำให้ไม่สามารถสะท้อนแสงกลับมาได้ จึงทำให้การทดลองตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงไนตริกออกไซด์ในอาสาสมัครได้ผลไม่ดี ซึ่งในการพัฒนาในครั้งต่อไปจึงมีการเลือกใช้แสงในช่วงที่สองของการดูดกลืนแสงของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลคือ 500-600 นาโนเมตร ในการพัฒนาเครื่องมือตรวจวัด

3.3.3.2 การพัฒนาครั้งที่ 2 การประดิษฐ์ที่ใช้แหล่งกำเนิดแสงความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร

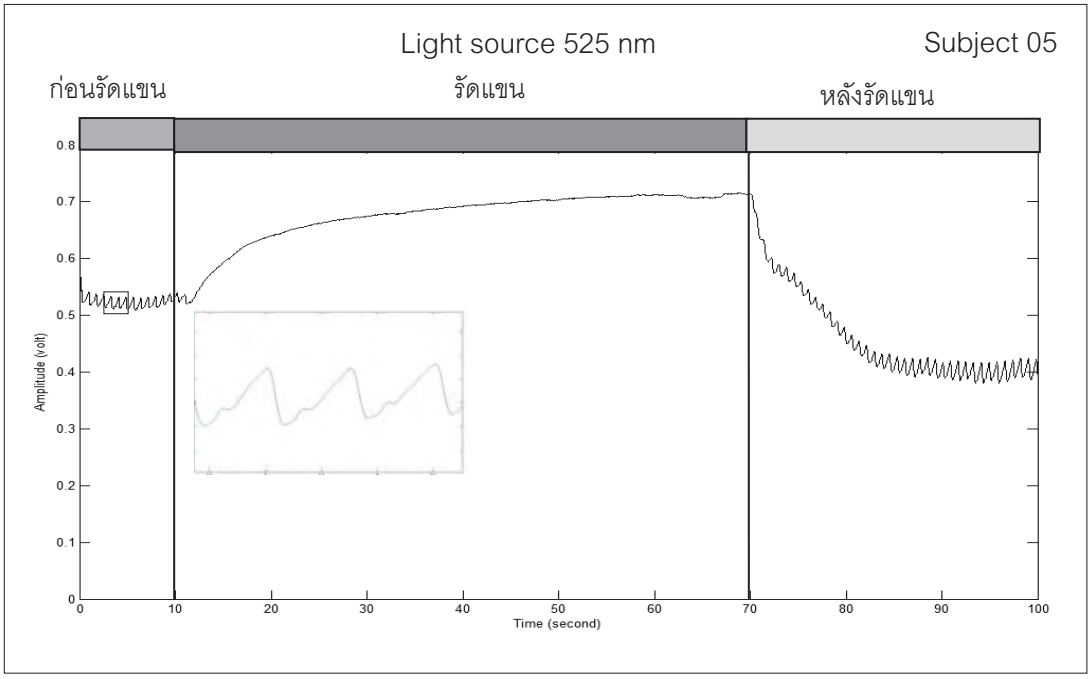
ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์ของแหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร โดยใช้หลอดไดโอดที่เปล่งแสง

ความยาวคลื่นที่ 525 นาโนเมตร (MOLD LED LAMP L525 V, Marubeni, USA) และมีตัววัดแสงที่ความยาวคลื่น 400-1100 นาโนเมตร ใช้การขยายสัญญาณ 100 เท่าด้วย Op-amp OPA380 โดยมีเครื่องกำเนิดสัญญาณที่ใช้ความถี่ 7.2 กิโลเฮิร์ต เพื่อกระพริบหลอดหลอดไดโอด ในส่วนของระบบกรองสัญญาณได้ใช้ระบบ Data Acquisition Toolbox (DAQ) ที่ทำงานร่วมกับโปรแกรม MATLAB ซึ่งเป็นระบบบันทึกสัญญาณที่พัฒนาโดย ผศ.ธีระ ลีอุดมวงษ์ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แสดงวงจรการทำงานในภาพที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรการทำงานของเครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงไนตริกออกไซด์ที่ใช้แหล่งกำเนิดแสง 525 นาโนเมตร

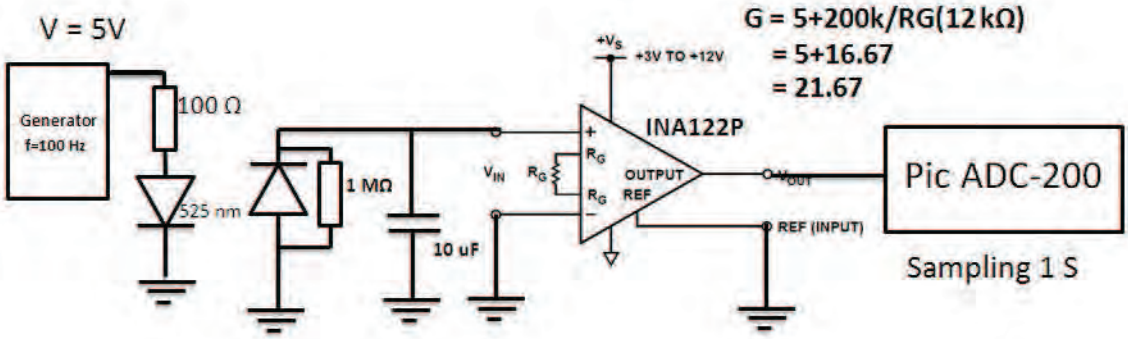
ผลการทดสอบเมื่อทำการตรวจวัดในอาสาสมัคร เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์หลังจากกระตุ้นด้วยการรัดต้นแขน โดยเก็บค่าเริ่มต้น 10 วินาที รัดแขนนาน 60 วินาที และหลังการรัดแขนนาน 30 วินาที ได้ผลแสดงดังรูป 3.5 พบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยเมื่อมีการรัดแขนพบว่าสัญญาณที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าลดลงเมื่อมีการปล่อยแขน นอกจากนั้นยังสามารถมองเห็นสัญญาณชีพจรในสัญญาณที่ตรวจวัดได้อีกด้วย จากข้อมูลดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้ แสงที่มีความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร สามารถตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์หลังจากมีการกระตุ้นด้วยการรัดแขนได้ แม้ว่าระบบดังกล่าวนี้จะให้ผลการทดลองเบื้องต้นเป็นที่น่าพอใจ แต่ในระบบนี้ยังมีข้อเสียหลายอย่าง เช่น อุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดใหญ่ทำให้เคลื่อนย้ายลำบาก ระบบมีความยุ่งยากต้องทำหลายขั้นตอนจึงจะแสดงผลข้อมูลได้ จึงนำไปสู่การพัฒนาเครื่องตรวจวัดที่มีขนาดเล็ก และแสดงข้อมูลได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น



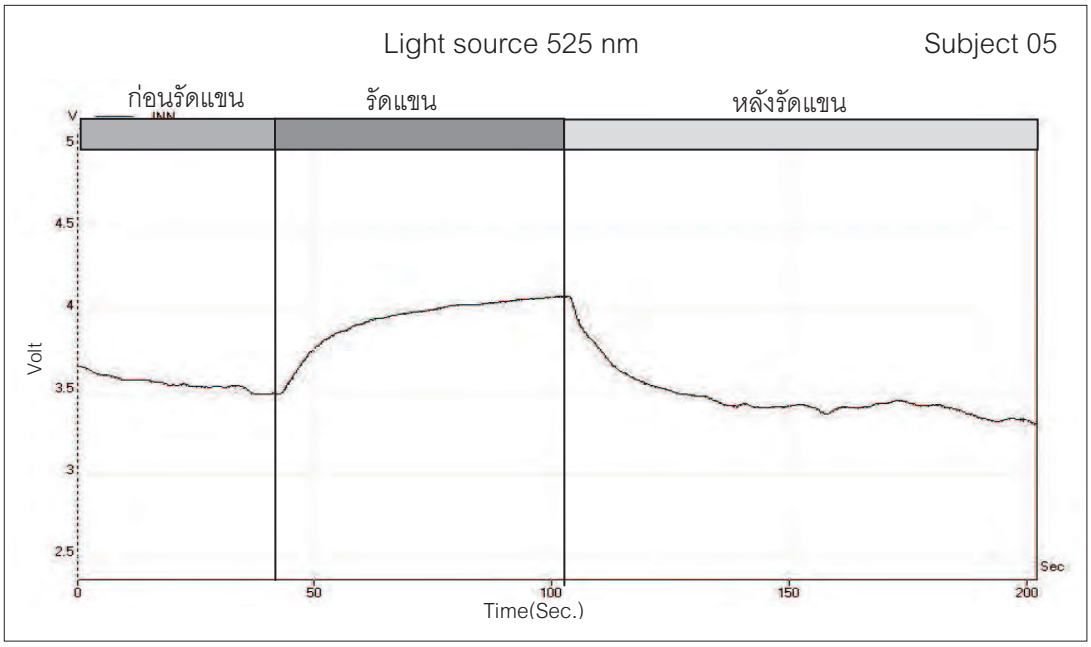
รูปที่ 3.5 ผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์หลังจากการกระตุ้นด้วยการรัดแขนในอาสาสมัครของเครื่องตรวจวัดที่ใช้แหล่งกำเนิดแสง 355 นาโนเมตร

3.3.3.3 **การพัฒนาครั้งที่ 3 การประดิษฐ์เครื่องที่ทำงานร่วมกับเครื่องแปลงสัญญาณ** Pico-ADC200

การประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์ในครั้งนี้ได้ลดความยุ่งยากของการพัฒนาในครั้งที่ 2 ลง โดยยังคงใช้โฟไดโอดที่เปล่งแสงความยาวคลื่นที่ 525 นาโนเมตร และมีตัววัดแสงที่ความยาวคลื่น 400-1100 นาโนเมตร เหมือนเดิม ส่วนตัวขยายสัญญาณได้เปลี่ยนจาก Op-amp รุ่น OPA380 มาใช้ Op-amp รุ่น INA122P ซึ่งใช้ไฟฟ้ากระแสบวกอย่างเดียวในการทำงาน ทำให้ลดความยุ่งยากของวงจรลงได้ โดยมีกำลังขยายส่วนต่างของสัญญาณเข้าสองสัญญาณเท่ากับ 21.67 เท่า และส่วนรับและแปลงสัญญาณที่วัดได้ใช้เครื่องแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นดิจิตอล Pico-ADC200 (Pico Technology, UK) ซึ่งทำให้สามารถเห็นสัญญาณในเวลาจริงขณะตรวจวัด แต่ยังคงใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณ(Generator)เป็นตัวควบคุมหลอดหลอดไดโอด ระบบตรวจวัดที่พัฒนาขึ้นแสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรการทำงานของเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นที่ใช้แหล่งกำเนิดแสง 525 นาโนเมตร และใช้เครื่องแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นดิจิตอล Pico ADC-200



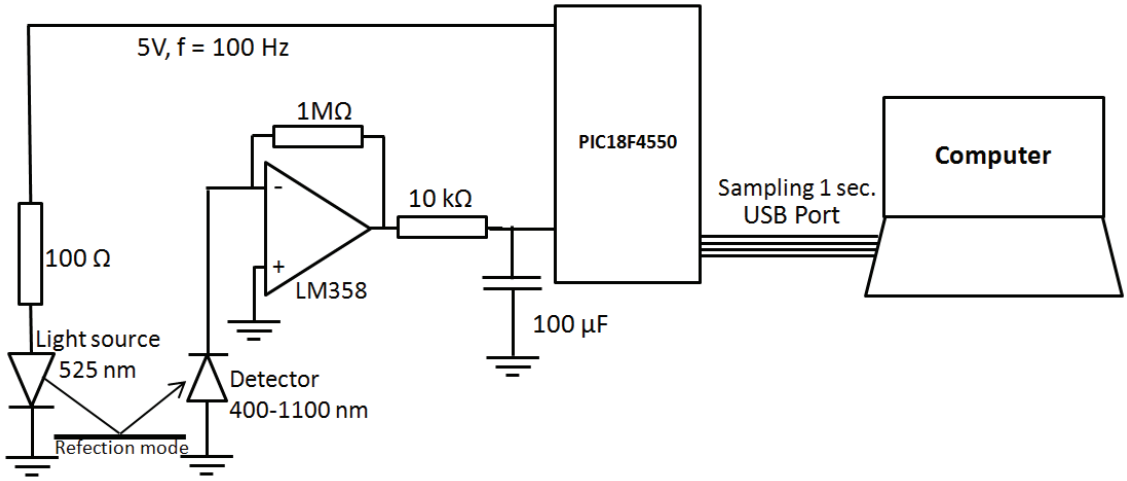
รูปที่ 3.7 ผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์หลังจากการกระตุ้นด้วยการรัดแขนในอาสาสมัครของเครื่องตรวจวัดที่ใช้แหล่งกำเนิดแสง 355 นาโนเมตร

ผลการทดสอบเมื่อทำการตรวจวัดในอาสาสมัคร เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์หลังจากกระตุ้นด้วยการรัดต้นแขนนาน 60 วินาที ผลที่ได้ให้สัญญาณในทำนองเดียวกับเครื่องมือตรวจวัดในการพัฒนาครั้งที่ 3 แสดงผลในรูปที่ 3.7 จากข้อมูลดังกล่าวแสดงเห็นว่า

ระบบวัดแบบใหม่ที่ลดความยุ่งยากของอุปกรณ์ลง ยังคงสามารถตรวจวัดอัตราการเปลี่ยนไนตริกออกไซด์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระตุ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามระบบตรวจวัดดังกล่าวยังต้องใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณและตัวรับสัญญาณ Pico-ADC200 ซึ่งทำให้ไม่มีความสะดวกเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องตรวจวัดที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในควบคุมการทำงาน เพื่อให้เครื่องมือตรวจวัดมีขนาดเล็กลง และง่ายต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้นอีก

3.3.3.4 การพัฒนาครั้งที่ 4 การพัฒนาที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงาน (ซึ่งเป็นเครื่องที่พัฒนาขึ้นแล้วนำไปทดสอบกับอาสาสมัคร)

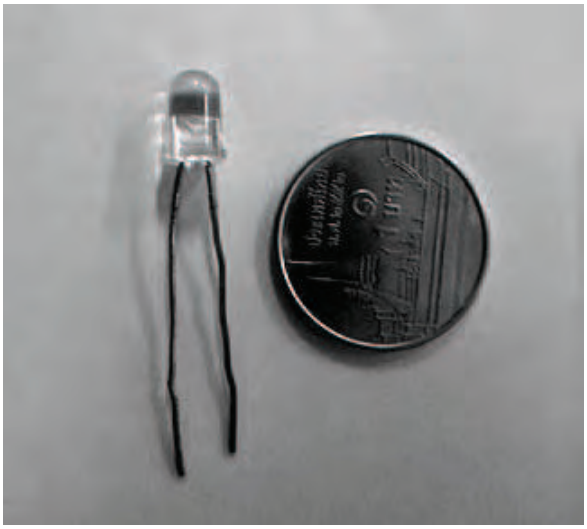
เนื่องจากเครื่องตรวจวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงไนตริกออกไซด์รุ่นนี้จะถูกนำไปใช้จริงในการตรวจวัดสารละลายมาตรฐาน และตรวจวัดในอาสาสมัคร ผู้วิจัยจึงแสดงรายละเอียดของส่วนประกอบโดยละเอียดมากกว่าการพัฒนาในครั้งที่แล้วมา ส่วนประกอบที่สำคัญคือ ใช้โฟไดโอดที่เปล่งแสงความยาวคลื่นที่ 525 นาโนเมตร และมีตัววัดแสงที่ความยาวคลื่น 400-1100 นาโนเมตร ตัวขยายสัญญาณได้เปลี่ยนจาก Op-amp รุ่น INA122P เป็นรุ่น LM358 กำลังขยาย 100 เท่า เนื่องจาก INA122P เกิดปัญหาไม่สามารถทำงานได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนรับและแปลงสัญญาณที่วัดได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น PIC18F4550 ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของหลอดไดโอดอีกด้วย ทำให้ลดขนาดของอุปกรณ์ลงได้มากขึ้น รายละเอียดของวงจรการทำงานของเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 รายละเอียดวงจรรวมของเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นที่นำไปทดสอบกับอาสาสมัคร

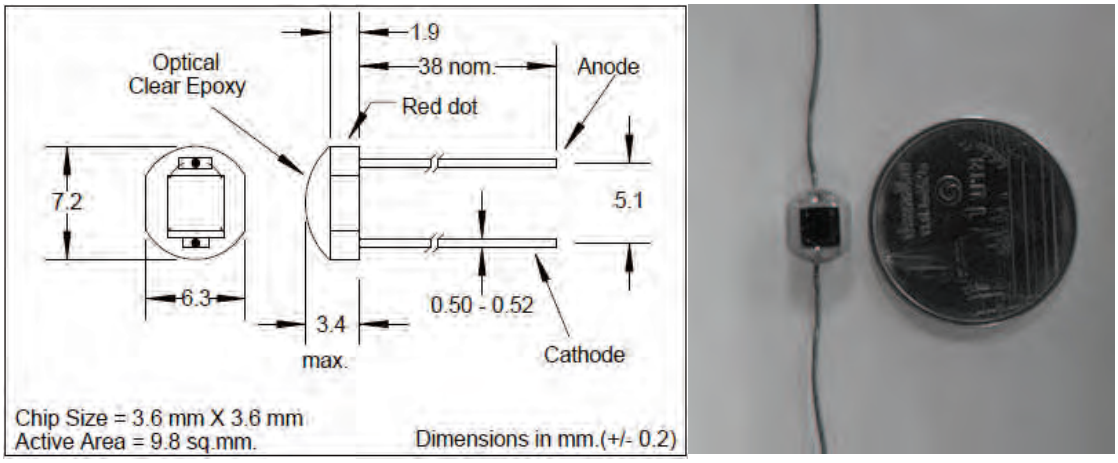
เครื่องตรวจวัดระดับการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์สามารถแบ่งออก 3 ส่วน คือ ส่วนกำเนิดแสง ส่วนขยายสัญญาณ และส่วนเก็บข้อมูล ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์ในการทำงาน ใช้ไฟฟ้าจากช่องเสียบ USB PORT ของคอมพิวเตอร์ แสดงผลของข้อมูลผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยเก็บค่าด้วยความถี่ 1 เฮิร์ต สามารถบันทึกข้อมูลแล้วไปวิเคราะห์ในโปรแกรมทางสถิติต่อได้

ส่วนที่ 1: **ตัวกำเนิดแสง (Light source)** ใช้หลอดไดโอด รุ่น MOLD LED LAMP L525 V (Marubeni, USA) แสดงดังรูปที่ 3.9 ซึ่งเป็นหลอดไดโอดที่เปล่งในช่วงความยาวคลื่น 515-535 นาโนเมตร โดยมีความเข้มแสงของความยาวคลื่นสูงสุดอยู่ที่ 525 นาโนเมตร ให้แสงสีเขียว จะทำการเปิดหลอดโฟโตไอโอดด้วยความถี่ 100 เฮิร์ต ซึ่งเป็นความถี่ที่หลีกเลี่ยงคลื่นความถี่รบกวนจากสิ่งแวดล้อม



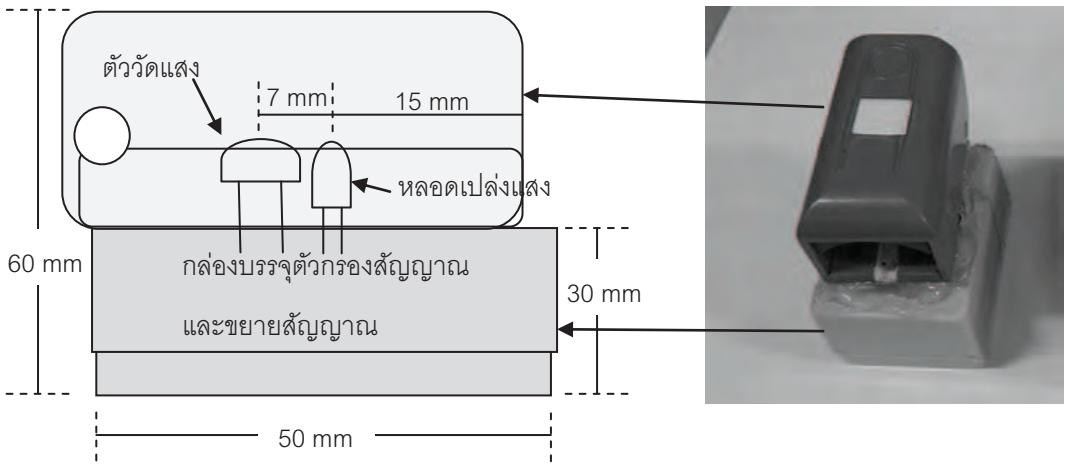
รูปที่ 3.9 ตัวกำเนิดแสง (Light source) รุ่น MOLD LED LAMP L525 V

ส่วนที่ 2: **ตัวรับแสง (Dectector)** เป็นโฟโตดีเทคเตอร์ (Photodetector)รุ่น Silonex SLD-70C2 (Silonex Inc., CA) ซึ่งมีความไวแสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 400-1100 นาโนเมตร มีคุณสมบัติสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วงดังกล่าวให้เป็นแรงดันไฟฟ้าออกมาได้



รูปที่ 3.10 รายละเอียดของตัวรับสัญญาณ โฟโตดีเทคเตอร์ (Photodetector) รุ่น Silonex SLD-70C2

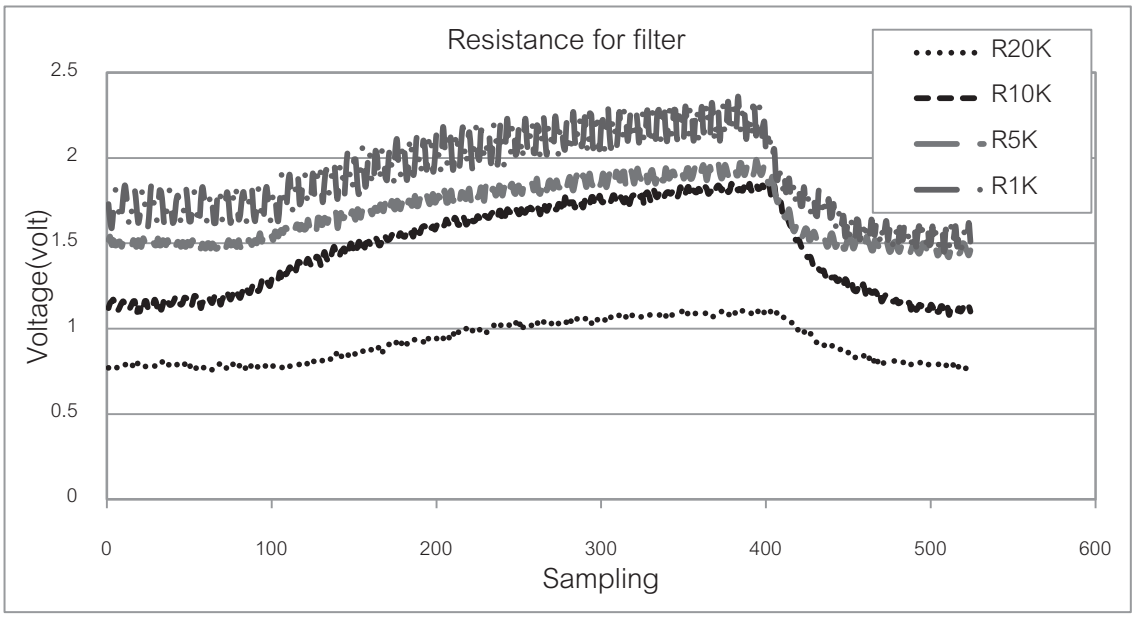
การวางตัวของหลอดเปล่งแสงโฟโตไอโอดและตัววัดแสง ได้วางตัวในระนาบเดียวกัน ซึ่งเป็นการวัดแสงแบบแสงสะท้อน (Refection mode) โดยมีระยะระหว่างศูนย์กลางของทั้งสองตัวห่างกัน 7 มิลลิเมตร และหลอดเปล่งแสงโฟโตไอโอด วางลึกเข้าไป 15 มิลลิเมตร ภายในที่หนีบนิ้วแบบเดียวกับเครื่องวัดความอิ่มตัวของออกซิเจน ด้านล่างของที่หนีบนิ้ว คือกล่องของตัวกรองสัญญาณและขยายสัญญาณ แสดงตำแหน่งการวางหลอดเปล่งแสง และตัววัดแสง ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การวางตัวของหลอดเปล่งและตัววัดแสง ในการวัดแบบแสงสะท้อน

ส่วนที่ 3: **ส่วนกรองสัญญาณรบกวน และขยายสัญญาณ** ใช้ตัวขยายสัญญาณ Op-amp รุ่น LM358 (Fairchild Semiconductor Corporation, USA) ใช้กำลังขยาย 100 เท่า

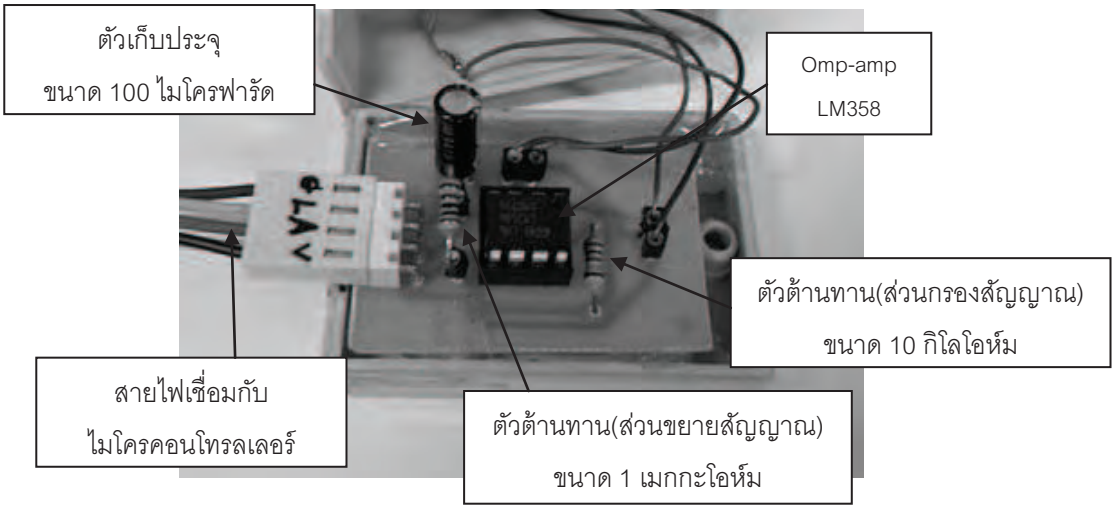
การคัดเลือกตัวต้านทานที่จะใช้ในการกรองสัญญาณ พบว่าตัวทานต้านที่เหมาะสมในการกรองสัญญาณรบกวนคือ 10 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นค่าความต้านทาน ที่ทำให้สัญญาณที่วัดได้มีการสั่นน้อย (SD[วินาทีที่ 300-330]=0.018) และไม่ทำให้สัญญาณที่วัดได้มีค่าต่ำจนเกินไป(Max =1.86 โวลต์) แม้ว่าสัญญาณที่วัดได้จากการเลือกใช้ตัวต้านทาน 20 กิโลโอห์ม จะได้สัญญาณที่เรียบมากกว่า(SD[วินาทีที่ 300-330]=0.012)การเลือกใช้ตัวทานต้าน 10 กิโลโอห์ม แต่พบว่าสัญญาณที่วัดได้มีค่าต่ำจนเกินไป (Max =1.12 โวลต์) ดังนั้นในเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นจึงเลือกใช้ ความต้านทานเท่ากับ 10 กิโลโอห์ม เป็นตัวช่วยในการกรองสัญญาณร่วมกับ ตัวเก็บประจุ 100 ไมโครฟารัด



รูปที่ 3.12 สัญญาณที่วัดได้จากการเปลี่ยนตัวต้านทานสำหรับทำการกรองสัญญาณรบกวน ค่าความต้านทาน 1-20 กิโลโอห์ม

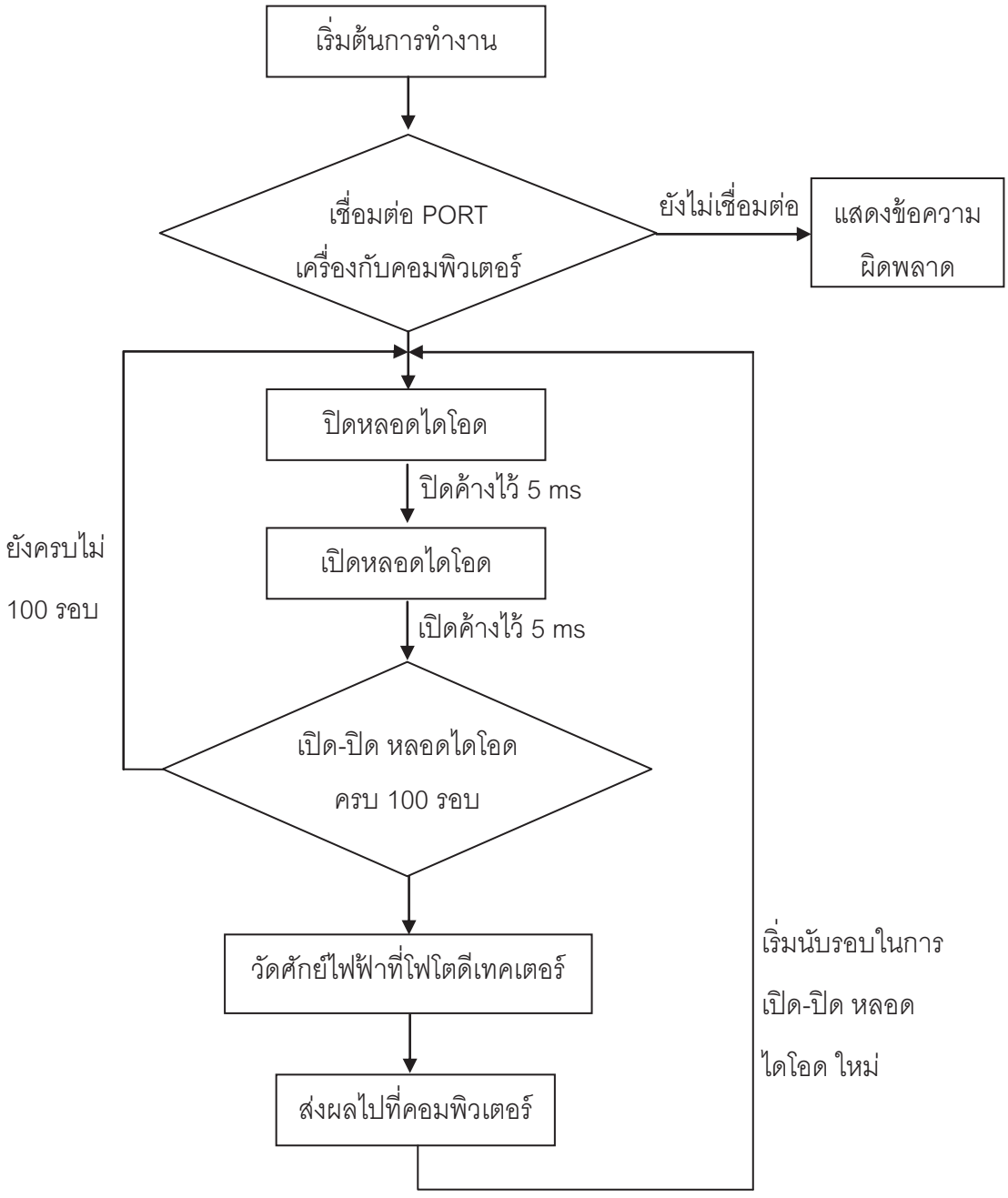
ค่าทางสถิติ	ความต้านทานที่เลือกใช้ (โอห์ม)			
	1K	5K	10K	20K
SD [300-330s]	0.081	0.033	0.018	0.012
Min	1.45	1.42	1.08	0.75
Max	2.36	1.99	1.86	1.12

ตารางที่ 3.1 สรุปค่าจากการคัดเลือกตัวต้านทานสำหรับกรองสัญญาณ

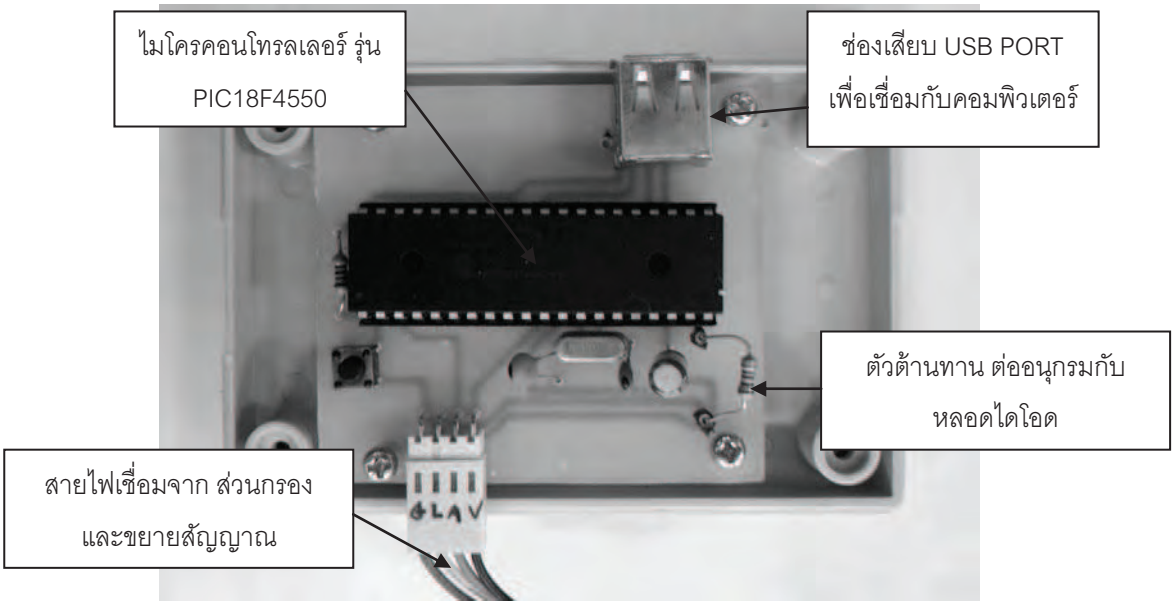


รูปที่ 3.13 ส่วนกรองสัญญาณรบกวน และขยายสัญญาณ

ส่วนที่ 4: ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น PIC18F4550(Microchip Technology Inc., UK) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วจึงส่งค่าไปแสดงผลที่คอมพิวเตอร์ และยังทำหน้าที่ในการควบคุมการกระพริบของหลอดเปล่งแสงหลอดไดโอดที่ความถี่ 100 เฮิร์ต ซึ่งเป็นความถี่ที่หลีกเลี่ยงจากความถี่รบกวนจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังรูปที่ 3.14



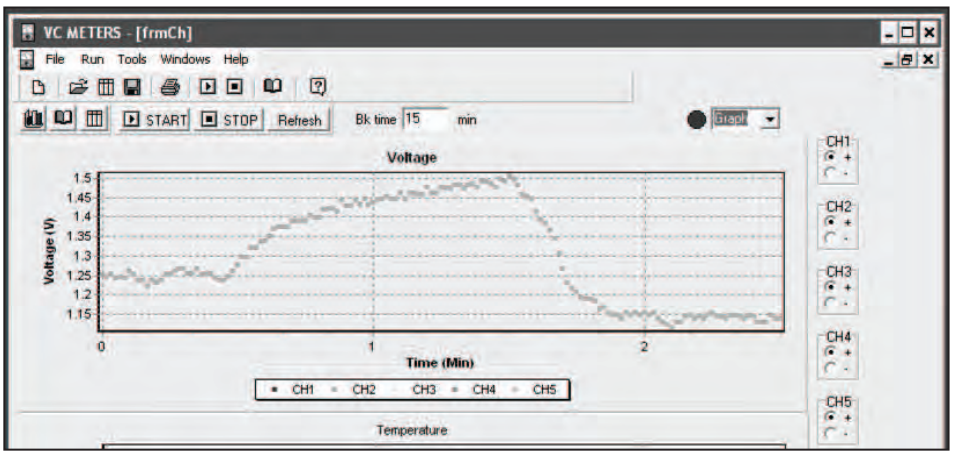
รูปที่ 3.14 แผนภูมิสายงานการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



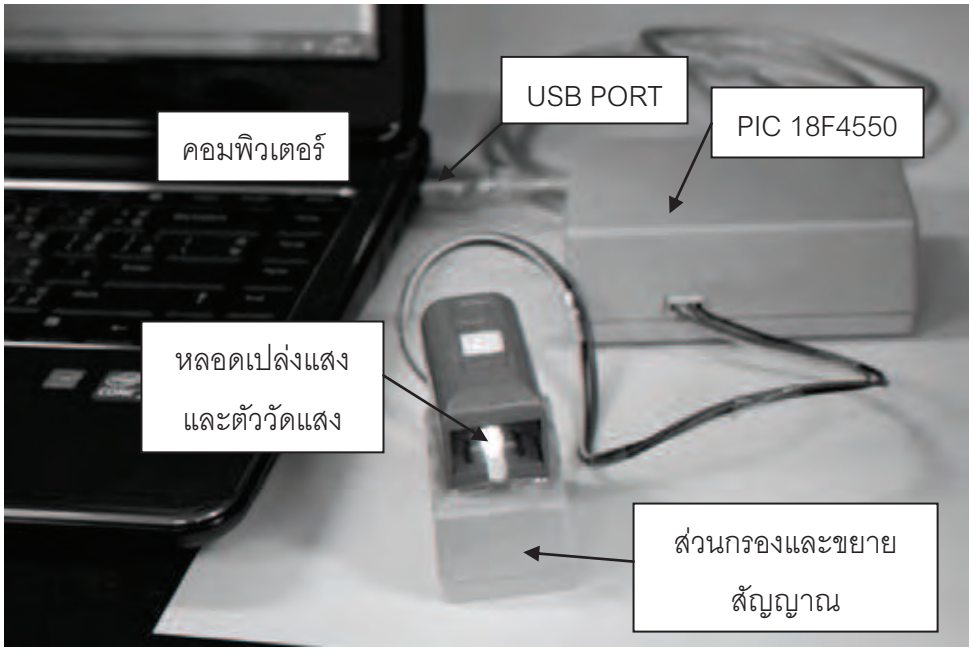
รูปที่ 3.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น PIC18F4550

การพัฒนาซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลและเก็บข้อมูล ในคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรมชื่อ VCMETER พัฒนาโดย นางสาวสาริณี อุ่ยตระกูล จากห้องปฏิบัติการไบโออิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สามารถเก็บผลการทดลองเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าหน่วยเป็นโวลต์ และสามารถบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อได้



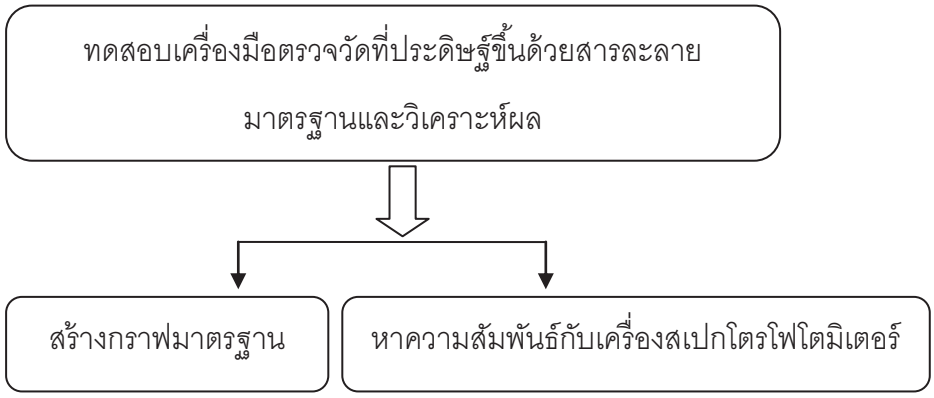
รูปที่ 3.16 โปรแกรม VCMETER ขณะทำงาน



รูปที่ 3.17 ส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น ขณะพร้อมใช้งาน

3.3.2 **การทดสอบเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นในห้องปฏิบัติการ**

การทดสอบเครื่องที่ตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แผนผังการทดสอบเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น

การทดสอบเครื่องตรวจวัดระดับไนตริกออกไซด์กับสารละลายมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐานไนโตรโซไทออลที่มีความเข้มข้น 0.0125-1.000 มิลลิโมลาร์ นำสารละลายที่เตรียมไว้ใส่หลอดทดลองเสียบหลอดเข้าไปในช่องตรวจวัด แต่ละความเข้มข้นวัด 3 ครั้ง อ่านผลการทดลอง บันทึกค่า นำข้อมูลไปเปรียบเทียบระหว่างเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นกับเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์

3.3.3 นำเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นไปตรวจวัดในอาสาสมัคร แล้วเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับเครื่อง PeriFlux System 5000

การพิจารณาขอผ่านจริยธรรมการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งการพิจารณานี้เป็นไปตาม บทปฏิญญาเฮลซิงกิ(Declaration of Helsinki) โดยมีหมายเลขอนุมัติที่ Med Chula IRB.837/2553

โดยก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย ผู้เข้าร่วมจะได้รับทราบข้อมูลต่างๆดังนี้

- วัตถุประสงค์ของการศึกษา
- รายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย
- ประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมจะได้รับจากการวิจัย
- มาตราการรักษาความปลอดภัยในการวิจัย
- ผู้เข้าร่วมมีสิทธิ์ในการถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามต้องการ

การวิจัยในครั้งนี้ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องเซ็นชื่อยินยอมเข้าร่วมวิจัยด้วยตนเอง จะไม่มีการบังคับแต่อย่างใด และสามารถถอนตัวออกจากการวิจัยได้ทุกเมื่อ แบบฟอร์มเซ็นยินยอม แสดงในภาคผนวก ข

ประชากรที่ศึกษา

ทำการทดสอบเครื่องตรวจวัดกับบุคคลที่มีสุขภาพดี จำนวน 20 คน โดยมีเกณฑ์พิจารณาดังนี้

เกณฑ์คัดเลือกอาสาสมัครเข้าในการศึกษา

1. ประชาชนเพศหญิงหรือชายที่อาศัยอยู่ในประเทศไทย และมีอายุอยู่ในช่วง 20-30 ปี
2. ไม่เป็นโรคอ้วน โดยดูจากค่า BMI (body mass index) อยู่ในช่วง 18.5-24.9

3. ไม่เป็นโรคเบาหวาน และไม่มีประวัติญาติใกล้ชิดเป็นโรคเบาหวาน
4. ความดันโลหิตอยู่ในเกณฑ์ปกติ
5. ไม่เป็นผู้สูบบุหรี่ ไม่ดื่มสุรา
6. ไม่มีประวัติการเป็นโรคทางหลอดเลือด
7. มีความสมัครใจเข้าร่วมในการวิจัย

เกณฑ์คัดอาสาสมัครออกจากการศึกษา

1. อยู่ระหว่างทานยา หรือเป็นไข้
2. รับประทานอาหาร กาแฟ หรือออกกำลังกายอย่างหนักก่อนทำการทดสอบ
3. มีปัญหาด้านระบบประสาทขั้นรุนแรง เช่น ความผิดปกติทางจิตเวชศาสตร์อื่นๆ
4. เมื่ออาสาสมัครบอกเลิกการทดสอบ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการตรวจวัดในอาสาสมัคร โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย คือ การทดลองตรวจวัดปริมาณไนตริกออกไซด์ด้วยเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น และการทดลองตรวจวัดอัตราการไหลผ่านของเลือดด้วยเครื่อง PeriFlux System 5000 ซึ่งกลุ่มของอาสาสมัครร่วมทดสอบจะต้องผ่านเกณฑ์คัดเลือกอาสาสมัครเข้าในการศึกษาตามหัวข้อที่ระบุไว้ข้างต้น

การตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดไนตริกออกไซด์ที่ประดิษฐ์ขึ้น

จากรายงานวิจัยการกระตุ้นด้วยการรัดต้นแขนเพื่อดูการการทำงานของเอ็นโดธีเลียลเซลล์นั้น จะใช้แรงดันที่สูงกว่าความดันเลือด Systolic pressure ของผู้ถูกทดสอบ เพิ่มขึ้นไปอีกอย่างน้อย 50 มิลลิเมตรปรอท ยกตัวอย่างเช่น นาย ก. มีความดันเลือดเท่ากับ 120/80 มิลลิเมตรปรอท แรงดันที่ใช้เพื่อกระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์สำหรับ นาย ก. คือ แรงดันอย่างน้อย 170 มิลลิเมตรปรอท โดยใช้เวลารัดนานตั้งแต่ 15 วินาที จนถึง 5 นาที [52] ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนในการตรวจวัดเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นดังนี้

1. ผู้ถูกตรวจวัดต้องไม่ปฏิบัติตัวที่เป็นสาเหตุให้การไหลเวียนเลือดผิดปกติ เป็นเวลาอย่างน้อย 8-12 ชั่วโมง ได้แก่ การรับประทานอาหาร ยา กาแฟ อยู่ในอุณหภูมิที่สูง ออกกำลังกายอย่างหนัก หรือสาเหตุอื่นอันเป็นปัจจัยให้การไหลเวียน เลือดผิดปกติ ทำการตรวจวัดความดันเลือดก่อนเข้า ทำการทดสอบเครื่องมือ

2. ห้องที่ใช้ในการทดสอบจะต้องเงียบ มีการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสม ประมาณ 25 องศาเซลเซียส
3. ใช้เครื่องตรวจวัดจับที่นิ้วมือที่นิ้วกลาง จากนั้นวัดค่าเริ่มต้น เป็นค่าพื้นหลัง (Baseline) นาน 30 วินาที ใช้เครื่องวัดความดันของโลหิต (Sphygmomanometric) รัดที่ต้นแขนด้วยแรงดันมากกว่าแรงดัน Systolic pressure ประมาณ 50 มิลลิเมตรปรอท เพื่อกระตุ้นให้เกิดการสร้างไนตริกออกไซด์ขึ้นในหลอดเลือด เป็นเวลา 60 วินาที วัดค่าของสัญญาณตลอดการรัด และวัดต่อเนื่องต่อไปอีกหลังจากปล่อยการรัดแขนอีก 2 นาที เพื่อดูการเปลี่ยนแปลง ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งห่างกันอย่างน้อย 30 นาที

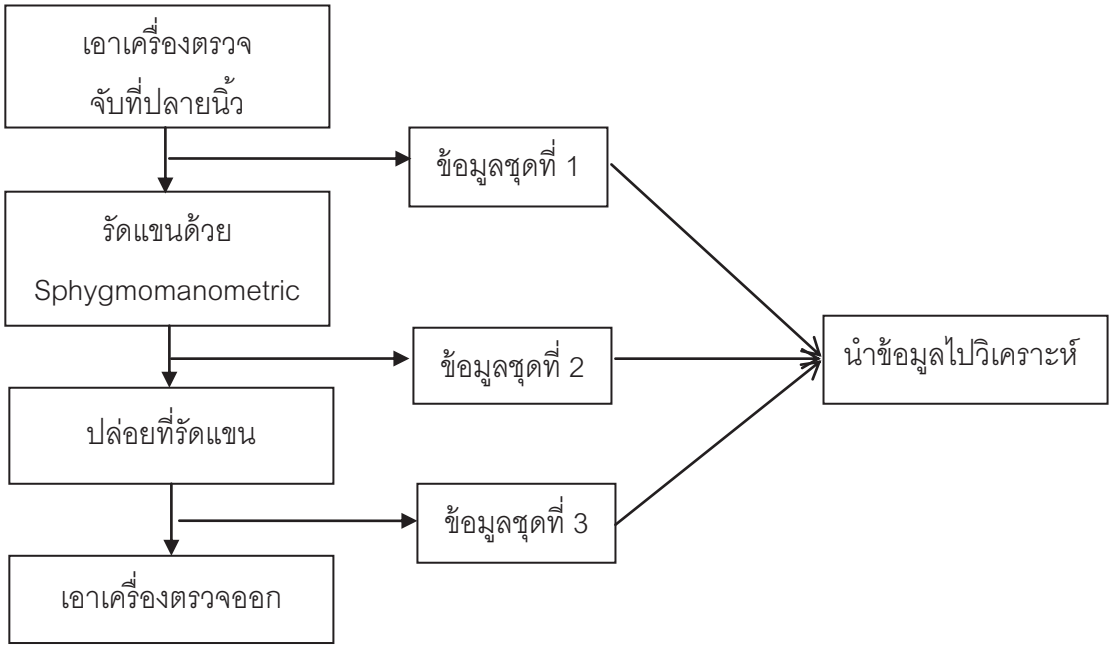
การทดลองตรวจวัดอัตราการไหลผ่านของเลือด

ในการทดลองนี้ได้ทำการตรวจวัดอัตราการไหลผ่านของเลือด(Perfusion rate) ด้วยเครื่อง PeriFlux System 5000 ในตำแหน่งเดียวกันกับที่ใช้ในการตรวจวัดไนตริกออกไซด์ด้วยเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้น และทำการกระตุ้นด้วยการรัดแขนเหมือนกันทุกประการ โดยได้ทำการทดสอบกับอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าทำวิจัย ทั้งหมด 5 คน ทำการทดลองซ้ำคนละ 3 ครั้ง

การตรวจวัดไนตริกออกไซด์ด้วยเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นในกลุ่มผู้มีอายุแตกต่างกัน

นอกจากนี้ผู้ทำวิจัยได้ทำการทดลองเพิ่มเติม ในกลุ่มผู้ที่มีอายุแตกต่างกัน มีช่วงอายุตั้งแต่ 20-84 ปี ในการเก็บข้อมูลทำให้ทำการตรวจวัดได้เพียงคนละ 1 ครั้ง

การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐาน และการเก็บข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งจะเก็บตลอดการทำการทดลอง โดยเก็บค่าด้วยความถี่ 1 เฮิร์ต แสดงดังรูปที่ 3.19



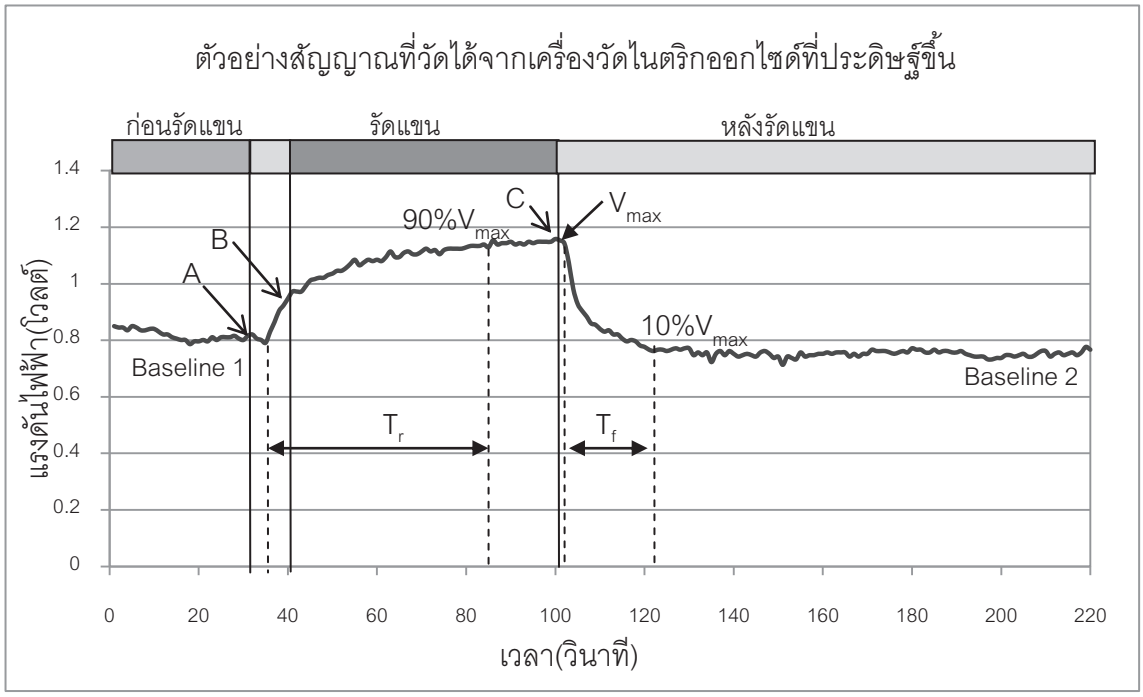
รูปที่ 3.19 แผนผังวิธีการจัดเก็บข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น และการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการไหลผ่านของเลือดที่ได้จากเครื่อง PeriFlux System 5000

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น

ตัวอย่างของค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดไนตริกออกไซด์ที่ประดิษฐ์ขึ้นในอาสาสมัคร แสดงในรูปที่ 3.19 โดยแถบด้านบนแสดงถึงช่วงเวลาที่ทำการกระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ในหลอดเลือด แกนตั้งด้านซ้ายแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากตัวตรวจวัดของเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น



รูปที่ 3.20 ตัวอย่างสัญญาณที่วัดได้ในอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์คัดกรอง และตำแหน่งของค่าต่างๆที่จะนำมาวิเคราะห์ผล

จากรูปที่ 3.20 อธิบายตำแหน่งต่างๆได้ดังนี้ ตำแหน่ง A คือสัญญาณที่วัดได้ในขณะที่เริ่มเพิ่มแรงดันในการรัดแขน ตำแหน่ง B สัญญาณที่วัดได้ในขณะที่แรงดันที่ใช้ในการรัดแขนมีค่าสูงกว่าแรงดัน Systolic pressure เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 50 มิลลิเมตรปรอท ของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน และเริ่มจับเวลาของการรัดแขน ส่วนตำแหน่ง C คือตำแหน่งที่ปล่อยที่รัดแขนทันที ค่าที่จะนำมาวิเคราะห์ผล มีความหมายดังนี้

Baseline 1 คือ ค่าเฉลี่ยพื้นหลังก่อนการรัดแขน วินาทีที่ 1-30 มีหน่วยเป็น โวลต์

Baseline 2 คือ ค่าเฉลี่ยพื้นหลังหลังการรัดแขน วินาทีที่ 191-220 มีหน่วยเป็น โวลต์

V_{Max} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่วัดได้หลังปล่อยที่รัดแขน หน่วยเป็น โวลต์

T_r (Rise Time) คือ ระยะเวลาที่แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เปลี่ยนแปลงจากค่า Baseline 1 เพิ่มขึ้นเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ของค่า V_{Max} มีหน่วยเป็น วินาที

T_f (Fall Time) คือ ระยะเวลาที่แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เปลี่ยนแปลงจากค่า V_{Max} ลดลงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของค่า V_{Max} มีหน่วยเป็น วินาที

$\%V_{Max}$ คือ ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า V_{Max} เทียบกับค่า Baseline 1 คำนวณได้จากสมการ

$$\%V_{Max} = [(V_{Max} - \text{Baseline 1})/ \text{Baseline 1}] \times 100 \quad \text{.....(3.1)}$$

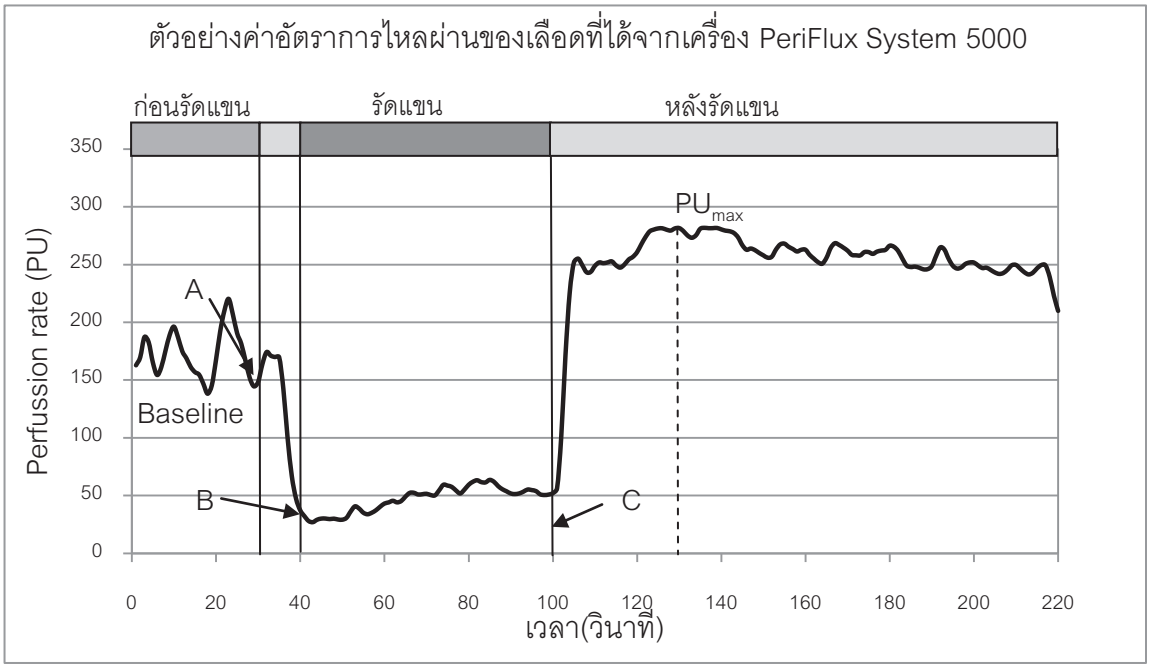
%Baseline 2 คือ ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า Baseline 2 เทียบกับค่า Baseline 1 คำนวณได้จากสมการ

$$\%\text{Baseline 2} = [(\text{Baseline 2} - \text{Baseline 1})/ \text{Baseline 1}] \times 100 \text{.....(3.2)}$$

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่วัดได้จากเครื่อง PeriFlux System 5000

การวิเคราะห์ข้อมูลของผลการตรวจวัดอัตราการไหลผ่านของเลือด ด้วยเครื่อง PeriFlux System 5000 ที่ได้จากการวัดในอาสาสมัคร ที่ถูกกระตุ้นด้วยการรัดแขนในแบบเดียวกับการวัดไนตริกออกไซด์ด้วยเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น

จากรูปที่ 3.21 ตำแหน่ง A คือสัญญาณที่วัดได้ในขณะที่เริ่มเพิ่มแรงดันในการรัดแขน ตำแหน่ง B สัญญาณที่วัดได้ในขณะที่แรงดันที่ใช้ในการรัดแขนมีค่าสูงกว่าแรงดัน Systolic pressure เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 50 มิลลิเมตรปรอท ส่วนตำแหน่ง C คือ ตำแหน่งที่ปล่อยที่รัดแขนทันที



รูปที่ 3.21 ตัวอย่างค่าอัตราการไหลผ่านของเลือดที่วัดได้ในอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์คัดกรอง และตำแหน่งของค่าต่างๆที่จะนำมาวิเคราะห์ผล

ค่าที่จะนำมาวิเคราะห์ผล มีความหมายดังนี้

Baseline คือ ค่าอัตราการไหลผ่านของเลือด ก่อนการรัดแขน

PU_{Max} คือ ค่าอัตราการไหลผ่านของเลือดสูงสุด ที่วัดได้หลังจากปล่อยการรัดแขน

$\%PU_{Max}$ คือ ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า PU_{Max} เทียบกับค่า Baseline คำนวณได้จากสมการ 4.1

$$\%PU_{Max} = [(PU_{Max}\text{-Baseline})/ \text{Baseline}]x\ 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4.1)$$

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของตัวแปร จะใช้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Linear regression สำหรับการพิจารณาความเป็นเส้นตรง รายงานด้วยค่าสัมประสิทธิ์ตัดสิน (R^2) และใช้สถิติแบบ Correlation ในการพิจาณาความสัมพันธ์ของสองตัวแปร เช่น อายุ กับค่าที่เครื่องมือวัดได้ รายงานความสัมพันธ์ของสองตัวแปร ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(R)

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

เนื่องด้วยเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อตรวจวัดไนตริกออกไซด์ใช้หลักการทางแสง ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นสองส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ

ส่วนที่ 2 เป็นการนำเครื่องมือที่ประดิษฐ์ได้หลังการพัฒนาทั้ง 4 ครั้งไปทดสอบ ในระดับห้องปฏิบัติการ และการทดสอบ ในอาสาสมัคร จำนวน 25 คน

4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ

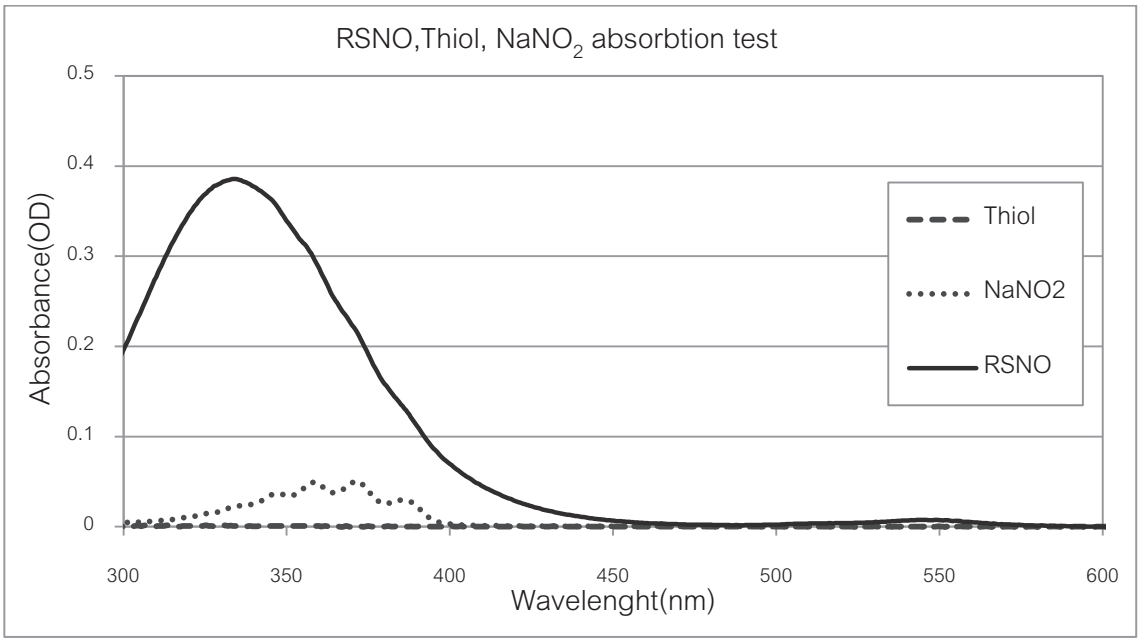
ผลการทดลองและการอภิปรายผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ

4.1.1 การศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล

การทดลองนี้ ทำเพื่อตรวจสอบว่าการดูดกลืนแสงของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ มีการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วงใด เพื่อจะนำไปสู่การคัดเลือกช่วงของความคลื่นในการตรวจวัดในมนุษย์ได้อย่างเหมาะสม ทำการแบ่งการทดลองออกเป็นสองการทดลองย่อย ได้แก่ การทดลองเปรียบเทียบกับการวัดสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลเทียบกับสารละลายไทออลและโซเดียมไนไตรเจนไดออกไซด์ และการทดลองเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล เพื่อดูความสัมพันธ์ของการดูดกลืนแสงเทียบกับความเข้มข้นของสารละลาย

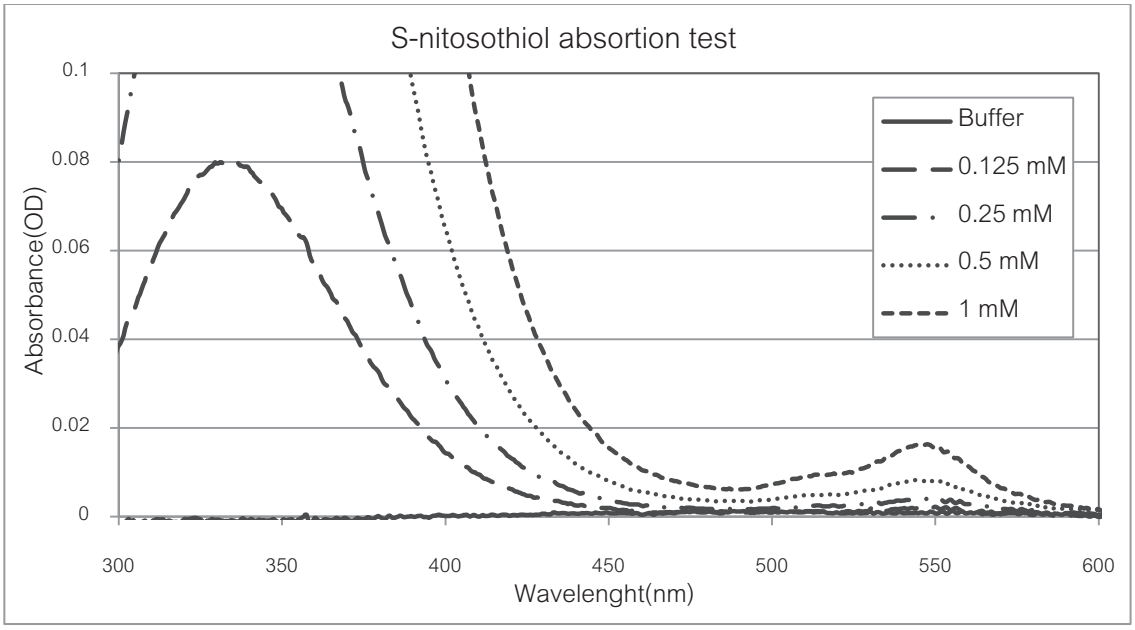
ผลการทดลองเปรียบเทียบกับการวัดสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลกับสารละลายไทออล และโซเดียมไนไตรเจนไดออกไซด์ แสดงดังรูปที่ 4.1 จากผลการทดลองพบว่าซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล มีช่วงของการดูดกลืนแสงอยู่สองช่วง ได้แก่ ช่วงแรกคือ ความยาวคลื่น 300-450 นาโนเมตร และช่วงที่ 2 คือ ความยาวคลื่น 500-600 นาโนเมตร ส่วนสารละลายไทออลนั้น

ไม่มีการตอบสนองต่อแสงในช่วงใดระหว่างความยาวคลื่น 300-600 นาโนเมตร สารละลายโซเดียมไนไตรเจนไดออกไซด์ มีการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 300-400 นาโนเมตร ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การเตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลเกิดขึ้นจริง และมีช่วงของการดูดกลืนแสงตามที่มีการศึกษามาก่อนหน้านี้ ดังที่กล่าวไว้แล้ว ในบทที่ 2

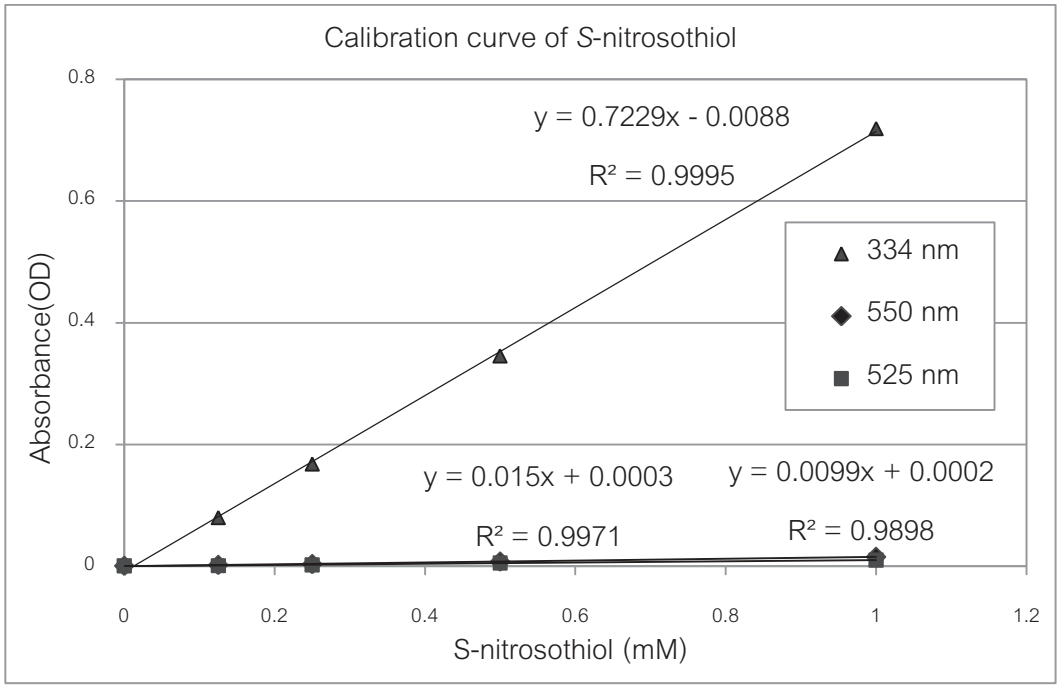


รูปที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ไทออล และโซเดียมไนไตรเจนไดออกไซด์ ที่ความเข้มข้น 1.000 มิลลิโมลาร์

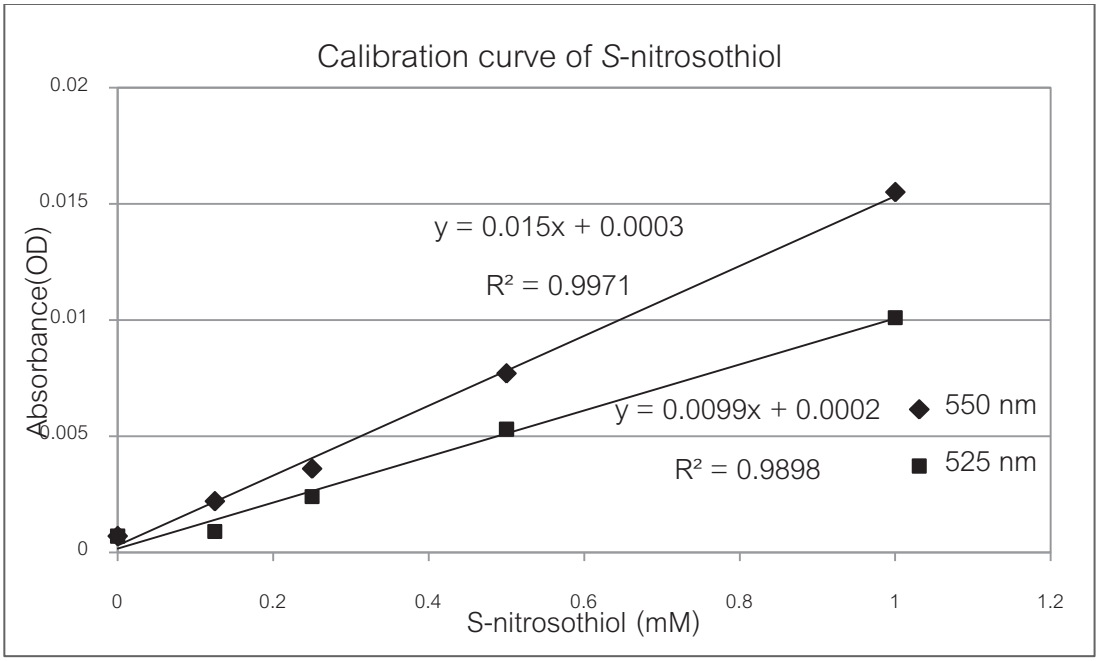
ผลการทดลองการดูดกลืนแสงของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ตั้งแต่ 0.125-1.000 มิลลิโมล ในช่วงความยาวคลื่น 300-600 นาโนเมตร แสดงดังรูปที่ 4.2 พบว่าการดูดกลืนแสงมีค่าเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล รูปที่ 4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่มีการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นของสารละลายสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลแตกต่างกัน ซึ่งตารางที่ 4.1 แสดงค่าความไวและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของแสงความยาวคลื่น 334, 525 และ 550 นาโนเมตร



รูปที่ 4.2 การดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล
ที่ความเข้มข้น 0.125-1.000 มิลลิโมลาร์



รูปที่ 4.3A ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงที่ 334, 525, 550 นาโนเมตร



รูปที่ 4.3B ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525, 550 นาโนเมตร

จากผลการทดลองวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลที่ความยาวคลื่น 525 และ 550 นาโนเมตร แม้จะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจจากทั้งสองความยาวคลื่นจะมีค่าสูง แต่ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้นั้นถือว่ามีค่าต่ำมาก เนื่องจากปริมาณสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อย และยังเป็นข้อจำกัดของเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ที่ไม่สามารถตรวจวัดสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยในช่วงความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล 0,0125-1.000 มิลลิโมลาร์ ที่เป็นความเข้มข้นที่ครอบคุมกับความเข้มข้นเป้าหมายคือปริมาณของไนตริกออกไซด์ในพลาสม่าที่จะทำการตรวจวัด แต่อย่างไรก็ตาม จากกราฟในที่ 4.3B แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่แปรผันตรงกับค่าความเข้มข้นของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล

อธิบายการคัดเลือกความยาวคลื่นแสงที่จะนำมาพิจารณาดังนี้ จากผลที่ได้จากการทดลองที่ 4.1.1 พบว่าสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล มีการดูดกลืนแสงสองช่วง คือ ในช่วงแรกความยาวคลื่น 300-400 นาโนเมตร และช่วงที่สองคือ 500-600 นาโนเมตร ที่คลื่นแสงความยาวคลื่น 334 นาโนเมตร คือความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุดของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลในช่วงแรก 300-400 นาโนเมตร และ ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร คือความยาวคลื่นแสงที่มีค่า

การดูดกลืนแสงสูงที่สุดของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ในช่วง 500-600 นาโนเมตร ส่วนความยาวคลื่นแสง 525 นาโนเมตร คือความยาวคลื่นแสงของหลอดกำเนิดแสงช่วงแคบที่ผู้วิจัยให้ความสนใจ

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	**ความไวในการวัดสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล**	**ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)**
334	0.7218x - 0.0081	$R^2 = 0.9994$
525	0.0099x + 0.0002	$R^2 = 0.9898$
550	0.015x + 0.0003	$R^2 = 0.9971$

ตารางที่ 4.1 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นแสง กับค่าความไวในการวัดสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

อธิบายการคัดเลือกความยาวคลื่นแสงที่จะนำมาพิจารณาดังนี้ จากผลที่ได้จากการทดลองที่ 4.1.1 พบว่าสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล มีการดูดกลืนแสงสองช่วง คือ ในช่วงแรกความยาวคลื่น 300-400 นาโนเมตร และช่วงที่สองคือ 500-600 นาโนเมตร ที่คลื่นแสงความยาวคลื่น 334 นาโนเมตร คือความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุดของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลในช่วงแรก 300-400 นาโนเมตร และ ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร คือความยาวคลื่นแสงที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุดของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ในช่วง 500-600 นาโนเมตร ส่วนความยาวคลื่นแสง 525 นาโนเมตร คือความยาวคลื่นแสงของหลอดกำเนิดแสงช่วงแคบที่ผู้วิจัยให้ความสนใจ

เนื่องจากช่วงของความยาวคลื่นแสงที่ 300-400 นาโนเมตร เป็นช่วงของแสงอัลตราไวโอเล็ตอาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์เมื่อได้รับในปริมาณความเข้มสูงเนื่อง จากแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ตจะถูกดูดกลืนด้วยเนื้อเยื่อและผิวหนังของมนุษย์ได้ดี รวมทั้งจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าแสงที่เปล่งจากหลอดโฟโตไดโอด ความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร (NS355L-5RLO, ROITHNER LASSERTECHNIK, AUSTRIA) ทำงานร่วมกับตัววัดแสง 300-580 นาโนเมตร(G5645-Photodiode, HAMAMATSU,

JAPAN) ไม่สามารถตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่มีการกระตุ้นด้วยการรัดแขนได้ (ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 3.3)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การตรวจวัดซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ในช่วงที่สองคือ ช่วงความยาวคลื่น 500-600 นาโนเมตร ซึ่งมีข้อดีที่สามารถลดสัญญาณรบกวนจากสารโซเดียมไนไตรเจนไดออกไซด์ได้อีกด้วย และเมื่อพิจารณาค่าความไว และการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารละลายกับค่าดูดกลืนแสงของสองความคลื่น 525 และ 550 นาโนเมตร พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แสงที่ได้จากหลอดกำเนิดแสงที่ให้แสงที่ความยาวคลื่น 515-535 นาโนเมตร โดยเปล่งแสงที่มีความเข้มแสงสูงสุดที่ 525 นาโนเมตร

4.2 ผลการทดสอบเครื่องมือตรวจวัดไนตริกออกไซด์ด้วยหลักการทางแสงในห้องปฏิบัติการ

จากการพัฒนาเครื่องมือครั้งที่ 4 จึงได้ เครื่องมือตรวจวัดไนตริกออกไซด์ด้วยหลักการทางแสงที่มีส่วนประกอบและหลักการสรุปคือ ใช้โฟไดโอดที่เปล่งแสงความยาวคลื่นที่ 525 นาโนเมตร และมีตัววัดแสงที่ความยาวคลื่น 400-1100 นาโนเมตร ตัวขยายสัญญาณรุ่น LM358 กำลังขยาย 100 เท่า และส่วนรับและแปลงสัญญาณที่วัดได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น PIC18F4550 ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของหลอดไดโอด รายละเอียดของวงจรการทำงานของเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.8

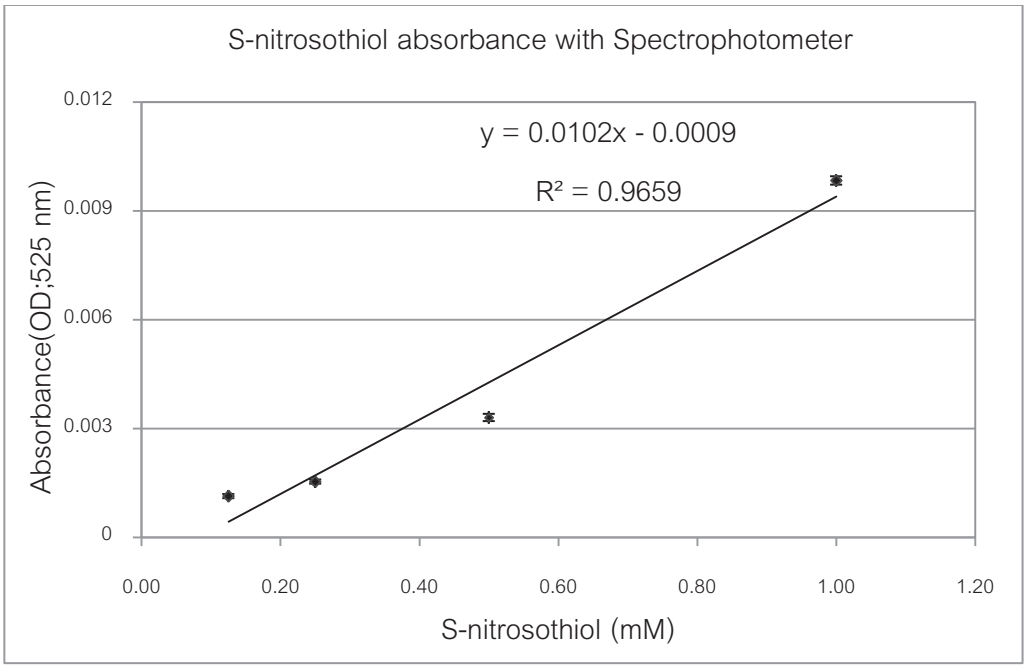
ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นในระดับห้องปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถในการตรวจวัดของเครื่องมือที่ประดิษฐ์ในการวัดสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.125-1.000 มิลลิโมลาร์.และทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นกับเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์

4.2.1 เปรียบเทียบเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นกับเครื่องเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์

ในการทดลองนี้จะทำการเปรียบเทียบการตรวจวัดสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลของเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นกับเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ โดยมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ วัดด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ วัดด้วยเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น โดยใช้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นชุดเดียวกัน และสุดท้ายนำค่าทั้งสองมาหาความสัมพันธ์

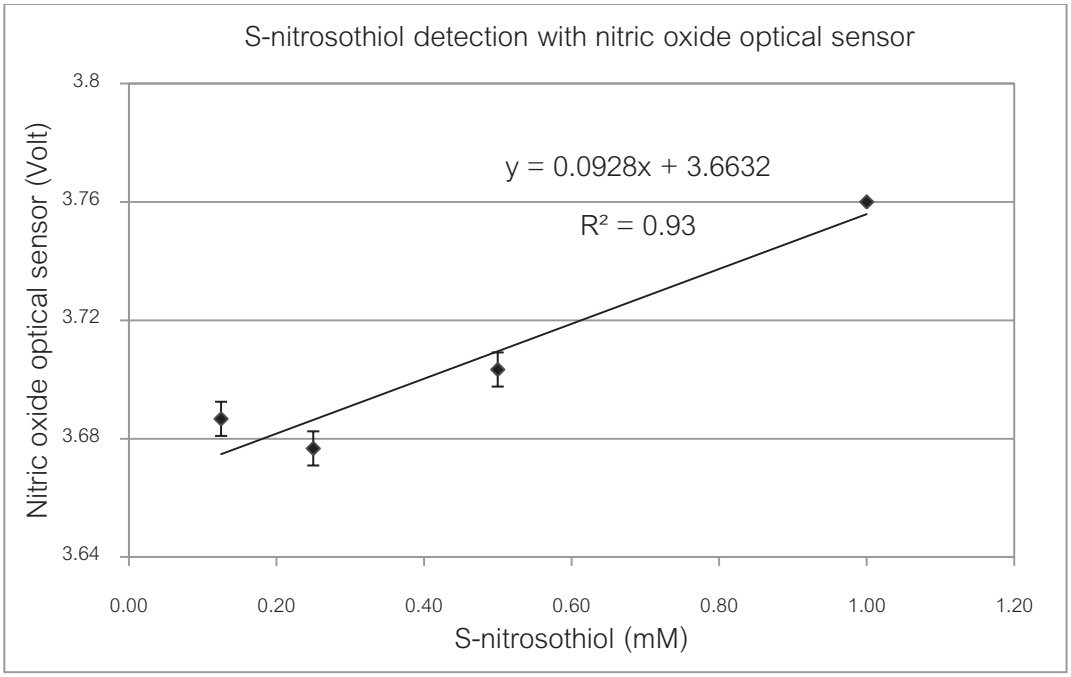
เตรียมสารสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ที่ความเข้มข้น 0.125-1.000 มิลลิโมลาร์ ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ได้ผลแสดงดังรูป 4.4 พบว่าการค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล มีการเปลี่ยนแปลงแปรผันตามความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เพิ่มขึ้น มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.9659

จากนั้นทำการตรวจวัดสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ด้วยเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น โดยวัดซ้ำ 3 ครั้ง ได้ผลแสดงในรูปที่ 4.5 ค่าตรวจวัดได้เป็นค่าที่อยู่ในรูปของค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากตัวตรวจรับแสงจากเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นผ่านการกรองและขยายสัญญาณแล้ว ค่าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.93

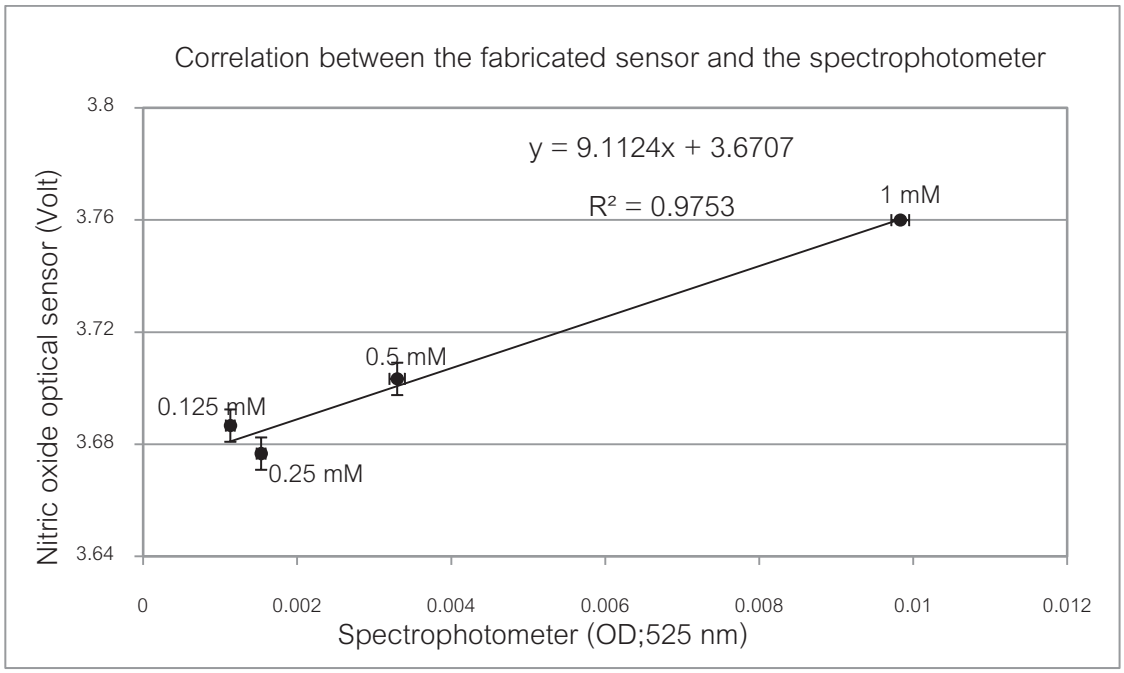


รูปที่ 4.4 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร ของสารสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ที่ความเข้มข้น 0.125 -1.000 มิลลิโมลาร์

จากนั้นนำค่าการตรวจวัดสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ที่ได้จากการตรวจด้วยสเปกโตโฟโตมิเตอร์ และจากเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นมาหาค่าความสัมพันธ์กัน ได้ผลแสดงดังรูป 4.6 ในกราฟแสดงความสัมพันธ์ให้ค่าการดูดกลืนแสง ที่วัดได้จากสเปคโตโฟโตมิเตอร์แสดงอยู่ในแกนนอน และค่าแรงดันไฟฟ้าหน่วยเป็นโวลต์ แสดงอยู่ในแกนตั้ง พบว่าค่าการตรวจวัดทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ตัดสินใจ เท่ากับ 0.9753



รูปที่ 4.5 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้จากเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น ของสารละลายซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ที่ความเข้มข้น 0.125-1.000 มิลลิโมลาร์



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ กับเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น

4.3 ผลการทดสอบเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นกับอาสาสมัครผู้ที่ผ่านเกณฑ์คัดกรอง

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเครื่องมือตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นกับอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าศึกษาวิจัย ซึ่งได้รับความร่วมมือจากอาสาสมัครทั้งหมด 25 คน โดยผู้ที่เข้ารับการทดสอบจะได้รับฟังการอธิบายเบื้องต้นในการเตรียมตัว และได้ลงชื่อยินยอมเข้าร่วมทำการทดสอบก่อนเข้าร่วมทำการทดสอบ

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร แสดงในตารางที่ 4.2 และข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นตามขั้นตอนการตรวจวัดตามหัวข้อที่ 3.8 จากนั้นนำข้อมูลจากการทดสอบเครื่องมือตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น มาทำการวิเคราะห์ผลของสัญญาณ แสดงผลในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดกรอง ทั้งหมด 25 คน

รหัสผู้ทดสอบ	เพศ	อายุ(ปี)	น้ำหนัก (กก)	ส่วนสูง (ม)	BMI	ความดันโลหิต (มม.ปรอท)	
						Systolic P.	Diastolic P.
01	ชาย	21	68	1.78	21.46	124	62
02	ชาย	22	54	1.66	19.60	121	71
03	ชาย	22	56	1.71	19.15	103	80
04	ชาย	24	67	1.71	22.91	112	73
05	ชาย	27	55	1.69	19.26	110	83
06	ชาย	27	55	1.65	20.20	111	69
07	ชาย	29	59	1.7	20.42	114	70
08	ชาย	29	54	1.69	18.91	100	63
09	ชาย	29	65	1.7	22.49	112	75
10	ชาย	30	60	1.72	20.28	134	83
11	หญิง	21	50	1.64	18.59	101	65
12	หญิง	23	55.3	1.63	20.81	102	67

ตาราง 4.2 (ต่อ) ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดกรอง ทั้งหมด 25 คน

รหัสผู้ทดสอบ	เพศ	อายุ(ปี)	น้ำหนัก (กก)	ส่วนสูง (ม)	BMI	ความดันโลหิต (มม.ปรอท)	
						Systolic P.	Diastolic P.
13	หญิง	23	47	1.55	19.56	113	88
14	หญิง	23	55	1.69	19.26	112	69
15	หญิง	23	56	1.6	21.88	107	71
16	หญิง	23	52	1.6	20.31	123	77
17	หญิง	24	50	1.55	20.81	116	80
18	หญิง	25	45	1.51	19.74	96	54
19	หญิง	25	55	1.63	20.70	117	78
20	หญิง	26	47.5	1.6	18.55	97	58
21	หญิง	28	48	1.6	18.75	95	68
22	หญิง	28	51.6	1.56	21.20	110	68
23	หญิง	28	52	1.65	19.10	95	62
24	หญิง	28	50	1.64	18.59	119	69
25	หญิง	29	53	1.57	21.50	104	65
Mean	-	25.48	54.42	1.64	20.16	109.92	70.72
SD	-	2.89	5.87	0.07	1.25	10.04	8.28
Min	-	21	45	1.51	18.55	95	54
Max	-	30	68	1.78	22.91	134	88

ตารางที่ 4.3 ผลของค่าที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดไนตริกออกไซด์ที่ประดิษฐ์ขึ้น

รหัสอาสาสมัคร	**แรงดันไฟฟ้า(โวลต์)**			**เวลา(วินาที)**		**ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเทียบกับค่า Baseline 1 (%)**	
	Baseline 1	Baseline 2	V_{Max}	T_r	T_f	Baseline 2	V_{Max}
01	0.580	0.570	0.694	50.0	18.7	-1.6	19.7
02	0.620	0.591	0.806	33.7	33.7	-4.7	30.1
03	0.577	0.523	0.782	44.3	10.0	-9.5	35.4
04	0.796	0.763	1.030	53.0	33.0	-4.1	29.3
05	0.861	0.800	1.250	38.0	22.3	-7.1	45.1
06	0.649	0.629	0.951	45.0	16.3	-3.1	46.7
07	0.802	0.752	1.020	50.7	28.7	-6.2	27.2
08	0.854	0.768	1.090	48.7	35.3	-10.1	27.6
09	0.839	0.827	1.022	52.0	13.7	-1.4	21.8
10	0.711	0.682	0.898	44.7	8.3	-4.1	26.2
11	0.923	0.838	1.202	46.3	23.3	-9.2	30.3
12	0.530	0.516	0.717	55.0	8.7	-2.6	35.3
13	0.605	0.558	0.772	53.7	4.7	-7.8	27.7
14	0.705	0.661	0.873	51.7	11.0	-6.3	23.8
15	0.757	0.685	0.950	53.3	7.3	-9.5	25.5
16	0.575	0.557	0.671	60.3	2.3	-3.1	16.7
17	0.761	0.701	1.101	43.7	7.7	-7.9	44.8
18	0.856	0.810	1.173	46.0	14.0	-5.4	37.0

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ผลของค่าได้จากเครื่องมือตรวจวัดไนตริกออกไซด์ที่ประดิษฐ์ขึ้น

รหัสอาสาสมัคร	แรงดันไฟฟ้า(โวลต์)			เวลา(วินาที)		ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเทียบกับค่า Baseline 1 (%)	
	Baseline 1	Baseline 2	V_{Max}	T_r	T_f	Baseline 2	V_{Max}
19	0.746	0.657	0.940	48.0	9.7	-11.9	26.1
20	0.885	0.843	1.349	52.0	17.7	-4.8	52.4
21	0.664	0.621	0.828	61.7	7.7	-6.5	24.6
22	1.032	0.913	1.461	47.7	12.3	-11.5	41.6
23	0.700	0.677	0.875	62.7	4.3	-3.3	24.9
24	0.946	0.910	1.248	54.3	10.3	-3.8	32.0
25	0.733	0.694	1.056	46.3	12.3	-5.3	44.0
Mean	0.748	0.702	0.990	49.7	14.9	-6.0	31.8
SD	0.131	0.117	0.209	6.7	9.5	3.0	9.3
Min	0.530	0.516	0.671	33.7	2.3	-11.9	16.7
Max	1.032	0.913	1.461	62.7	35.3	-1.4	52.4

ผลของการทดลองที่แสดงดังตารางที่ 4.3 สามารถอภิปรายได้ดังนี้

ค่าของ Baseline 1 คือค่าพื้นหลังเริ่มต้นก่อนทำการกระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ให้เพิ่มมากขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นปริมาณของไนตริกออกไซด์ที่สร้างได้ในระยะพัก (resting state) แล้วทำปฏิกิริยาเกิดเป็น ไนโตรโซไทออล (ดังแสดงในรูปที่ 2.3 การทำปฏิกิริยาของไนตริกออกไซด์ กับสารต่างๆที่อยู่ในระบบชีวภาพ) พบว่ามีค่าเฉลี่ยเทียบเป็นแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.748 ± 0.131 โวลต์ ดังนั้นค่าพื้นหลังของอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าทำวิจัยแต่ละคนได้ค่าแตกต่างกันนั้น อาจเป็นผลโดยตรงจากปริมาณของไนตริกออกไซด์เริ่มต้นที่อยู่ในเลือด รวมทั้งอาจมีผลจากปัจจัยภายนอกคือ ลักษณะของการวางนิ้วในที่ตรวจวัดของแต่ละบุคคล ขนาดของนิ้วที่แตกต่างกัน สีผิว ชั้นของไขมันใต้ผิวหนัง

ค่า T_r คือระยะเวลาที่แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เปลี่ยนแปลงจากค่า Baseline 1 เพิ่มขึ้นเท่ากับ 90% ของค่า V_{Max} เป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเอ็นโดทีเลียลเซลล์ในการสร้างไนตริกออกไซด์หลังจากกระตุ้นด้วยการรัดที่ต้นแขน ค่าของ T_r ที่สูง แสดงให้เห็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเอ็นโดทีเลียลเซลล์ในการสร้างไนตริกออกไซด์ให้มากขึ้นเมื่อ เอ็นโดทีเลียลเซลล์ถูกกระตุ้นด้วยการรัดแขน จึงอาจกล่าวได้ว่าค่า T_r สามารถระบุถึงประสิทธิภาพในการทำงานของเอนโดทีเลียมในการสร้างไนตริกออกไซด์ของแต่ละคน เมื่อมีกระตุ้นด้วยภาวะ Hypoxia ซึ่งอาจมีค่าแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นกับการทำงานของเซลล์ในการควบคุมกลไกการตอยสนองต่อภาวะขาดเลือดในระหว่างที่มีการรัดแขน รวมถึงอาจขึ้นกับปริมาณของสารตั้งต้น (กรดอะมิโนชนิด L-aginine รูปที่ 2.1) ที่ใช้ผลิตไนตริกออกไซด์ที่มีปริมาณน้อยลงส่งผลให้ความเร็วในการผลิตไนตริกออกไซด์เริ่มช้าลงไปด้วย ในการทดลองกับอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าทำวิจัย พบว่ามีค่า T_r เฉลี่ยเท่ากับ 49.7±6.7 วินาที

ค่า V_{Max} คือ ปริมาณไนโตรโซไทออล ซึ่งก็คือค่าของไนตริกออกไซด์ที่เซลล์สร้างขึ้นสูงที่สุดเมื่อมีการกระตุ้นด้วยการปล่อยการรัดแขน หรือเรียกกลไกดังกล่าวว่า reactive hyperemia จากการทดลองในอาสาสมัคร 25 คน พบว่า ค่า V_{Max} จะอยู่ในช่วง 1-3 วินาทีหลังปล่อยการรัดแขน แสดงถึงความสามารถสูงสุดของเอนโดทีเลียมในการสร้างไนตริกออกไซด์ เมื่อมีการกระตุ้นด้วย reactive hyperemia ซึ่งในการทดลองกับอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าทำวิจัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.990±0.209 โวลต์

ค่า V_{Max} ที่มีค่าสูง แสดงว่าเอนโดทีเลียมทำงานเป็นปกติ ส่วนค่า V_{Max} ที่มีค่าต่ำ อาจบ่งชี้ได้ว่าเอนโดทีเลียมสร้างไนตริกออกไซด์ได้ในปริมาณน้อย หรือเมื่อนำมาคำนวณคิดเป็นร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเทียบกับค่าพื้นหลัง พบว่ามีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 31.8±9.3 เปอร์เซ็นต์ และแสดงเป็นค่า $\%V_{Max}$ โดยสามารถนำค่าดังกล่าวนี้ไปเปรียบเทียบผลที่วัดได้เปรียบเทียบกันในกลุ่มอาสาสมัครรายอื่นๆต่อไป

D. Kellogg และคณะ[55] ได้ทำการวัดไนตริกออกไซด์ ใต้ผิวหนัง ในอาสาสมัคร โดยวัดด้วยอิเล็กโทรด และพบว่าการกระตุ้นให้สร้างไนตริกออกไซด์ ด้วยความร้อนผ่านทางผิวหนัง (38-39 องศาเซลเซียส ต่อเนื่อง 35-50 นาที) และการให้สารกระตุ้นอะซิติลโคลีนผ่านทางผิวหนัง (160 มิลลิโมลาร์ ด้วยอัตรา 5 ไมโครลิตรต่อวินาที เป็นเวลา 30-40 วินาที) พบว่าปริมาณของไนตริกออกไซด์ที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น 22±5% เมื่อเทียบกับค่าพื้นหลัง และการกระตุ้นด้วยอะซิติลโคลี พบว่าค่าไนตริกออกไซด์ที่วัด

ได้เพิ่มขึ้น 16±10% เมื่อเทียบกับค่าพื้นหลัง ค่าที่วัดได้จากเครื่องตรวจวัดที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นของงานวิจัยนี้ได้ค่า 31.8±9.3% เมื่อเทียบกับค่าพื้นหลัง ซึ่งสูงกว่า ค่าที่รายงานโดย D. Kellogg และคณะ ทั้งนี้เป็นเพราะการวิจัยในครั้งนี้ทำการกระตุ้นด้วยการรัดแขน แล้วปล่อยทันที ดังนั้นเอ็นโดทีเลียลเซลล์จึงถูกกระตุ้นให้สร้างไนตริกออกไซด์จากสองปัจจัย คือ ภาวะ Hypoxia และภาวะ reactive hyperemia จึงทำให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ออกมาอย่างต่อเนื่องและเพิ่มสูงที่สุดหลังการปล่อยสายรัด เพราะ Flow ที่เพิ่มขึ้นในช่วง reactive hyperemia ทำการกระตุ้นให้เซลล์สร้างเพิ่มขึ้นอีกจนถึงค่า Vmax ที่มีค่าที่สูงกว่าการกระตุ้นด้วยเพียงปัจจัยเดียว ตามการทดสอบของ D. Kellogg และคณะ

นอกจากนี้ จากงานวิจัยของ M. Faulx และคณะ[53] ได้ทำการตรวจวัดการขยายตัวของหลอดเลือดต้นแขน(Brachial artery) หลังจากกระตุ้นด้วยการรัดแขน นาน 5 นาที ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือด พบว่าค่าของการขยายตัวของหลอดเลือดที่ตรวจวัดได้ ในกลุ่มที่มีค่าการขยายตัวน้อยกว่า 4.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถวินิจฉัยได้ว่ามีโอกาสที่จะเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ สูงถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการทดลองของการตรวจวัดไนตริกออกไซด์ด้วยเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น ในกลุ่มอาสาสมัครที่ปกตินั้นได้ค่าการเปลี่ยนแปลงสูงสุด $\%V_{Max}$ สูงกว่าค่าการขยายตัวของผู้ป่วยหลอดเลือด

ค่า T_f คือ ระยะเวลาที่แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เปลี่ยนแปลงจากค่า V_{Max} ลดลงเหลือ 10% ของค่า V_{Max} หลังจากจากปล่อยการรัดแขน ค่านี้บ่งชี้ถึงระยะเวลาของการกลับเข้าสู่ภาวะพัก (resting state) อีกครั้งหลังจากการกระตุ้น ค่า T_f ที่มีค่าสูงแสดงว่าใช้เวลาในการกลับเข้าสู่ภาวะพัก อีกครั้งได้ช้า และค่า T_f ที่ต่ำแสดงว่าการกลับเข้าสู่ภาวะพัก อีกครั้งได้เร็ว ซึ่งถือว่าหลอดเลือดทำงานได้ดี คือมีการปรับให้เข้าสู่ภาวะพักอีกครั้งได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งในการทดลองกับอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าทำวิจัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.9±9.5 วินาที

ค่า Baseline 2 คือ ค่าพื้นหลังของสัญญาณที่วัดได้หลังจากปล่อยการรัดแขน เป็นช่วงที่หลอดเลือดกลับเข้าสู่ภาวะพัก สำหรับการสร้างไนตริกออกไซด์ในระดับปกติอีกครั้ง จากผลการทดลองพบว่าค่าที่วัดได้มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับค่าพื้นหลังก่อนการกระตุ้น ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าเป็นผลจากการกระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์ไปแล้วจำนวนมาก ทำให้ภายในเซลล์มีปริมาณของสารตั้งต้นและโคเฟกเตอร์ที่ต้องใช้ในการสร้างไนตริกออกไซด์ได้ถูกใช้ไป ทำให้มีปริมาณลดน้อยลง (Depletion) ส่งผลให้ปริมาณไนตริกออกไซด์ที่วัดได้มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับค่าพื้นหลังเริ่มต้น ซึ่งในการทดลองกับอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าทำวิจัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.702±0.117 โวลต์ หรือ นำมา

คำนวณคิดเป็นร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเทียบกับค่าพื้นหลังเริ่มต้น พบว่ามีค่าลดลง -6.0±3.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ช่วงเวลา 120 วินาทีหลังการปล่อยสายรัด โดยค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงนี้ถูกบันทึกไว้ในชื่อ %Baseline 2 เพื่อประโยชน์ในการไปเปรียบเทียบผลที่ได้จากอาสาสมัครรายอื่นต่อไป

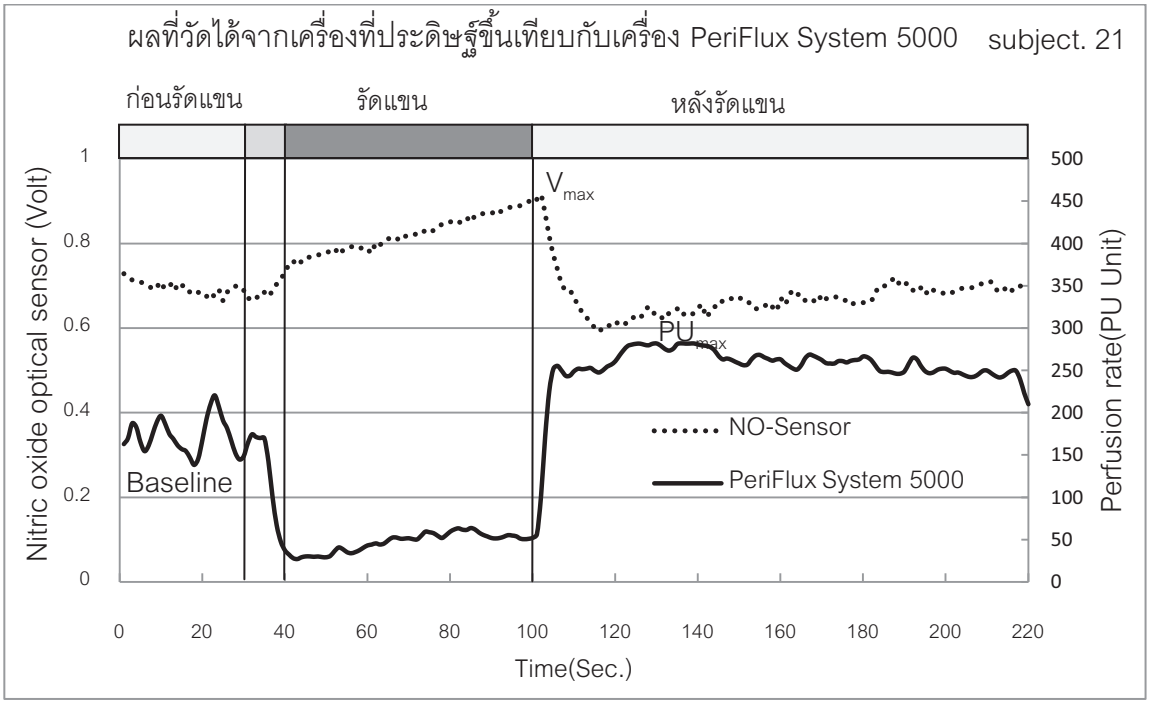
จากผลการทดลองในกลุ่มที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าทำวิจัย ซึ่งเป็นกลุ่มที่ผู้ทำวิจัยได้ใช้เกณฑ์ที่คัดกรองกลุ่มของผู้ที่ไม่มีความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือด หรือกลุ่มที่ไม่มีความผิดปกติของการสร้างไนตริกออกไซด์ ทำให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการทดลองนี้ ถือได้ว่าเป็นค่าปกติของการวัดการเปลี่ยนแปลงไนตริกออกไซด์หลังจากกระตุ้นด้วยวิธีรัดแขน ในกลุ่มผู้ที่มีสุขภาพดี โดยสรุปรวมเป็นค่าเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าต่ำสุด-สูงสุด ของค่าต่างๆ ไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สรุปข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น ของอาสาสมัคร (n=25)

Baseline 1 (โวลต์)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.748 ± 0.131
	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	0.530-1.032
Baseline 2 (โวลต์)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.702 ± 0.117
	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	0.516-0.913
V_{Max} (โวลต์)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.990 ± 0.209
	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	0.671-1.461
T_r (วินาที)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	49.7 ± 6.7
	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	33.7-62.7
T_f (วินาที)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	14.9 ± 9.5
	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	2.3-35.3
%Baseline 2 (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย-ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	-6.0 ± 3.0
	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	(-11.9)- (-1.4)
$\%V_{Max}$ (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	31.8 ± 9.3
	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	16.7-52.4

4.3 การเปรียบเทียบเครื่องที่ประดิษฐ์กับเครื่องวัดอัตราการไหลของเลือด

ในการทดลองนี้ได้ทำการตรวจวัดอัตราการไหลของเลือด(Perfusion rate)ที่ผิวหนังของอาสาสมัครจำนวน 5 คน ที่คัดมาจากกลุ่มแรก โดยใช้เครื่อง Periflux System 5000 ทำการวัดปลายนิ้วในตำแหน่งเดียวกันกับที่ใช้ในการตรวจวัดไนตริกออกไซด์ด้วยเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้น และทำการกระตุ้นด้วยการรัดแขนเหมือนกันทุกประการ โดยได้ทำการทดสอบกับอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าทำวิจัย ทั้งหมด 5 คน ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ตัวอย่างผลการตรวจวัดแสดงดังรูปที่ 4.7 ซึ่งได้แสดงผลของการตรวจวัดหนึ่งของอาสาสมัครหมายเลข 21(หญิง,อายุ 28 ปี, BMI=18.75) ขณะที่มีการรัดแขนเริ่มตั้งแต่วินาทีที่ 30 อัตราการไหลของเลือดจะลดลงอย่างรวดเร็ว และในช่วงที่มีการรัดแขนอยู่นั้นค่าอัตราการไหลของเลือดจะมีค่าต่ำลง และจะเพิ่มสูงขึ้นทันที และพบว่าความเร็วของการไหลของเลือดหลังจากการรัดด้วยแขนจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับความเร็วก่อนการรัดแขน อันเนื่องมาจากหลอดเลือดมีการคลายตัวเพิ่มขนาดของหลอดเลือดซึ่งเป็นผลจากการหลั่งไนตริกออกไซด์ของเอนโดธีเลียลเซลล์ ผลการตรวจวัดอัตราการไหลของเลือดของอาสาสมัครทั้ง 5 คน แสดงผลในตาราง 4.5

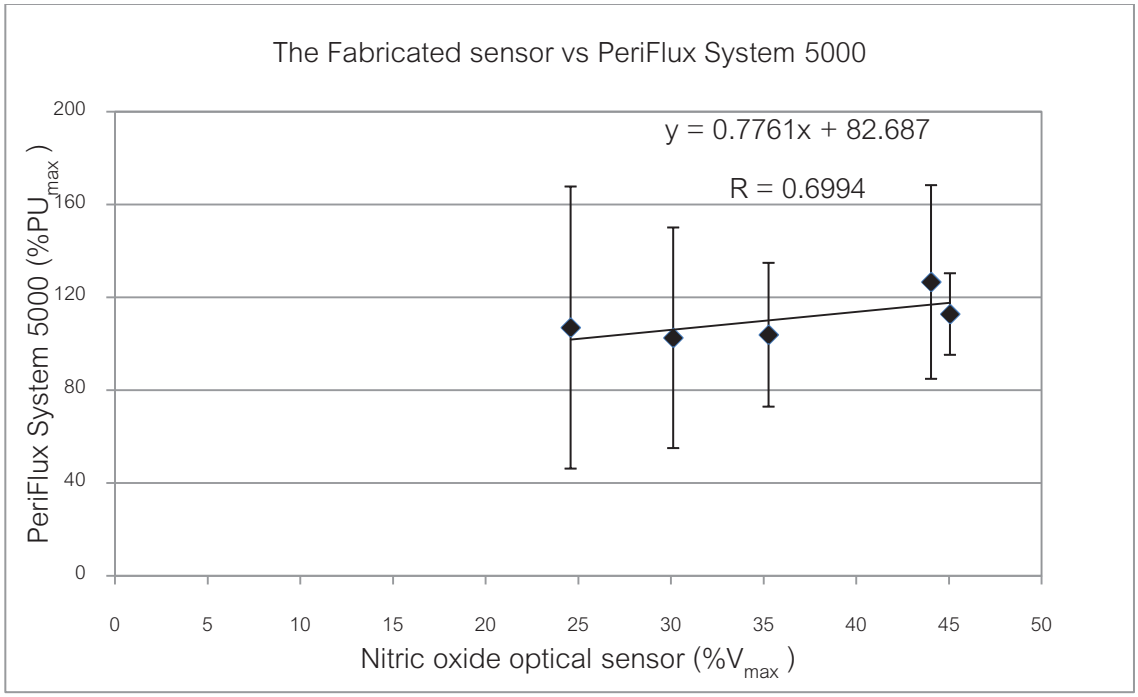


รูปที่ 4.7 ตัวอย่างที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหนึ่งคน เพื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นกับเครื่องวัดอัตราการไหลของเลือด PeriFlux System 5000

ตาราง 4.5 สรุปผลจากการตรวจวัด Perfusion rate (PU) ด้วยเครื่อง PeriFlux System 5000 ของอาสาสมัครผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าศึกษาวิจัย (n=5)

รหัสอาสาสมัคร	**เพศ**	**อายุ (ปี)**	**BMI**	**ค่าที่ได้จากเครื่อง PeriFlux System 5000**			**ค่าที่ได้จากเครื่องตรวจที่ประดิษฐ์**
				Baseline [PU Unite]	PU_{Max} [PU Unite]	$\%PU_{Max}$ (%)	$\%V_{max}$ (%)
2	ชาย	22	19.6	108.67	289.05	102.5	30.1
5	ชาย	27	19.26	24.87	52.25	112.7	45.1
12	หญิง	23	20.81	206.41	396.8	103.8	35.3
21	หญิง	28	18.75	139.67	319.62	106.9	24.6
25	หญิง	29	21.5	139.64	328.48	126.5	44.0
Mean	-	25.8	19.98	123.85	277.24	134.7	35.8
SD	-	3.11	1.14	65.85	131.79	32.2	8.8

จากนั้นได้หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\%V_{max}$ ที่วัดได้จากเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นเทียบกับค่า $\%PU_{Max}$ ที่ได้จากเครื่อง PeriFlux System 5000 ของอาสาสมัครแต่ละคน แสดงผลดังรูปที่ 4.8 พบว่ามีความสัมพันธ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(R)เท่ากับ 0.6994 หรือประมาณ 0.7 ซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่อปริมาณไนตริกที่หลั่งออกเพิ่มมากขึ้น จะทำให้มีอัตราการไหลของเลือดเพิ่มมากขึ้นตามด้วย เพราะไนตริกออกไซด์ทำหน้าที่เป็น vasodilator ดังกลไกที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.2 ดังนั้นความสัมพันธ์จึงเป็นเชิงบวกตามคาด และพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ประมาณ 0.7 ซึ่งอภิปรายได้ว่า ในกลุ่มผู้เข้าร่วมทำการทดลองถือว่าเป็นกลุ่มที่มีสุขภาพดีกลุ่มเดียวกัน ทำให้อัตราการสร้างไนตริกออกไซด์กับอัตราการไหลผ่านของเลือดเพิ่มขึ้นสอดคล้องกัน โดยคาดว่าค่าความสัมพันธ์จะเพิ่มมากขึ้นหากมีการเพิ่มจำนวนอาสาสมัคร และอาจต้องปรับเปลี่ยนตำแหน่งของการตรวจวัดให้มีระยะที่ใกล้กับจุดที่ทำการกระตุ้นให้เกิดการตอบสนอง

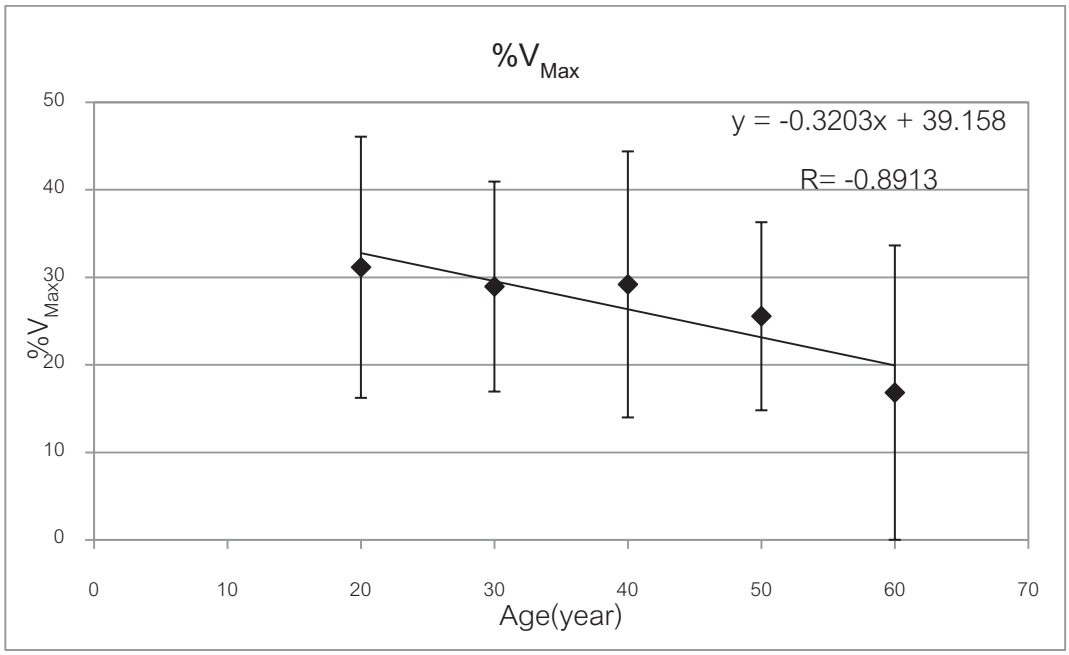


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า V_{max} ที่วัดได้จากเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นเทียบกับค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของ PU_{Max} ที่ได้จากเครื่อง PeriFlux System 5000 ของอาสาสมัครทั้งหมด 5 คน

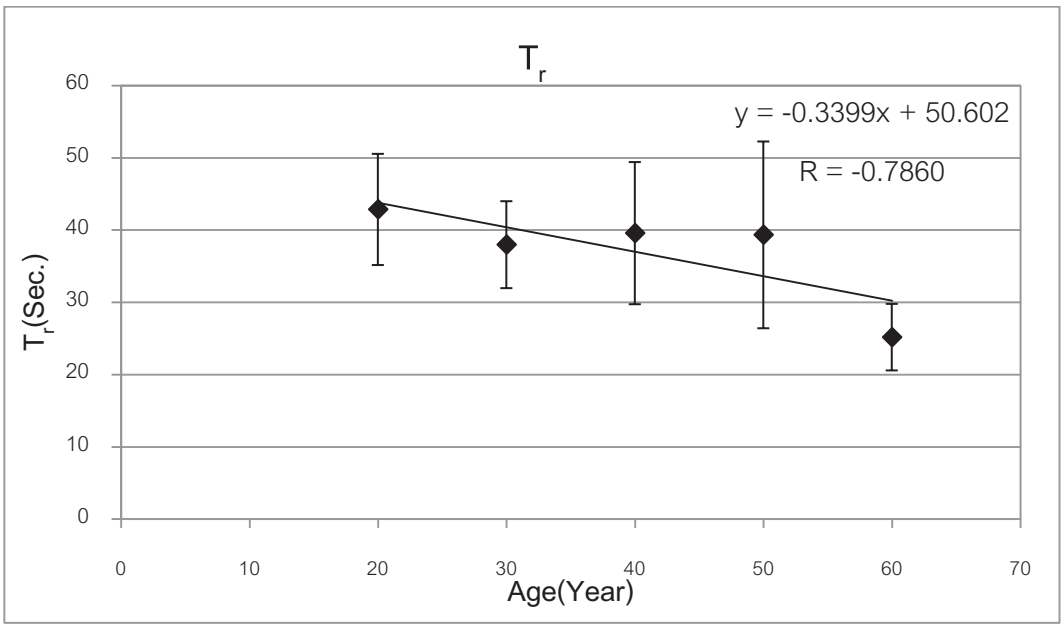
4.4 การทดลองในกลุ่มที่มีอายุแตกต่างกัน

นอกจากนี้ผู้ทำวิจัยได้ทำการทดลองเพิ่มเติม ในกลุ่มที่มีอายุแตกต่างกัน จำนวน 75 คน มีอายุตั้งแต่ 20-84 ปี ทำการตรวจวัดได้เพียงคนละ 1 ครั้ง และเมื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ผล หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า V_{max} ($\%V_{max}$)และค่า T_r โดยแบ่งช่วงอายุของผู้เข้าร่วมทดสอบเป็น 20-29, 30-39, 40-49, 50-59 และ 60 ปีขึ้นไป (แสดงผลทั้งหมดไว้ที่ภาคผนวก ง)พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างอายุและค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า V_{Max} ที่ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์(R)เท่ากับ -0.8913 (รูปที่ 4.9) และมีความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่า T_r โดยมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.7860 (รูปที่ 4.10)สามารถอภิปรายได้ดังนี้

ค่า $\%V_{Max}$ และค่า และค่า T_r มีแนวโน้มมีค่าลดลง เมื่อผู้ถูกทดสอบมีอายุเพิ่มมากขึ้น ซึ่งค่า $\%V_{Max}$ และ T_r แสดงถึงประสิทธิภาพในการสร้างไนตริกออกไซด์ของหลอดเลือดเมื่อถูกกระตุ้น ซึ่งมีรายงานพบว่าในกลุ่มผู้สูงอายุประสิทธิภาพของการทำงานของหลอดเลือดจะลดลง [1] ถือได้ว่าผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า V_{max} เทียบกับค่าพื้นหลัง พบว่าเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์เมื่อถูกกระตุ้นมีค่าน้อยลง



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ T_r พบว่าเมื่ออายุเพิ่มขึ้นค่า T_r ลดลง แสดงว่าเมื่อทำการกระตุ้นให้มีการสร้างไนตริกออกไซด์กลุ่มผู้อายุสูง การสร้างไนตริกออกไซด์จะเข้าสู่สภาวะอิ่มตัวเร็วขึ้น

ช่วงอายุ (ปี)	จำนวน (คน)	$\%V_{max}$	SD($\%V_{max}$)	T_r	SD(T_r)
20-29	22	31.2	14.9	42.9	7.7
30-39	16	29.0	12.0	38.0	6.0
40-49	17	29.2	15.2	39.6	9.8
50-59	14	25.6	10.7	39.4	12.9
60-84	6	16.8	16.8	25.2	4.6

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยของค่า $\%V_{max}$ และค่า T_rของอาสาสมัครในแต่ละช่วงอายุ ทั้งหมด 75 คน

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการประดิษฐ์เครื่องมือตรวจวัดด้วยหลักการการดูดกลืนแสงชนิดไม่รุกล้ำร่างกายสำหรับตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับไนตริกออกไซด์หลังจากกระตุ้นด้วยการรัดแขน โดยวิทยานิพนธ์นี้ทำการประดิษฐ์เครื่องตรวจวัด แล้วทำการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) และในระดับการทดลองในอาสาสมัคร(*in vivo*) ซึ่งในการทดลองในห้องปฏิบัติการใช้สารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล เป็นสารบ่งชี้ถึงปริมาณในตริกออกไซด์ ในการทดลองในอาสาสมัครใช้การรัดแขนเป็นตัวกระตุ้นให้เอนโดทีเลียลเซลล์หลั่งไนตริกออกไซด์ จากการดำเนินงานสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1. ทำการประดิษฐ์เครื่องตรวจวัด โดยใช้หลักการทางแสงวัดแบบแสงสะท้อนชนิดไม่รุกล้ำ ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ส่วนแหล่งกำเนิดแสง ส่วนกรองและขยายสัญญาณ และส่วนแสดงผล ที่สามารถดูผลการทดลองได้ในเวลาจริง สามารถใช้งานนอกห้องปฏิบัติการได้ เครื่องมือตรวจวัดมีคุณสมบัติแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติของเครื่องตรวจวัดไนตริกออกไซด์ชนิดไม่รุกล้ำ

ความยาวคลื่นแสงของโฟโตไดโอด	525 นาโนเมตร
ความยาวคลื่นแสงที่ตัวตรวจวัดรับสัญญาณได้	400-1100 นาโนเมตร
ความถี่ที่ใช้ในกระพริบของโฟโตไดโอด	100 เฮิร์ต
ความถี่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	1 เฮิร์ต
ส่วนกรองสัญญาณ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ	 10 กิโลโอห์ม 100 ไมโครฟารัด
ไอซีที่ใช้ในการขยายสัญญาณ	รหัส LM358 กำลังขยาย 100 เท่า
ตัวควบคุม ไมโครคอนโทรเลอร์	รหัส PIC18F4550

5.1.2 สำหรับการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ ได้ทำการทดสอบเครื่องมือตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นเทียบกับเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์โดยใช้สารละลายมาตรฐานไนโตรโซไทออลที่มีความ

เข้มข้น 0.0125-1.000 มิลลิโมลาร์ พบว่าให้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยมีค่าสหสัมพันธ์(R) ของทั้งสองวิธีอยู่ที่ 0.987 แสดงว่าเครื่องมือที่ตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น สามารถตรวจวัดสารละลายมาตรฐานได้ดี

5.1.3 สำหรับการทดสอบในอาสาสมัคร ได้นำเสนอการตรวจวัดที่ปลายนิ้ว และกระตุ้นให้มีการหลั่งในตริกออกไซด์ด้วยการรัดที่ต้นแขน นาน 60 วินาที และเก็บข้อมูลตลอดการทำการทดสอบ ซึ่งอาสาสมัครผู้ที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าทำวิจัยทั้งหมดเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดน้อย ทำให้ค่าต่างๆที่ตรวจวัดได้ถือว่าเป็นค่าปกติของกลุ่มคนที่มีสุขภาพของหลอดเลือดที่ปกติ แสดงผลของค่าต่างๆในตารางที่ 4.3

5.1.4 สำหรับการทดลองในอาสาสมัครนั้น ได้ทำการทดลองการวัดอัตราการไหลผ่านของเลือด โดยทำการกระตุ้นการสร้างไนตริกออกไซด์ในแบบเดียวกันกับการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น ซึ่งเป็นการยืนยันถึงผลของไนตริกออกไซด์ได้หลั่งออกมาหลังการกระตุ้น และทำให้หลอดเลือดขยาย ส่งผลให้เลือดไหลได้เร็วขึ้น เมื่อปล่อยการรัดแขน ผลการทดลองเมื่อนำค่าที่ตรวจวัดได้จากเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น และเครื่อง PeriFlux System 5000 ที่ใช้ในการตรวจวัดอัตราการไหลผ่านของเลือดมาเปรียบเทียบกัน พบว่าหลังการกระตุ้นอัตราการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์ที่วัดได้จากเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นและอัตราการไหลผ่านของเลือดจากทั้งสองเครื่องมีค่าเพิ่มขึ้นในทำนองเดียวกัน

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดได้เลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ให้ความเข้มแสงที่มีความคลื่น 525 นาโนเมตร แม้จะสามารถตรวจวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์ที่เกิดขึ้นเมื่อทำการกระตุ้นแต่อย่างไรก็ตาม การดูดกลืนแสงของซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออลที่ใช้เป็นสารบ่งชี้ถึงไนตริกออกไซด์มีค่าสูงสุดในช่วงที่สองอยู่ที่ 550 นาโนเมตร ดังนั้นการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงดังกล่าว จะทำให้ได้ในการตรวจวัดที่ดีขึ้นได้ หรือเพิ่มแหล่งกำเนิดแสงมากกว่าหนึ่งชนิดเพื่อเพิ่มข้อมูลในการวิเคราะห์หาค่าไนตริกออกไซด์ในเชิงปริมาณได้ต่อไป

5.2.2 ในการพัฒนาเครื่องตรวจวัดได้ทำการ modulate สัญญาณให้กับแหล่งกำเนิดแสง แต่ระบบ demodulate สัญญาณยังไม่ทำการพัฒนา จึงเสนอแนะให้มีการเพิ่มส่วนนี้เข้าไปในเครื่องตรวจวัด เพื่อเพิ่มความถูกต้องของสัญญาณที่วัดได้มากยิ่งขึ้น

5.2.3 การเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น PIC18F4550 มีคุณสมบัติระบุความแตกต่างของสัญญาณได้ 1024 ระดับ ผู้วิจัยแนะนำให้การพัฒนาครั้งต่อไปเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีสามารถระบุความแตกต่างของสัญญาณได้มากกกว่านี้

5.2.4 จากข้อมูลที่ทำการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไนตริกออกไซด์ทางอ้อมจาก ไนโตรโซไทออล ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้มีการทำ calibration สำหรับเครื่องมือที่ประดิษฐ์นี้ด้วย โดยอาจใช้แบบจำลองหลอดเลือด ที่มีการไหลของไนตริกออกไซด์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เพื่อนำไปสู่การหาปริมาณไนตริกออกไซด์

5.2.5 ควรมีการเก็บข้อมูล ในกลุ่มที่มีการรายงานว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดเอนโดทีเลียลเซลล์ที่ทำงานผิดปกติ (Endothelial dysfunction) เช่น กลุ่มผู้ป่วยโรคความดันสูง กลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มมีไขมันในเลือดสูง เป็นต้น และควรทำในประชากรจำนวนมากขึ้นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือนี้ต่อไป

รายการอ้างอิง

[1] Pacher, P., Beckman, J.S., and Liaudet, L. Nitric oxide and peroxynitrite in health and disease. Physiological Reviews, 87,1(2007):315-424.

[2] Ignarro, L.J. Introduction and Overview In: Ignarro LJ, editor. Nitric Oxide Biology and Pathobiology. Los Angeles, California: Academic Press, 2000:3-19.

[3] Grover-Páez, F., Zavalza-Gómez, A.B. Endothelial dysfunction and cardiovascular risk factors. Diabetes Research and Clinical Practice, 84,1(2009):1-10.

[4] Cohn, J.N., et al. Surrogate markers for cardiovascular disease: Functional markers. Circulation, 109,25(2004):IV-31-IV-46.

[5] Lorente, J.A., et al. L-arginine pathway in the sepsis syndrome. Critical Care Medicine, 21,9(1993):1287-1295.

[6] Munford, R.S. Sepsis and septic shock. Harrison's Principles of Internal Medicine, 1998:776-780.

[7] Knott, A.B., Bossy-Wetzel, E. Nitric oxide in health and disease of the nervous system. Antioxid Redox Signal, 11,3(2008)

[8] Marletta, M.A. Nitric oxide: Biosynthesis and biological significance. Trends in Biochemical Sciences, 14,12(1989):488-492.

[9] De Belder, A., Moncada, S. Cardiomyopathy: A role for nitric oxide. International Journal of Cardiology, 50,3(1995):263-268.

[10] De Belder, A.J., et al. Nitric oxide and the pathogenesis of heart muscle disease. European Journal of Clinical Investigation, 25,1(1995):1-8.

[11] Dugas, B., Debre, P., and Moncada, S. Nitric oxide, a vital poison inside the immune and inflammatory network. Research in Immunology, 146,9(1995):664-670.

[12] Furchgott, R.F. Role of endothelium in responses of vascular smooth muscle. Circulation Research, 53,5(1983):557-573.

[13] Moncada, S. Nitric oxide in the vasculature: Physiology and pathophysiology. Annals of the New York Academy of Sciences, 811(1997):60-69.

[14] Hemmens, B., Mayer B. Enzymology of Nitric Oxide Synthases. Nitric Oxide Protocols.Totowa, New Jersey: Humana Press; 1998:1-32.

[15] Wallis, J.P. Nitric oxide and blood: A review. Transfusion Medicine, 15,1(2005):1-11.

[16] Peach, M.J., et al. Role of calcium in endothelium-dependent relaxation of arterial smooth muscle. American Journal of Cardiology, 59,2(1987):35A-43A.

[17] Al-Sa'Doni, H., Ferro, A. S-nitrosothiols: A class of nitric oxide-donor drugs. Clinical Science, 98,5(2000):507-520.

[18] Olivier Feron, T.M. Cell and Molecular Biology of Nitric Oxide Synthases. In: Joseph Loscalzo, J.A. editor. Nitric Oxide and the Cardiovascular System. Totowa, New Jersey: Humana; 2000:11-32.

[19] Dillon, G.A., Vita, J.A. Nitric Oxide and Endothelial Dysfunction. In: Joseph, J.A., editor. Nitric Oxide and the Cardiovascular System. Totowa, New Jersey: Humana Press; 2000:207-226.

[20] Zeidler, M.R., Kleerup, E.C., and Tashkin, D.P. Exhaled nitric oxide in the assessment of asthma. Current Opinion in Pulmonary Medicine, 10,1(2004):31-36.

[21] Giustarini, D., et al. Nitric oxide, S-nitrosothiols and hemoglobin: Is methodology the key. Trends in Pharmacological Sciences, 25,6(2004):311-316.

[22] Hobbs, A.J., et al. Haemoglobin: NO transporter, NO inactivator or NOne of the above. Trends in Pharmacological Sciences, 23,9(2002):406-411.

[23] Joyce, A., et al. Near Infrared Spectroscopy: Theory and Applications. Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 10(1996):406-418.

[24] Owen Reece, H., et al. Near infrared spectroscopy.British Journal of Anaesthesia, 82(1999):418-426.

[25] Maikala, R.V. Modified Beer's Law - historical perspectives and relevance in near-infrared monitoring of optical properties of human tissue. International Journal of Industrial Ergonomics, 2009.

[26] Archer, S. Measurement of nitric oxide in biological models. FASEB Journal, 7,2(1993):349-360.

[27] Neil Hogg, B.K. The Use of NO Gas in Biological Systems. In: Titheradge, M.A., editor. Nitric Oxide Protocols. Totowa , New Jersey: Humana Press; 1998.

[28] Ren, J., et al. A comparative ESR study on blood and tissue nitric oxide concentration during renal ischemia-reperfusion injury. Applied Magnetic Resonance, 32,3(2007):243-255.

[29] Kleschyov, A.L., Wenzel, P., and Munzel, T. Electron paramagnetic resonance (EPR) spin trapping of biological nitric oxide. Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences, 851,1-2(2007):12-20.

[30] Laver, J.R., Stevanin, T.M., and Read, R.C. Chemiluminescence Quantification of NO and Its Derivatives in Liquid Samples. Methods in Enzymology, 2008:113-227.

[31] MacArthur, P.H., Shiva, S., and Gladwin, M.T. Measurement of circulating nitrite and S-nitrosothiols by reductive chemiluminescence. Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences, 851,1-2(2007):93-105.

[32] Planchet, E., Kaiser, W.M. Nitric oxide (NO) detection by DAF fluorescence and chemiluminescence: A comparison using abiotic and biotic NO sources. Journal of Experimental Botany, 57,12(2006):3043-3055.

[33] Woitzik. J., Abromeit, N., and Schaefer, F. Measurement of nitric oxide metabolites in brain microdialysates by a sensitive fluorometric high-performance liquid chromatography assay. Analytical Biochemistry, 289,1(2001):10-17.

[34] Guevara, I., et al. Determination of nitrite/nitrate in human biological material by the simple Griess reaction. Clinica Chimica Acta, 274,2(1998):177-188.

[35] Misko, T.P., et al. A fluorometric assay for the measurement of nitrite in biological samples. Analytical Biochemistry, 1993;214,1(1993):11-16.

[36] Granger, D.L., et al. Measurement of nitrate and nitrite in biological samples using nitrate reductase and Griess reaction. Methods in Enzymology, 1996:142-151.

[37]Schulz, K., Kerber, S., and Kelm, M. Reevaluation of the Griess method for determining NO/NO- 2 in aqueous and protein-containing samples. Nitric Oxide Biology and Chemistry, 3,3(1999):225-234.

[38] Akarasereenont, P., et al. Serum nitric oxide levels in patients with coronary artery disease. Journal of the Medical Association of Thailand, 2001;84(SUPPL. 3):S730- S739.

[39] Kikura-Hanajiri, R., Martin, R.S., and Lunte, S.M. Indirect measurement of nitric oxide production by monitoring nitrate and nitrite using microchip electrophoresis with electrochemical detection. Analytical Chemistry, 74,24(2002):6370-6377.

[40] Rievaj, M., Lietava, J., and Bustin, D. Electrochemical determination of nitric oxide in blood samples. Chemical Papers, 58,5(2004):306-310.

[41] Ferreira, N.R., et al. Electrochemical measurement of endogenously produced nitric oxide in brain slices using Nafion/o-phenylenediamine modified carbon fiber microelectrodes. Analytica Chimica Acta, 535,1-2(2005):1-7.

[42] Ricciardolo, F.L.M. Electrochemical measurement of nitric oxide. Monaldi Archives for Chest Disease, 56,1(2001):91-94.

[43] Taha, Z.H. Nitric oxide measurements in biological samples. Talanta. 61,1(2003):3-10.

[44] Zhang, X. Real time and in vivo monitoring of nitric oxide by electrochemical sensors. Frontiers in bioscience : a journal and virtual library, 9(2004):3434-3446.

[45] Giustarini, D., et al. Detection of S-nitrosothiols in biological fluids: A comparison among the most widely applied methodologies. Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences, 851,1-2(2007):124-139.

[46] Rees, J. Use of NO Donors in Biological System. In: Titheradge, M.A. editor. Nitric Oxide Protocols. Totowa, New Jersey: Humana Press; 1998.

[47] Corretti, M.C., et al. Guidelines for the ultrasound assessment of endothelial-dependent flow-mediated vasodilation of the brachial artery: A report of the international brachial artery reactivity task force. Journal of the American College of Cardiology, 39,2(2002):257-265.

[48] Zuzak, K.J., et al. Noninvasive determination of spatially resolved and time-resolved tissue perfusion in humans during nitric oxide inhibition and inhalation by use of a visible-reflectance hyperspectral imaging technique. Circulation, 104,24(2001): 2905-2910.

[49] Farkas, K., et al. Non-invasive assessment of microvascular endothelial function by laser doppler flowmetry in patients with essential hypertension Atherosclerosis, 173,1(2004):97-102.

[50] Kelly, R., et al. Noninvasive determination of age-related changes in the human arterial pulse. Circulation. 80(1989);1652-1659.

[51] Grossel, A., et al. Photoacoustic detection of nitric oxide with a Helmholtz resonant quantum cascade laser sensor Infrared Physics and Technology, 51,2(2007): 95-101.

[52] Fritz, M., Rinaldi, G. Blood pressure measurement with the tail-cuff method in Wistar and spontaneously hypertensive rats: Influence of adrenergic- and nitric oxide-mediated vasomotion. Journal of Pharmacological and Toxicological Methods, 58,3(2008):215-221.

[53] Faulx, M.D., Wright, A.T., and Hoit, B.D. Detection of endothelial dysfunction with brachial artery ultrasound scanning. American Heart Journal, 145,6(2003):943-951.

[55] Kellogg Jr, D.L., et al. Nitric oxide concentration increases in the cutaneous interstitial space during heat stress in humans. Journal of Applied Physiology, 94,5(2003):1971-1977.

[56] Giustarini, D., et al. Nitric oxide and S-nitrosothiols in human blood, Clinica Chimica Acta 330(2003):85–98.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ส่วนประกอบของสารละลายบัฟเฟอร์ซิเตรท (1 mM Citate Buffer pH 2.0)

เตรียมปริมาตรที่ 1000 มิลลิลิตร

1. Sodium citrate $Na_3C_6H_3O_7 \cdot H_2O$) 0.294 กรัม
2. Citric acid ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$) 0.210 กรัม

ใช้ DI Water ปรับปริมาตร ปรับ pH ด้วย 1 M HCl และ 1M NaOH

ภาคผนวก ข

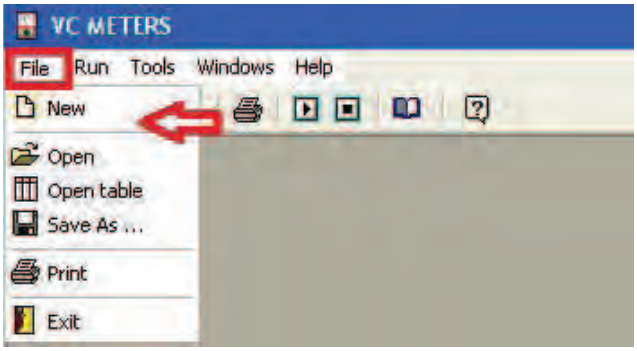
ขั้นตอนการใช้งานเครื่องตรวจวัด

อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นมาต้องทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟวินโดร์ รุ่น Windows XP หรือ Windows 7 ที่ติดตั้งไดร์เวอร์ของไมโครคอนโทรเลอร์ รุ่น 18F4550 และโปรแกรม VCMETER ไว้เรียบร้อยดีแล้ว

1. เชื่อมอุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางช่องสัญญาณแบบ USB PORT

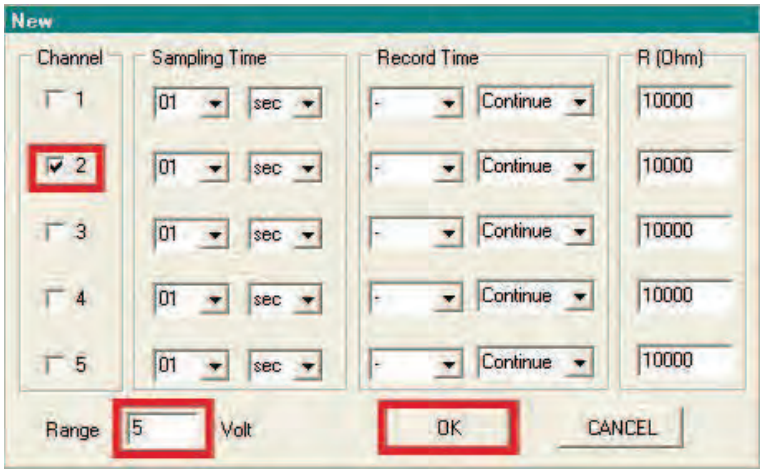
2. เปิดโปรแกรม VCMETER

3.คลิกที่ File เลือก New



รูปที่ 1 เริ่มสร้างไฟล์ใหม่

4. ตั้งค่าต่างๆดังนี้ เลือก Chanel ที่ช่อง 2 , Sampling Time เท่ากับ 01 sec, Record Time เท่ากับ – Continue, R (Ohm) เท่ากับ 1000, Rang เท่ากับ 5 Volt จากนั้นคลิกเลือก OK



รูปที่ 2 เลือกช่องสัญญาณ

5. ใส่นิ้วมือที่ต้องการตรวจวัด หรือหลอดทดลองที่มีสารละลาย ลงในช่องตรวจวัด ให้เรียบร้อย

6. คลิกปุ่ม START เมื่อพร้อมทำการตรวจวัด

รูปที่ 3 เริ่มบันทึกผล

7.เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ให้คลิกปุ่ม STOP และทำการบันทึกข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์

ภาคผนวก ค

แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลผู้เข้าร่วมการทดสอบที่ใช้ในการวิจัย
เรื่อง เครื่องตรวจวัดระดับไนตริกออกไซด์

วันที่...../...../..... ลำดับที่.....

รหัสประจำตัวผู้เข้าร่วมการทดลอง.....

สถานที่.....

.....

1.ข้อมูลส่วนบุคคล

เพศ ชาย/หญิง น้ำหนัก ..... กิโลกรัม ส่วนสูง ..... เซนติเมตร คำนวณ BMI…….....…

อายุ ..... ปี ความดันโลหิต...../…… อัตราการเต้นของหัวใจ…….

2.ประวัติทางด้านสุขภาพ

- ☐ 1. ไม่เป็นโรคเบาหวาน และไม่มีประวัติญาติใกล้ชิดเป็นโรคเบาหวาน
- ☐ 2. ไม่เป็นผู้สูบบุหรี่ ไม่ดื่มสุรา
- ☐ 3. ไม่มีประวัติการเป็นโรคทางหลอดเลือด
- ☐ 4. ไม่อยู่ระหว่างทานยา หรือเป็นไข้
- ☐ 5. ไม่ทานกาแฟ หรือออกกำลังกายอย่างหนักก่อนทำการทดสอบ
- ☐ 6. ไม่มีปัญหาด้านระบบประสาทขั้นรุนแรง เช่น ความผิดปกติทางจิตเวชศาสตร์อื่นๆ

3. ปัญหาหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

ลงชื่อผู้เข้าร่วมการทดสอบ ลงชื่อผู้วิจัย

....

(.....) (.....)

วันที่...../...../..... วันที่...../...../.....

ภาคผนวก ง

ผลการวัดเปรียบเทียบระหว่างเครื่องตรวจวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น กับเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์

ครั้งที่	Concentration of S-nitrosothiol[mM]			
	0.125	0.250	0.500	1.000
1	3.690	3.680	3.700	3.760
2	3.680	3.670	3.710	3.760
3	3.690	3.680	3.700	3.760
mean	3.687	3.677	3.703	3.760
SD	0.006	0.006	0.006	0.000
%CV	0.157	0.157	0.156	0.000

ตาราง ค1: ผลการตรวจวัดสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ด้วยเครื่องประดิษฐ์ขึ้น

ครั้งที่	Concentration of S-nitrosothiol[mM]			
	0.125	0.250	0.500	1.000
1	0.0011	0.0015	0.0033	0.0097
2	0.0011	0.0015	0.0032	0.0099
3	0.0012	0.0016	0.0034	0.0099
mean	0.001	0.002	0.003	0.010
SD	0.000	0.000	0.000	0.000
%CV	5.094	3.765	3.030	1.174

ตาราง ค2: ผลการตรวจวัดสารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ไนโตรโซไทออล ด้วยเครื่งสเปกโตโฟโตมิเตอร์

ภาคผนวก จ

ผลการตรวจวัดไนตริกออกไซด์ด้วยเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นในกลุ่มอาสาสมัครที่มีช่วงอายุ 20-82 ปี

N0	Gender	Age(Y)	Weight(kg)	Height(m)	BMI	$\%V_{max}$
1	หญิง	20	60	1.6	23.44	27.6
2	หญิง	21	48	1.68	17.01	34.1
3	ชาย	21	56	1.68	19.84	37.7
4	ชาย	21	59	1.58	23.63	17.6
5	ชาย	21	64	1.64	23.80	28.4
6	หญิง	21	48	1.5	21.33	5.4
7	หญิง	21	52	1.58	20.83	53.1
8	หญิง	21	65	1.75	21.22	28.3
9	หญิง	22	46	1.58	18.43	28.0
10	หญิง	23	52	1.55	21.64	32.0
11	ชาย	24	70	1.75	22.86	71.3
12	ชาย	24	62	1.74	20.48	48.3
13	ชาย	26	55	1.67	19.72	35.6
14	ชาย	26	106	1.81	32.36	26.8
15	หญิง	26	44.4	1.5	19.73	21.8
16	ชาย	28	53	1.69	18.56	20.1
17	หญิง	28	54	1.47	24.99	18.1
18	ชาย	28	90	1.91	24.67	7.5
19	ชาย	28	55	1.7	19.03	28.1
20	ชาย	28	70	1.7	24.22	48.2
21	ชาย	28	85	1.75	27.76	39.1
22	ชาย	29	70	1.71	23.94	28.2
23	ชาย	30	75	1.8	23.15	27.0
24	ชาย	30	88	1.79	27.46	9.5
25	ชาย	30	60	1.72	20.28	26.3
26	หญิง	30	45	1.5	20	38.4

N0	Gender	Age(Y)	Weight(kg)	Height(m)	BMI	$\%V_{max}$
27	หญิง	31	62.2	1.55	25.89	30.9
28	ชาย	32	71	1.75	23.18	38.3
29	หญิง	32	58.8	1.5	26.13	13.1
30	ชาย	33	70	1.78	22.09	39.3
31	หญิง	33	73	1.59	28.88	43.4
32	ชาย	35	62	1.75	20.24	23.4
33	หญิง	36	54	1.55	22.48	22.8
34	หญิง	36	58.6	1.59	23.18	37.4
35	หญิง	36	58	1.5	25.78	8
36	หญิง	38	61	1.61	23.53	22.5
37	หญิง	39	49.6	1.55	20.65	48.1
38	หญิง	39	54	1.49	24.32	34.8
39	หญิง	40	74.8	1.67	26.82	59
40	ชาย	41	60	1.61	23.15	10.3
41	หญิง	42	45	1.58	18.03	17.1
42	ชาย	42	68	1.71	23.26	32.7
43	หญิง	44	44	1.54	18.55	23.4
44	หญิง	45	63	1.62	24.01	1.5
45	หญิง	46	60	1.55	24.97	28.9
46	หญิง	46	69	1.56	28.35	42.1
47	หญิง	46	53	1.53	22.64	12.6
48	หญิง	46	64.8	1.59	25.63	35.4
49	หญิง	46	53.8	1.6	21.02	44.8
50	ชาย	47	55	1.63	20.7	31.3
51	หญิง	47	64.4	1.56	26.46	27.1
52	หญิง	47	56.8	1.55	23.64	53.6
53	ชาย	49	62	1.61	23.92	30.4
54	ชาย	49	68	1.75	22.2	29.9
54	ชาย	49	68	1.75	22.2	29.9

N0	Gender	Age(Y)	Weight(kg)	Height(m)	BMI	$\%V_{max}$
55	หญิง	49	72	1.58	28.84	16.5
56	หญิง	50	62	1.58	24.84	10.3
57	ชาย	50	62.2	1.58	24.92	34.3
58	หญิง	51	75	1.59	29.67	26.4
59	หญิง	51	50.8	1.43	24.84	45.2
60	หญิง	51	59.4	1.55	24.72	9.6
61	หญิง	52	55	1.51	24.12	31.6
62	หญิง	52	47	1.55	19.56	16.4
63	หญิง	52	66	1.45	31.39	27.4
64	หญิง	54	79.4	1.53	33.92	24.1
65	ชาย	55	66.6	1.61	25.69	23.7
66	หญิง	56	62	1.53	26.49	13.7
67	ชาย	57	80	1.68	28.34	27.7
68	หญิง	58	62	1.57	25.15	42.3
69	ชาย	59	66	1.62	25.15	25.3
70	หญิง	64	36	1.47	16.66	1.2
71	หญิง	71	56	1.52	24.24	13.5
72	หญิง	80	43	1.47	19.9	44.7
73	หญิง	81	37	1.51	16.23	-0.7
74	หญิง	82	31	1.46	14.54	25.2
75	ชาย	84	43	1.53	18.37	17.1
Mean	-	40.8	60.5	1.61	23.3	28.1
SD	-	15.7	12.7	0.1	3.74	14

ภาคผนวก ฉ

ผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับไนตริกออกไซด์หลังจากกระตุ้นด้วยการรัดแขน ของอาสาสมัครทั้งหมด 25 คน

อาสาสมัคร รหัส 01 เพศ ชาย อายุ 21 ปี ส่วนสูง 1.78 เมตร

น้ำหนัก 68 กิโลกรัม BMI 21.46

Sec.	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.547	0.645	0.601
2	0.538	0.635	0.591
3	0.547	0.635	0.587
4	0.547	0.631	0.582
5	0.538	0.621	0.587
6	0.518	0.635	0.582
7	0.533	0.635	0.582
8	0.518	0.655	0.582
9	0.528	0.631	0.582
10	0.518	0.650	0.587
11	0.538	0.640	0.601
12	0.547	0.631	0.582
13	0.538	0.631	0.582
14	0.528	0.631	0.582
15	0.533	0.645	0.582
16	0.528	0.631	0.577
17	0.523	0.631	0.577
18	0.518	0.621	0.577
19	0.518	0.621	0.572
20	0.523	0.635	0.572
21	0.518	0.635	0.572
22	0.508	0.635	0.577
23	0.508	0.631	0.572
24	0.523	0.626	0.572
25	0.523	0.626	0.601
26	0.528	0.626	0.577
27	0.518	0.631	0.567
28	0.513	0.616	0.572
29	0.513	0.621	0.577
30	0.523	0.616	0.572
31	0.523	0.626	0.582
32	0.503	0.635	0.582
33	0.528	0.621	0.582
34	0.533	0.621	0.587
35	0.533	0.611	0.587
36	0.538	0.640	0.591
37	0.552	0.626	0.591
38	0.562	0.631	0.606
39	0.567	0.631	0.606
40	0.577	0.650	0.606
41	0.591	0.640	0.616
42	0.596	0.660	0.606
43	0.616	0.660	0.606
44	0.616	0.670	0.611
45	0.601	0.670	0.621
46	0.596	0.679	0.616
47	0.606	0.684	0.616
48	0.611	0.684	0.611
49	0.616	0.694	0.621
50	0.606	0.699	0.626
51	0.596	0.699	0.621
52	0.611	0.704	0.626
53	0.616	0.694	0.611
54	0.616	0.674	0.611
55	0.621	0.704	0.621
56	0.626	0.704	0.631
57	0.635	0.714	0.635
58	0.621	0.704	0.626
59	0.631	0.714	0.626
60	0.631	0.709	0.601
61	0.631	0.718	0.631
62	0.640	0.714	0.640
63	0.635	0.714	0.640
64	0.640	0.723	0.635
65	0.635	0.714	0.640
66	0.645	0.718	0.635
67	0.645	0.723	0.640
68	0.635	0.714	0.631
69	0.640	0.714	0.626
70	0.645	0.718	0.635
71	0.626	0.723	0.631
72	0.640	0.718	0.640
73	0.645	0.733	0.631
74	0.655	0.728	0.645
75	0.645	0.728	0.631
76	0.635	0.704	0.645
77	0.640	0.728	0.635
78	0.645	0.718	0.635
79	0.645	0.733	0.645
80	0.645	0.728	0.650
81	0.650	0.728	0.645
82	0.645	0.723	0.645
83	0.645	0.738	0.650
84	0.650	0.733	0.640
85	0.655	0.743	0.640
86	0.650	0.733	0.635
87	0.660	0.743	0.640
88	0.655	0.738	0.645
89	0.655	0.728	0.626
90	0.655	0.728	0.640
91	0.660	0.733	0.640
92	0.660	0.733	0.635
93	0.665	0.738	0.655
94	0.655	0.733	0.640
95	0.645	0.748	0.645
96	0.660	0.738	0.645
97	0.655	0.738	0.626
98	0.660	0.743	0.655
99	0.655	0.728	0.640
100	0.655	0.753	0.645
101	0.670	0.738	0.660
102	0.660	0.748	0.650
103	0.645	0.743	0.640
104	0.631	0.748	0.645
105	0.621	0.748	0.635
106	0.601	0.743	0.635
107	0.606	0.738	0.640
108	0.606	0.723	0.635
109	0.601	0.718	0.631
110	0.591	0.704	0.640
111	0.582	0.699	0.631
112	0.577	0.684	0.626
113	0.552	0.679	0.626
114	0.542	0.655	0.616
115	0.538	0.650	0.621
116	0.533	0.645	0.616
117	0.513	0.640	0.606
118	0.513	0.635	0.601
119	0.518	0.626	0.601
120	0.528	0.660	0.596
121	0.513	0.621	0.596
122	0.518	0.621	0.582
123	0.518	0.626	0.582
124	0.503	0.635	0.582
125	0.499	0.621	0.582
126	0.513	0.635	0.547
127	0.508	0.635	0.587
128	0.508	0.626	0.582
129	0.494	0.635	0.582
130	0.508	0.635	0.567
131	0.499	0.645	0.577
132	0.503	0.640	0.567
133	0.508	0.626	0.572
134	0.499	0.635	0.557
135	0.513	0.616	0.567
136	0.518	0.621	0.557
137	0.513	0.621	0.567
138	0.508	0.626	0.562
139	0.503	0.631	0.562
140	0.503	0.631	0.562
141	0.508	0.631	0.562
142	0.499	0.635	0.552
143	0.494	0.626	0.557
144	0.503	0.601	0.567
145	0.503	0.611	0.562
146	0.523	0.626	0.557
147	0.518	0.626	0.567
148	0.523	0.626	0.562
149	0.513	0.631	0.557
150	0.513	0.626	0.562
151	0.523	0.626	0.572
152	0.518	0.621	0.582
153	0.518	0.635	0.572
154	0.513	0.635	0.572
155	0.508	0.606	0.567
156	0.508	0.626	0.577
157	0.503	0.631	0.577
158	0.503	0.631	0.567
159	0.508	0.635	0.577
160	0.513	0.635	0.577
161	0.513	0.635	0.572
162	0.523	0.621	0.577
163	0.518	0.631	0.567
164	0.518	0.640	0.572
165	0.513	0.631	0.572
166	0.513	0.635	0.572
167	0.513	0.631	0.567
168	0.518	0.616	0.567
169	0.518	0.626	0.582
170	0.528	0.635	0.567
171	0.518	0.631	0.567
172	0.513	0.626	0.562
173	0.513	0.655	0.572
174	0.518	0.631	0.572
175	0.513	0.631	0.572
176	0.508	0.626	0.562
177	0.528	0.640	0.572
178	0.513	0.635	0.562
179	0.523	0.635	0.577
180	0.508	0.631	0.572
181	0.523	0.631	0.577
182	0.518	0.640	0.577
183	0.518	0.640	0.577
184	0.513	0.616	0.572
185	0.528	0.635	0.567
186	0.518	0.631	0.562
187	0.523	0.626	0.562
188	0.528	0.621	0.567
189	0.523	0.621	0.567
190	0.538	0.621	0.567
191	0.538	0.626	0.562
192	0.528	0.631	0.562
193	0.528	0.626	0.572
194	0.518	0.626	0.562
195	0.518	0.621	0.562
196	0.523	0.631	0.562
197	0.518	0.631	0.567
198	0.513	0.626	0.557
199	0.523	0.621	0.572
200	0.523	0.601	0.577
201	0.523	0.621	0.567
202	0.513	0.621	0.567
203	0.523	0.611	0.567
204	0.523	0.621	0.562
205	0.513	0.621	0.567
206	0.518	0.621	0.557
207	0.523	0.621	0.567
208	0.533	0.631	0.557
209	0.528	0.616	0.572
210	0.538	0.621	0.562
211	0.533	0.626	0.562
212	0.528	0.616	0.562
213	0.523	0.626	0.572
214	0.533	0.635	0.547
215	0.543	0.621	0.562
216	0.533	0.626	0.572
217	0.528	0.626	0.557
218	0.523	0.621	0.562
219	0.513	0.611	0.572
220	0.513	0.640	0.557

อาสาสมัคร รหัส 02 เพศ ชาย อายุ 22 ปี ส่วนสูง 1.66 เมตร

น้ำหนัก 54 กิโลกรัม BMI 19.60

Sec.	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.621	0.635	0.557
2	0.640	0.626	0.552
3	0.635	0.655	0.552
4	0.650	0.660	0.557
5	0.650	0.640	0.552
6	0.640	0.645	0.557
7	0.650	0.645	0.562
8	0.660	0.640	0.562
9	0.660	0.645	0.557
10	0.635	0.655	0.557
11	0.655	0.650	0.557
12	0.655	0.645	0.557
13	0.650	0.635	0.557
14	0.655	0.660	0.552
15	0.665	0.655	0.547
16	0.665	0.655	0.557
17	0.660	0.645	0.547
18	0.665	0.640	0.547
19	0.660	0.640	0.547
20	0.674	0.650	0.552
21	0.660	0.645	0.552
22	0.665	0.650	0.562
23	0.670	0.645	0.547
24	0.670	0.655	0.552
25	0.665	0.650	0.523
26	0.665	0.645	0.552
27	0.679	0.650	0.557
28	0.684	0.655	0.557
29	0.679	0.650	0.552
30	0.684	0.650	0.547
31	0.684	0.655	0.557
32	0.684	0.645	0.552
33	0.689	0.660	0.567
34	0.684	0.660	0.552
35	0.689	0.655	0.557
36	0.684	0.670	0.557
37	0.709	0.670	0.562
38	0.723	0.684	0.582
39	0.738	0.704	0.587
40	0.723	0.723	0.596
41	0.743	0.728	0.596
42	0.758	0.743	0.611
43	0.767	0.738	0.621
44	0.767	0.748	0.640
45	0.772	0.758	0.626
46	0.772	0.762	0.635
47	0.777	0.767	0.640
48	0.782	0.772	0.640
49	0.777	0.777	0.645
50	0.787	0.777	0.645
51	0.797	0.787	0.655
52	0.797	0.787	0.650
53	0.792	0.792	0.660
54	0.792	0.797	0.670
55	0.802	0.797	0.655
56	0.802	0.806	0.660
57	0.802	0.802	0.665
58	0.811	0.802	0.660
59	0.806	0.811	0.665
60	0.806	0.806	0.670
61	0.806	0.816	0.665
62	0.811	0.811	0.674
63	0.806	0.821	0.674
64	0.792	0.831	0.684
65	0.816	0.831	0.694
66	0.821	0.821	0.684
67	0.811	0.826	0.679
68	0.816	0.826	0.689
69	0.797	0.836	0.699
70	0.816	0.826	0.689
71	0.816	0.826	0.684
72	0.806	0.831	0.689
73	0.826	0.831	0.689
74	0.821	0.831	0.689
75	0.816	0.836	0.689
76	0.811	0.836	0.694
77	0.816	0.831	0.694
78	0.816	0.831	0.699
79	0.826	0.836	0.694
80	0.826	0.841	0.694
81	0.821	0.841	0.699
82	0.826	0.841	0.699
83	0.821	0.841	0.694
84	0.821	0.846	0.694
85	0.826	0.846	0.704
86	0.816	0.841	0.699
87	0.826	0.841	0.704
88	0.826	0.850	0.714
89	0.821	0.850	0.709
90	0.826	0.846	0.694
91	0.826	0.846	0.699
92	0.826	0.850	0.704
93	0.826	0.855	0.699
94	0.826	0.850	0.714
95	0.831	0.846	0.709
96	0.826	0.850	0.704
97	0.816	0.855	0.714
98	0.821	0.860	0.709
99	0.821	0.850	0.714
100	0.821	0.850	0.714
101	0.836	0.860	0.689
102	0.836	0.860	0.723
103	0.811	0.836	0.709
104	0.787	0.811	0.689
105	0.758	0.792	0.679
106	0.743	0.767	0.670
107	0.743	0.753	0.665
108	0.728	0.753	0.640
109	0.718	0.738	0.640
110	0.674	0.728	0.635
111	0.699	0.718	0.635
112	0.679	0.718	0.626
113	0.665	0.714	0.616
114	0.665	0.718	0.606
115	0.674	0.709	0.596
116	0.660	0.718	0.596
117	0.665	0.714	0.596
118	0.665	0.718	0.596
119	0.665	0.704	0.596
120	0.660	0.684	0.587
121	0.670	0.714	0.582
122	0.665	0.704	0.582
123	0.660	0.709	0.577
124	0.626	0.704	0.572
125	0.645	0.694	0.572
126	0.650	0.694	0.577
127	0.650	0.689	0.577
128	0.645	0.674	0.557
129	0.650	0.684	0.572
130	0.655	0.684	0.572
131	0.660	0.679	0.552
132	0.645	0.679	0.567
133	0.631	0.699	0.557
134	0.655	0.684	0.567
135	0.640	0.665	0.562
136	0.626	0.670	0.547
137	0.650	0.645	0.552
138	0.626	0.670	0.543
139	0.626	0.650	0.543
140	0.645	0.650	0.547
141	0.631	0.665	0.552
142	0.635	0.645	0.543
143	0.631	0.650	0.543
144	0.626	0.621	0.538
145	0.631	0.635	0.547
146	0.616	0.635	0.543
147	0.631	0.631	0.533
148	0.635	0.626	0.543
149	0.616	0.621	0.538
150	0.611	0.601	0.543
151	0.596	0.621	0.543
152	0.601	0.621	0.533
153	0.601	0.635	0.523
154	0.611	0.621	0.552
155	0.611	0.626	0.547
156	0.601	0.635	0.543
157	0.616	0.635	0.538
158	0.611	0.626	0.543
159	0.596	0.626	0.538
160	0.601	0.611	0.543
161	0.601	0.616	0.543
162	0.611	0.621	0.538
163	0.611	0.621	0.543
164	0.601	0.626	0.533
165	0.616	0.626	0.503
166	0.611	0.631	0.528
167	0.596	0.635	0.528
168	0.601	0.631	0.528
169	0.601	0.635	0.533
170	0.611	0.631	0.528
171	0.611	0.635	0.552
172	0.601	0.650	0.538
173	0.606	0.650	0.533
174	0.601	0.650	0.528
175	0.601	0.660	0.533
176	0.606	0.655	0.533
177	0.611	0.655	0.528
178	0.631	0.660	0.523
179	0.611	0.650	0.528
180	0.611	0.674	0.533
181	0.611	0.655	0.528
182	0.616	0.645	0.533
183	0.626	0.650	0.528
184	0.621	0.650	0.518
185	0.645	0.650	0.518
186	0.616	0.655	0.518
187	0.621	0.655	0.518
188	0.601	0.655	0.528
189	0.601	0.655	0.518
190	0.610	0.660	0.523
191	0.601	0.650	0.533
192	0.605	0.655	0.528
193	0.615	0.665	0.528
194	0.605	0.660	0.533
195	0.601	0.635	0.518
196	0.605	0.645	0.523
197	0.610	0.650	0.518
198	0.601	0.631	0.518
199	0.605	0.626	0.518
200	0.620	0.621	0.518
201	0.610	0.626	0.538
202	0.610	0.631	0.523
203	0.620	0.640	0.528
204	0.620	0.626	0.508
205	0.620	0.635	0.528
206	0.625	0.635	0.523
207	0.625	0.650	0.528
208	0.615	0.650	0.518
209	0.625	0.640	0.523
210	0.620	0.631	0.518
211	0.615	0.640	0.513
212	0.615	0.631	0.518
213	0.620	0.635	0.523
214	0.620	0.626	0.518
215	0.625	0.626	0.494
216	0.620	0.631	0.518
217	0.610	0.626	0.513
218	0.620	0.631	0.523
219	0.610	0.621	0.528
220	0.610	0.616	0.528

อาสาสมัคร รหัส 03 เพศ ชาย อายุ 22 ปี ส่วนสูง 1.71 เมตร

น้ำหนัก 56 กิโลกรัม BMI 19.15

Sec.	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.577	0.645	0.518
2	0.591	0.640	0.523
3	0.582	0.645	0.523
4	0.572	0.635	0.523
5	0.591	0.635	0.513
6	0.567	0.640	0.518
7	0.572	0.635	0.508
8	0.572	0.621	0.518
9	0.587	0.640	0.508
10	0.567	0.631	0.518
11	0.596	0.645	0.523
12	0.587	0.635	0.523
13	0.587	0.631	0.518
14	0.591	0.635	0.518
15	0.591	0.616	0.523
16	0.596	0.626	0.528
17	0.587	0.606	0.523
18	0.587	0.621	0.523
19	0.582	0.616	0.528
20	0.577	0.626	0.523
21	0.577	0.616	0.518
22	0.587	0.621	0.523
23	0.591	0.631	0.523
24	0.577	0.640	0.518
25	0.552	0.640	0.528
26	0.557	0.635	0.518
27	0.572	0.650	0.518
28	0.577	0.660	0.528
29	0.543	0.655	0.499
30	0.567	0.655	0.513
31	0.557	0.640	0.513
32	0.557	0.670	0.508
33	0.557	0.655	0.508
34	0.572	0.660	0.508
35	0.567	0.650	0.508
36	0.591	0.640	0.508
37	0.606	0.670	0.523
38	0.621	0.718	0.538
39	0.640	0.753	0.547
40	0.645	0.782	0.567
41	0.650	0.797	0.582
42	0.660	0.821	0.582
43	0.670	0.821	0.591
44	0.670	0.836	0.587
45	0.684	0.841	0.596
46	0.679	0.846	0.606
47	0.679	0.841	0.601
48	0.684	0.850	0.601
49	0.689	0.836	0.606
50	0.694	0.855	0.606
51	0.699	0.855	0.616
52	0.704	0.870	0.621
53	0.714	0.855	0.616
54	0.679	0.865	0.626
55	0.718	0.865	0.621
56	0.709	0.860	0.626
57	0.714	0.870	0.635
58	0.718	0.865	0.635
59	0.709	0.880	0.635
60	0.714	0.880	0.631
61	0.718	0.880	0.640
62	0.718	0.875	0.635
63	0.718	0.880	0.650
64	0.728	0.875	0.635
65	0.728	0.875	0.645
66	0.723	0.880	0.631
67	0.714	0.885	0.640
68	0.728	0.885	0.650
69	0.738	0.880	0.640
70	0.738	0.885	0.650
71	0.733	0.894	0.645
72	0.733	0.890	0.650
73	0.733	0.899	0.635
74	0.743	0.899	0.650
75	0.748	0.899	0.655
76	0.743	0.894	0.650
77	0.743	0.894	0.640
78	0.733	0.899	0.650
79	0.738	0.899	0.650
80	0.738	0.904	0.640
81	0.738	0.904	0.650
82	0.723	0.899	0.645
83	0.738	0.899	0.645
84	0.738	0.885	0.650
85	0.733	0.909	0.645
86	0.743	0.904	0.655
87	0.733	0.899	0.650
88	0.743	0.899	0.660
89	0.728	0.904	0.645
90	0.762	0.899	0.650
91	0.738	0.899	0.650
92	0.743	0.904	0.640
93	0.738	0.899	0.650
94	0.748	0.904	0.650
95	0.762	0.904	0.655
96	0.758	0.909	0.645
97	0.758	0.909	0.665
98	0.758	0.904	0.645
99	0.767	0.904	0.645
100	0.762	0.909	0.670
101	0.762	0.904	0.645
102	0.767	0.899	0.650
103	0.758	0.865	0.645
104	0.758	0.802	0.621
105	0.748	0.762	0.591
106	0.718	0.733	0.547
107	0.709	0.704	0.543
108	0.709	0.684	0.513
109	0.679	0.665	0.503
110	0.694	0.640	0.484
111	0.679	0.611	0.484
112	0.670	0.591	0.469
113	0.679	0.582	0.464
114	0.655	0.582	0.464
115	0.645	0.567	0.459
116	0.631	0.567	0.459
117	0.611	0.567	0.450
118	0.601	0.562	0.445
119	0.591	0.567	0.440
120	0.591	0.557	0.435
121	0.582	0.547	0.440
122	0.582	0.552	0.445
123	0.577	0.557	0.440
124	0.572	0.547	0.445
125	0.567	0.552	0.440
126	0.572	0.547	0.435
127	0.557	0.538	0.450
128	0.547	0.543	0.445
129	0.547	0.543	0.430
130	0.547	0.528	0.455
131	0.543	0.533	0.455
132	0.547	0.547	0.455
133	0.547	0.543	0.455
134	0.547	0.547	0.464
135	0.543	0.552	0.455
136	0.543	0.552	0.464
137	0.518	0.557	0.474
138	0.479	0.557	0.479
139	0.474	0.557	0.469
140	0.489	0.572	0.469
141	0.489	0.567	0.469
142	0.484	0.567	0.469
143	0.479	0.562	0.459
144	0.484	0.567	0.445
145	0.479	0.562	0.445
146	0.455	0.577	0.450
147	0.479	0.567	0.450
148	0.469	0.572	0.455
149	0.455	0.577	0.420
150	0.474	0.582	0.396
151	0.474	0.582	0.420
152	0.479	0.582	0.415
153	0.484	0.577	0.420
154	0.499	0.587	0.420
155	0.484	0.577	0.425
156	0.499	0.591	0.425
157	0.494	0.587	0.435
158	0.489	0.591	0.430
159	0.494	0.572	0.435
160	0.494	0.567	0.430
161	0.499	0.567	0.435
162	0.499	0.596	0.435
163	0.494	0.635	0.440
164	0.494	0.650	0.430
165	0.479	0.679	0.430
166	0.484	0.670	0.425
167	0.479	0.670	0.425
168	0.464	0.679	0.425
169	0.464	0.674	0.435
170	0.474	0.655	0.430
171	0.474	0.650	0.435
172	0.474	0.655	0.425
173	0.455	0.655	0.430
174	0.459	0.665	0.430
175	0.464	0.660	0.430
176	0.469	0.660	0.425
177	0.479	0.650	0.425
178	0.474	0.640	0.420
179	0.474	0.635	0.420
180	0.464	0.645	0.425
181	0.474	0.640	0.425
182	0.499	0.640	0.430
183	0.484	0.640	0.430
184	0.494	0.645	0.425
185	0.499	0.645	0.425
186	0.508	0.650	0.415
187	0.518	0.650	0.415
188	0.499	0.645	0.415
189	0.499	0.665	0.420
190	0.499	0.650	0.420
191	0.508	0.674	0.420
192	0.523	0.655	0.411
193	0.518	0.645	0.406
194	0.518	0.640	0.406
195	0.518	0.655	0.411
196	0.523	0.650	0.406
197	0.528	0.660	0.411
198	0.528	0.655	0.406
199	0.523	0.660	0.406
200	0.518	0.665	0.406
201	0.528	0.670	0.420
202	0.538	0.670	0.396
203	0.513	0.670	0.396
204	0.503	0.674	0.406
205	0.494	0.670	0.411
206	0.494	0.670	0.406
207	0.489	0.670	0.415
208	0.484	0.670	0.401
209	0.484	0.655	0.401
210	0.484	0.674	0.406
211	0.459	0.674	0.415
212	0.459	0.674	0.401
213	0.459	0.684	0.411
214	0.455	0.694	0.396
215	0.459	0.679	0.401
216	0.459	0.689	0.415
217	0.464	0.679	0.415
218	0.459	0.674	0.411
219	0.450	0.674	0.411
220	0.440	0.674	0.406

อาสาสมัคร รหัส 04 เพศ ชาย อายุ 24 ปี ส่วนสูง 1.71 เมตร

น้ำหนัก 67 กิโลกรัม BMI 22.91

Sec.	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.855	0.811	0.699
2	0.860	0.802	0.694
3	0.855	0.797	0.694
4	0.860	0.792	0.694
5	0.846	0.797	0.709
6	0.841	0.821	0.728
7	0.841	0.811	0.743
8	0.836	0.821	0.738
9	0.836	0.826	0.728
10	0.826	0.816	0.748
11	0.841	0.806	0.758
12	0.826	0.816	0.772
13	0.831	0.811	0.767
14	0.806	0.811	0.767
15	0.816	0.802	0.767
16	0.836	0.811	0.767
17	0.841	0.811	0.767
18	0.850	0.806	0.753
19	0.865	0.802	0.753
20	0.865	0.806	0.748
21	0.865	0.806	0.748
22	0.850	0.787	0.758
23	0.855	0.811	0.748
24	0.836	0.826	0.743
25	0.841	0.816	0.723
26	0.841	0.816	0.733
27	0.821	0.826	0.728
28	0.806	0.816	0.733
29	0.806	0.831	0.733
30	0.811	0.821	0.728
31	0.821	0.826	0.723
32	0.802	0.821	0.723
33	0.787	0.821	0.723
34	0.797	0.811	0.714
35	0.806	0.826	0.723
36	0.831	0.860	0.723
37	0.855	0.890	0.714
38	0.846	0.924	0.728
39	0.875	0.919	0.733
40	0.904	0.948	0.733
41	0.899	0.963	0.733
42	0.919	0.968	0.738
43	0.924	0.973	0.748
44	0.938	0.978	0.738
45	0.953	0.997	0.743
46	0.953	0.992	0.758
47	0.968	0.997	0.753
48	0.968	1.017	0.748
49	0.973	1.002	0.762
50	0.982	1.007	0.758
51	0.992	1.002	0.753
52	1.002	1.012	0.758
53	0.997	1.012	0.762
54	1.007	1.017	0.758
55	1.007	1.012	0.762
56	1.012	1.022	0.772
57	1.022	1.022	0.772
58	1.022	1.031	0.767
59	1.017	1.056	0.758
60	1.026	1.056	0.767
61	1.031	1.056	0.787
62	1.031	1.070	0.782
63	1.031	1.065	0.787
64	1.031	1.080	0.777
65	1.051	1.075	0.777
66	1.041	1.075	0.777
67	1.046	1.080	0.777
68	1.051	1.090	0.777
69	1.041	1.095	0.777
70	1.041	1.080	0.777
71	1.061	1.095	0.777
72	1.056	1.090	0.782
73	1.056	1.095	0.777
74	1.061	1.090	0.777
75	1.070	1.085	0.772
76	1.065	1.095	0.777
77	1.070	1.095	0.787
78	1.080	1.095	0.792
79	1.070	1.090	0.792
80	1.085	1.100	0.792
81	1.056	1.095	0.797
82	1.075	1.090	0.802
83	1.075	1.105	0.806
84	1.075	1.109	0.792
85	1.080	1.114	0.792
86	1.085	1.114	0.792
87	1.090	1.114	0.802
88	1.085	1.114	0.802
89	1.095	1.114	0.802
90	1.090	1.114	0.782
91	1.090	1.119	0.811
92	1.095	1.114	0.811
93	1.090	1.109	0.806
94	1.090	1.124	0.806
95	1.080	1.114	0.806
96	1.100	1.124	0.802
97	1.080	1.124	0.826
98	1.100	1.124	0.821
99	1.100	1.124	0.816
100	1.114	1.129	0.816
101	1.090	1.134	0.811
102	1.095	1.129	0.811
103	1.090	1.124	0.816
104	1.061	1.090	0.811
105	1.031	1.051	0.816
106	0.982	1.026	0.806
107	0.958	0.997	0.821
108	0.934	0.978	0.811
109	0.914	0.943	0.816
110	0.899	0.919	0.841
111	0.885	0.899	0.821
112	0.865	0.880	0.811
113	0.860	0.850	0.811
114	0.855	0.836	0.811
115	0.850	0.826	0.806
116	0.836	0.826	0.802
117	0.831	0.811	0.806
118	0.831	0.802	0.806
119	0.821	0.792	0.806
120	0.826	0.782	0.806
121	0.826	0.777	0.811
122	0.811	0.797	0.802
123	0.811	0.777	0.802
124	0.821	0.777	0.802
125	0.816	0.782	0.802
126	0.811	0.782	0.797
127	0.816	0.787	0.806
128	0.811	0.782	0.792
129	0.816	0.787	0.806
130	0.816	0.792	0.787
131	0.802	0.782	0.777
132	0.802	0.777	0.777
133	0.806	0.777	0.772
134	0.816	0.772	0.777
135	0.811	0.777	0.777
136	0.811	0.777	0.767
137	0.806	0.777	0.767
138	0.806	0.767	0.753
139	0.797	0.762	0.767
140	0.797	0.767	0.767
141	0.802	0.767	0.767
142	0.782	0.762	0.767
143	0.787	0.762	0.762
144	0.787	0.767	0.767
145	0.797	0.767	0.762
146	0.802	0.762	0.762
147	0.802	0.762	0.762
148	0.797	0.758	0.772
149	0.811	0.762	0.758
150	0.797	0.758	0.758
151	0.787	0.753	0.758
152	0.787	0.762	0.758
153	0.797	0.738	0.758
154	0.792	0.758	0.758
155	0.802	0.762	0.758
156	0.792	0.758	0.753
157	0.772	0.758	0.758
158	0.802	0.762	0.758
159	0.787	0.772	0.762
160	0.762	0.782	0.753
161	0.787	0.787	0.762
162	0.792	0.787	0.753
163	0.797	0.767	0.762
164	0.802	0.772	0.758
165	0.797	0.758	0.753
166	0.802	0.753	0.753
167	0.797	0.753	0.762
168	0.792	0.762	0.753
169	0.797	0.767	0.762
170	0.806	0.782	0.753
171	0.806	0.772	0.758
172	0.802	0.782	0.738
173	0.792	0.772	0.748
174	0.777	0.772	0.748
175	0.792	0.758	0.753
176	0.802	0.758	0.743
177	0.792	0.743	0.743
178	0.802	0.738	0.743
179	0.787	0.738	0.733
180	0.787	0.738	0.738
181	0.797	0.728	0.738
182	0.797	0.723	0.738
183	0.821	0.723	0.738
184	0.802	0.743	0.748
185	0.806	0.738	0.738
186	0.802	0.733	0.733
187	0.787	0.743	0.733
188	0.792	0.733	0.738
189	0.792	0.723	0.733
190	0.797	0.743	0.738
191	0.792	0.733	0.728
192	0.792	0.738	0.728
193	0.792	0.748	0.728
194	0.792	0.753	0.733
195	0.797	0.762	0.728
196	0.802	0.758	0.733
197	0.792	0.767	0.733
198	0.811	0.762	0.748
199	0.792	0.767	0.738
200	0.792	0.762	0.738
201	0.811	0.753	0.733
202	0.806	0.767	0.738
203	0.797	0.762	0.743
204	0.802	0.772	0.714
205	0.802	0.762	0.743
206	0.806	0.758	0.738
207	0.792	0.753	0.743
208	0.806	0.753	0.738
209	0.802	0.753	0.738
210	0.802	0.738	0.743
211	0.797	0.762	0.728
212	0.797	0.758	0.714
213	0.802	0.767	0.728
214	0.792	0.762	0.718
215	0.797	0.762	0.709
216	0.797	0.782	0.704
217	0.797	0.767	0.684
218	0.802	0.762	0.674
219	0.806	0.762	0.679
220	0.797	0.782	0.665

อาสาสมัคร รหัส 05 เพศ ชาย อายุ 27 ปี, น้ำหนัก 55 กก. สูง 1.69 เมตร BMI=19.62

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.850	0.973	0.797
2	0.846	0.968	0.787
3	0.846	0.963	0.782
4	0.836	0.978	0.792
5	0.850	0.973	0.797
6	0.846	0.973	0.782
7	0.836	0.978	0.797
8	0.836	0.978	0.792
9	0.841	0.978	0.792
10	0.841	0.978	0.802
11	0.831	0.978	0.797
12	0.821	0.978	0.802
13	0.821	0.982	0.806
14	0.811	0.992	0.802
15	0.806	0.958	0.811
16	0.802	0.958	0.811
17	0.802	0.968	0.802
18	0.787	0.953	0.806
19	0.797	0.963	0.792
20	0.797	0.953	0.797
21	0.802	0.978	0.787
22	0.797	0.968	0.792
23	0.811	0.963	0.767
24	0.802	0.968	0.802
25	0.811	0.958	0.797
26	0.811	0.953	0.816
27	0.811	0.953	0.816
28	0.816	0.953	0.802
29	0.806	0.958	0.797
30	0.802	0.958	0.811
31	0.816	0.978	0.797
32	0.821	0.963	0.802
33	0.806	0.948	0.802
34	0.802	0.958	0.802
35	0.792	0.953	0.806
36	0.831	0.953	0.811
37	0.865	0.943	0.802
38	0.904	0.992	0.841
39	0.924	1.056	0.875
40	0.948	1.085	0.914
41	0.973	1.109	0.943
42	0.973	1.124	0.982
43	0.973	1.149	1.007
44	0.992	1.153	1.026
45	1.012	1.168	1.036
46	1.017	1.188	1.046
47	1.022	1.183	1.065
48	1.022	1.202	1.080
49	1.031	1.202	1.085
50	1.036	1.202	1.095
51	1.046	1.217	1.119
52	1.046	1.217	1.114
53	1.056	1.217	1.134
54	1.070	1.237	1.124
55	1.085	1.232	1.129
56	1.065	1.237	1.129
57	1.075	1.241	1.139
58	1.085	1.237	1.134
59	1.080	1.261	1.153
60	1.085	1.241	1.144
61	1.080	1.246	1.158
62	1.095	1.251	1.158
63	1.114	1.261	1.178
64	1.095	1.266	1.173
65	1.095	1.266	1.178
66	1.109	1.281	1.193
67	1.114	1.281	1.183
68	1.105	1.246	1.188
69	1.105	1.276	1.188
70	1.114	1.281	1.193
71	1.124	1.285	1.197
72	1.114	1.285	1.197
73	1.119	1.281	1.202
74	1.105	1.295	1.202
75	1.119	1.295	1.207
76	1.124	1.285	1.202
77	1.124	1.290	1.207
78	1.124	1.305	1.212
79	1.124	1.290	1.227
80	1.129	1.290	1.222
81	1.134	1.310	1.217
82	1.134	1.305	1.227
83	1.134	1.300	1.222
84	1.139	1.305	1.222
85	1.129	1.310	1.217
86	1.153	1.320	1.232
87	1.139	1.310	1.222
88	1.144	1.310	1.246
89	1.144	1.315	1.241
90	1.149	1.315	1.237
91	1.139	1.310	1.246
92	1.144	1.325	1.251
93	1.139	1.315	1.246
94	1.149	1.320	1.251
95	1.144	1.320	1.246
96	1.149	1.315	1.251
97	1.149	1.315	1.246
98	1.149	1.320	1.246
99	1.149	1.320	1.246
100	1.158	1.329	1.256
101	1.153	1.320	1.261
102	1.144	1.320	1.251
103	1.075	1.251	1.173
104	0.982	1.183	1.075
105	0.929	1.134	0.997
106	0.904	1.080	0.958
107	0.885	1.056	0.934
108	0.860	1.041	0.909
109	0.855	1.031	0.909
110	0.841	1.022	0.890
111	0.831	1.002	0.875
112	0.836	0.987	0.855
113	0.821	0.978	0.846
114	0.821	0.958	0.836
115	0.806	0.973	0.841
116	0.797	0.938	0.831
117	0.802	0.948	0.826
118	0.797	0.924	0.821
119	0.782	0.934	0.821
120	0.777	0.924	0.816
121	0.767	0.919	0.816
122	0.762	0.929	0.806
123	0.767	0.909	0.831
124	0.767	0.904	0.811
125	0.762	0.894	0.806
126	0.767	0.894	0.806
127	0.772	0.894	0.787
128	0.767	0.899	0.787
129	0.772	0.894	0.792
130	0.772	0.909	0.787
131	0.748	0.890	0.792
132	0.758	0.890	0.792
133	0.748	0.894	0.787
134	0.758	0.885	0.787
135	0.723	0.899	0.782
136	0.753	0.890	0.792
137	0.762	0.909	0.787
138	0.748	0.890	0.782
139	0.762	0.885	0.787
140	0.753	0.885	0.782
141	0.743	0.899	0.787
142	0.748	0.890	0.782
143	0.753	0.894	0.787
144	0.748	0.894	0.777
145	0.743	0.894	0.782
146	0.758	0.885	0.767
147	0.762	0.880	0.762
148	0.753	0.870	0.748
149	0.738	0.880	0.762
150	0.743	0.875	0.762
151	0.714	0.870	0.762
152	0.743	0.875	0.772
153	0.738	0.865	0.767
154	0.733	0.870	0.767
155	0.758	0.865	0.748
156	0.743	0.870	0.762
157	0.748	0.865	0.762
158	0.748	0.865	0.777
159	0.753	0.855	0.777
160	0.753	0.865	0.782
161	0.758	0.870	0.782
162	0.753	0.870	0.777
163	0.758	0.880	0.772
164	0.758	0.875	0.767
165	0.758	0.890	0.767
166	0.743	0.885	0.762
167	0.753	0.880	0.777
168	0.743	0.860	0.767
169	0.753	0.860	0.767
170	0.753	0.855	0.772
171	0.767	0.860	0.767
172	0.762	0.860	0.767
173	0.762	0.865	0.762
174	0.762	0.875	0.767
175	0.758	0.870	0.762
176	0.753	0.865	0.762
177	0.758	0.875	0.767
178	0.762	0.865	0.787
179	0.758	0.870	0.762
180	0.772	0.860	0.767
181	0.767	0.865	0.767
182	0.767	0.870	0.772
183	0.758	0.846	0.762
184	0.758	0.875	0.762
185	0.767	0.875	0.767
186	0.758	0.880	0.762
187	0.762	0.875	0.772
188	0.762	0.855	0.772
189	0.758	0.865	0.777
190	0.758	0.865	0.767
191	0.762	0.865	0.767
192	0.753	0.865	0.767
193	0.748	0.865	0.762
194	0.743	0.850	0.777
195	0.743	0.860	0.782
196	0.743	0.870	0.777
197	0.733	0.870	0.767
198	0.733	0.860	0.787
199	0.738	0.865	0.787
200	0.738	0.865	0.777
201	0.748	0.875	0.782
202	0.748	0.875	0.782
203	0.743	0.875	0.782
204	0.748	0.875	0.787
205	0.753	0.870	0.782
206	0.743	0.846	0.782
207	0.743	0.875	0.777
208	0.753	0.860	0.777
209	0.762	0.885	0.777
210	0.762	0.865	0.777
211	0.743	0.870	0.777
212	0.753	0.870	0.782
213	0.758	0.865	0.782
214	0.748	0.870	0.792
215	0.753	0.880	0.782
216	0.758	0.870	0.802
217	0.748	0.875	0.797
218	0.758	0.880	0.792
219	0.777	0.880	0.792
220	0.767	0.880	0.782

อาสาสมัคร รหัส 06 เพศ ชาย อายุ 27 ปี, สูง 1.65 เมตร น้ำหนัก 55 กก. BMI=20.20

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.704	0.528	0.694
2	0.694	0.513	0.694
3	0.704	0.518	0.694
4	0.714	0.543	0.704
5	0.714	0.533	0.704
6	0.738	0.538	0.699
7	0.714	0.547	0.709
8	0.733	0.552	0.714
9	0.728	0.543	0.714
10	0.718	0.528	0.704
11	0.718	0.523	0.699
12	0.709	0.523	0.689
13	0.704	0.533	0.704
14	0.689	0.533	0.699
15	0.684	0.533	0.694
16	0.689	0.547	0.684
17	0.689	0.552	0.660
18	0.689	0.552	0.660
19	0.674	0.538	0.655
20	0.679	0.552	0.679
21	0.694	0.543	0.699
22	0.699	0.543	0.709
23	0.714	0.547	0.714
24	0.704	0.557	0.704
25	0.699	0.562	0.704
26	0.699	0.552	0.723
27	0.699	0.552	0.723
28	0.689	0.533	0.733
29	0.694	0.533	0.758
30	0.689	0.543	0.748
31	0.694	0.547	0.753
32	0.694	0.543	0.753
33	0.689	0.562	0.733
34	0.694	0.557	0.738
35	0.699	0.562	0.728
36	0.684	0.591	0.723
37	0.674	0.635	0.694
38	0.699	0.674	0.714
39	0.728	0.689	0.738
40	0.748	0.704	0.767
41	0.762	0.728	0.777
42	0.777	0.733	0.797
43	0.802	0.748	0.811
44	0.806	0.762	0.821
45	0.811	0.772	0.846
46	0.821	0.772	0.855
47	0.826	0.792	0.860
48	0.841	0.787	0.865
49	0.841	0.797	0.870
50	0.846	0.797	0.890
51	0.836	0.806	0.894
52	0.860	0.811	0.890
53	0.865	0.811	0.914
54	0.870	0.826	0.909
55	0.865	0.821	0.914
56	0.875	0.841	0.909
57	0.875	0.826	0.914
58	0.885	0.831	0.934
59	0.880	0.831	0.938
60	0.894	0.841	0.934
61	0.880	0.836	0.934
62	0.899	0.831	0.953
63	0.899	0.841	0.943
64	0.890	0.841	0.938
65	0.890	0.841	0.938
66	0.904	0.841	0.953
67	0.899	0.846	0.943
68	0.890	0.836	0.953
69	0.899	0.846	0.948
70	0.899	0.841	0.953
71	0.904	0.855	0.963
72	0.904	0.855	0.953
73	0.914	0.850	0.978
74	0.914	0.850	0.973
75	0.914	0.850	0.968
76	0.914	0.860	0.973
77	0.914	0.841	0.968
78	0.914	0.855	0.968
79	0.919	0.850	0.978
80	0.924	0.860	1.007
81	0.919	0.860	0.982
82	0.924	0.855	0.978
83	0.938	0.850	0.978
84	0.929	0.855	0.978
85	0.924	0.846	0.978
86	0.929	0.860	0.987
87	0.934	0.865	0.987
88	0.938	0.860	0.963
89	0.943	0.870	0.992
90	0.934	0.860	0.992
91	0.938	0.855	0.997
92	0.934	0.870	0.997
93	0.938	0.860	0.992
94	0.943	0.865	0.982
95	0.953	0.865	0.987
96	0.948	0.865	1.007
97	0.948	0.870	1.012
98	0.953	0.870	1.002
99	0.943	0.870	1.002
100	0.958	0.875	1.022
101	0.948	0.865	0.997
102	0.948	0.865	1.002
103	0.929	0.850	1.002
104	0.919	0.758	0.987
105	0.899	0.699	0.948
106	0.875	0.665	0.929
107	0.875	0.650	0.894
108	0.850	0.650	0.880
109	0.831	0.635	0.850
110	0.792	0.631	0.831
111	0.772	0.601	0.806
112	0.777	0.591	0.787
113	0.733	0.582	0.772
114	0.733	0.562	0.748
115	0.718	0.552	0.743
116	0.723	0.538	0.718
117	0.723	0.538	0.728
118	0.694	0.538	0.714
119	0.689	0.533	0.694
120	0.670	0.533	0.689
121	0.694	0.533	0.689
122	0.679	0.528	0.684
123	0.679	0.518	0.684
124	0.670	0.518	0.674
125	0.674	0.508	0.674
126	0.684	0.523	0.679
127	0.694	0.523	0.674
128	0.674	0.533	0.679
129	0.694	0.528	0.665
130	0.684	0.508	0.670
131	0.684	0.513	0.670
132	0.689	0.518	0.665
133	0.684	0.503	0.670
134	0.684	0.523	0.670
135	0.684	0.518	0.679
136	0.684	0.528	0.684
137	0.674	0.523	0.670
138	0.679	0.518	0.679
139	0.679	0.513	0.679
140	0.674	0.508	0.670
141	0.665	0.513	0.660
142	0.674	0.503	0.655
143	0.674	0.508	0.645
144	0.684	0.523	0.655
145	0.684	0.518	0.660
146	0.684	0.528	0.665
147	0.679	0.528	0.660
148	0.674	0.499	0.665
149	0.674	0.518	0.660
150	0.665	0.523	0.650
151	0.665	0.528	0.660
152	0.660	0.523	0.660
153	0.679	0.533	0.665
154	0.684	0.513	0.679
155	0.684	0.513	0.670
156	0.679	0.518	0.655
157	0.679	0.528	0.631
158	0.679	0.528	0.606
159	0.670	0.547	0.606
160	0.670	0.538	0.611
161	0.674	0.533	0.616
162	0.684	0.528	0.621
163	0.679	0.528	0.640
164	0.670	0.533	0.626
165	0.670	0.533	0.626
166	0.655	0.528	0.611
167	0.660	0.543	0.635
168	0.665	0.538	0.631
169	0.670	0.538	0.635
170	0.684	0.567	0.650
171	0.674	0.543	0.645
172	0.679	0.547	0.655
173	0.684	0.552	0.650
174	0.684	0.547	0.631
175	0.684	0.547	0.650
176	0.670	0.543	0.650
177	0.665	0.533	0.640
178	0.660	0.528	0.645
179	0.650	0.547	0.640
180	0.665	0.543	0.645
181	0.665	0.552	0.645
182	0.650	0.557	0.650
183	0.640	0.543	0.650
184	0.650	0.552	0.650
185	0.665	0.552	0.655
186	0.665	0.547	0.670
187	0.665	0.538	0.665
188	0.674	0.538	0.670
189	0.674	0.547	0.670
190	0.670	0.547	0.665
191	0.670	0.533	0.665
192	0.665	0.552	0.645
193	0.670	0.557	0.650
194	0.674	0.552	0.655
195	0.684	0.567	0.650
196	0.684	0.567	0.665
197	0.674	0.567	0.670
198	0.670	0.562	0.674
199	0.655	0.562	0.679
200	0.660	0.552	0.679
201	0.665	0.543	0.674
202	0.670	0.543	0.665
203	0.684	0.557	0.650
204	0.684	0.547	0.640
205	0.689	0.572	0.626
206	0.670	0.577	0.616
207	0.674	0.587	0.616
208	0.670	0.577	0.635
209	0.665	0.587	0.650
210	0.665	0.552	0.645
211	0.665	0.552	0.670
212	0.670	0.552	0.670
213	0.655	0.552	0.665
214	0.665	0.567	0.665
215	0.660	0.587	0.655
216	0.665	0.577	0.660
217	0.674	0.572	0.645
218	0.684	0.572	0.645
219	0.689	0.557	0.645
220	0.679	0.557	0.655

อาสาสมัคร รหัส 07 เพศ ชาย อายุ 29 ปี ส่วนสูง 1.7 เมตร

น้ำหนัก 59 กิโลกรัม BMI 20.42

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.772	0.665	0.973
2	0.772	0.665	0.992
3	0.777	0.674	1.017
4	0.767	0.670	1.026
5	0.787	0.670	1.017
6	0.782	0.665	0.987
7	0.782	0.660	0.963
8	0.792	0.655	0.963
9	0.782	0.674	0.958
10	0.782	0.655	0.958
11	0.772	0.655	0.982
12	0.797	0.670	1.007
13	0.792	0.660	0.982
14	0.787	0.650	0.992
15	0.792	0.674	0.973
16	0.787	0.674	0.963
17	0.792	0.655	0.958
18	0.777	0.650	0.943
19	0.777	0.650	0.938
20	0.777	0.640	0.963
21	0.782	0.635	0.958
22	0.777	0.631	0.943
23	0.772	0.650	0.953
24	0.777	0.645	0.948
25	0.782	0.655	0.948
26	0.777	0.660	0.963
27	0.782	0.655	0.963
28	0.772	0.650	0.958
29	0.787	0.621	0.963
30	0.782	0.631	0.973
31	0.777	0.621	0.978
32	0.787	0.626	0.978
33	0.772	0.616	0.973
34	0.772	0.631	0.973
35	0.777	0.626	0.958
36	0.767	0.616	0.987
37	0.777	0.645	0.997
38	0.797	0.655	1.036
39	0.806	0.674	1.046
40	0.821	0.684	1.056
41	0.841	0.699	1.061
42	0.850	0.714	1.070
43	0.865	0.718	1.085
44	0.860	0.723	1.080
45	0.865	0.733	1.085
46	0.875	0.723	1.080
47	0.885	0.728	1.105
48	0.899	0.753	1.095
49	0.885	0.748	1.095
50	0.890	0.738	1.109
51	0.890	0.758	1.105
52	0.899	0.748	1.100
53	0.909	0.743	1.105
54	0.899	0.743	1.109
55	0.909	0.728	1.114
56	0.914	0.728	1.129
57	0.914	0.733	1.134
58	0.909	0.753	1.129
59	0.914	0.748	1.129
60	0.919	0.743	1.134
61	0.924	0.718	1.144
62	0.929	0.743	1.149
63	0.924	0.753	1.149
64	0.929	0.743	1.153
65	0.919	0.743	1.163
66	0.924	0.748	1.163
67	0.938	0.748	1.163
68	0.924	0.758	1.149
69	0.963	0.758	1.173
70	0.982	0.743	1.163
71	0.973	0.758	1.163
72	0.973	0.758	1.168
73	0.982	0.758	1.168
74	0.973	0.753	1.163
75	0.987	0.767	1.168
76	0.992	0.767	1.183
77	0.992	0.762	1.173
78	0.992	0.762	1.183
79	1.007	0.758	1.183
80	0.997	0.758	1.173
81	1.002	0.762	1.183
82	0.997	0.767	1.178
83	1.002	0.758	1.183
84	0.997	0.777	1.197
85	1.012	0.777	1.193
86	1.012	0.762	1.207
87	1.002	0.762	1.193
88	0.997	0.767	1.197
89	1.017	0.777	1.202
90	1.002	0.772	1.207
91	1.007	0.772	1.202
92	1.026	0.772	1.212
93	0.992	0.762	1.207
94	1.012	0.782	1.212
95	1.007	0.772	1.217
96	1.007	0.772	1.207
97	1.002	0.767	1.222
98	1.017	0.782	1.207
99	1.026	0.782	1.222
100	1.012	0.777	1.222
101	1.012	0.767	1.232
102	1.012	0.777	1.251
103	1.007	0.767	1.232
104	0.973	0.753	1.178
105	0.963	0.743	1.163
106	0.958	0.733	1.149
107	0.943	0.728	1.149
108	0.948	0.733	1.153
109	0.943	0.733	1.134
110	0.924	0.723	1.124
111	0.909	0.738	1.114
112	0.870	0.733	1.075
113	0.846	0.738	1.065
114	0.816	0.733	1.051
115	0.806	0.723	1.031
116	0.787	0.723	1.022
117	0.782	0.714	1.031
118	0.772	0.714	1.007
119	0.782	0.704	1.017
120	0.782	0.689	1.012
121	0.777	0.684	1.002
122	0.772	0.684	1.031
123	0.758	0.684	1.007
124	0.767	0.699	1.017
125	0.772	0.689	0.997
126	0.772	0.655	0.992
127	0.777	0.684	0.992
128	0.777	0.670	0.982
129	0.772	0.670	0.982
130	0.772	0.665	0.992
131	0.772	0.665	0.982
132	0.772	0.660	0.987
133	0.777	0.665	0.992
134	0.753	0.665	0.987
135	0.758	0.665	0.982
136	0.748	0.660	0.982
137	0.758	0.655	0.973
138	0.733	0.650	0.968
139	0.748	0.645	0.973
140	0.762	0.645	0.968
141	0.758	0.640	0.973
142	0.767	0.626	0.982
143	0.767	0.621	0.982
144	0.767	0.616	0.973
145	0.767	0.621	0.963
146	0.767	0.626	0.978
147	0.777	0.635	0.968
148	0.767	0.621	0.968
149	0.762	0.635	0.982
150	0.753	0.631	0.968
151	0.762	0.640	0.963
152	0.782	0.640	0.978
153	0.777	0.655	0.958
154	0.762	0.650	0.958
155	0.762	0.655	0.963
156	0.748	0.650	0.958
157	0.748	0.640	0.953
158	0.743	0.650	0.943
159	0.743	0.650	0.938
160	0.738	0.640	0.919
161	0.728	0.650	0.914
162	0.753	0.660	0.894
163	0.748	0.655	0.875
164	0.767	0.655	0.890
165	0.753	0.645	0.894
166	0.762	0.650	0.890
167	0.758	0.640	0.909
168	0.762	0.665	0.899
169	0.758	0.640	0.894
170	0.758	0.631	0.885
171	0.748	0.640	0.890
172	0.762	0.640	0.870
173	0.753	0.645	0.890
174	0.758	0.635	0.890
175	0.758	0.645	0.875
176	0.748	0.650	0.880
177	0.738	0.645	0.880
178	0.728	0.650	0.880
179	0.762	0.635	0.875
180	0.728	0.635	0.875
181	0.733	0.621	0.880
182	0.743	0.635	0.875
183	0.748	0.631	0.880
184	0.733	0.631	0.885
185	0.738	0.631	0.894
186	0.733	0.640	0.904
187	0.738	0.626	0.904
188	0.728	0.635	0.914
189	0.738	0.626	0.924
190	0.723	0.621	0.919
191	0.723	0.621	0.924
192	0.709	0.631	0.924
193	0.689	0.611	0.929
194	0.704	0.621	0.919
195	0.714	0.616	0.924
196	0.723	0.616	0.929
197	0.709	0.616	0.929
198	0.723	0.616	0.929
199	0.733	0.611	0.938
200	0.718	0.601	0.929
201	0.738	0.616	0.938
202	0.738	0.611	0.938
203	0.733	0.601	0.929
204	0.743	0.591	0.929
205	0.753	0.601	0.924
206	0.748	0.601	0.914
207	0.738	0.611	0.909
208	0.728	0.606	0.919
209	0.728	0.606	0.914
210	0.738	0.616	0.909
211	0.743	0.611	0.909
212	0.728	0.616	0.914
213	0.714	0.626	0.914
214	0.699	0.621	0.924
215	0.699	0.626	0.919
216	0.714	0.621	0.914
217	0.718	0.616	0.929
218	0.694	0.616	0.914
219	0.699	0.621	0.909
220	0.684	0.611	0.909

อาสาสมัคร รหัส 08 เพศ ชาย อายุ 29 ปี ส่วนสูง 1.69 เมตร

น้ำหนัก 54 กิโลกรัม BMI 18.91

Sec.	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.777	0.875	0.909
2	0.792	0.880	0.909
3	0.787	0.880	0.894
4	0.787	0.875	0.899
5	0.782	0.865	0.914
6	0.782	0.865	0.919
7	0.792	0.865	0.914
8	0.777	0.875	0.924
9	0.787	0.870	0.919
10	0.792	0.870	0.919
11	0.797	0.850	0.929
12	0.797	0.846	0.904
13	0.802	0.836	0.904
14	0.802	0.831	0.894
15	0.821	0.841	0.899
16	0.821	0.850	0.894
17	0.806	0.846	0.899
18	0.821	0.855	0.909
19	0.821	0.846	0.904
20	0.836	0.850	0.904
21	0.826	0.850	0.904
22	0.831	0.821	0.894
23	0.836	0.831	0.899
24	0.841	0.826	0.875
25	0.836	0.826	0.904
26	0.831	0.836	0.904
27	0.826	0.821	0.894
28	0.811	0.836	0.914
29	0.802	0.846	0.909
30	0.802	0.836	0.904
31	0.806	0.841	0.904
32	0.811	0.836	0.909
33	0.811	0.836	0.924
34	0.802	0.831	0.904
35	0.806	0.850	0.904
36	0.811	0.870	0.924
37	0.802	0.904	0.953
38	0.802	0.909	0.978
39	0.826	0.914	1.007
40	0.846	0.929	1.012
41	0.860	0.938	1.012
42	0.875	0.948	1.007
43	0.875	0.948	1.036
44	0.890	0.958	1.046
45	0.885	0.953	1.056
46	0.894	0.963	1.051
47	0.894	0.958	1.070
48	0.909	0.963	1.056
49	0.919	0.968	1.070
50	0.914	0.978	1.075
51	0.919	0.982	1.075
52	0.924	0.987	1.085
53	0.914	0.992	1.085
54	0.919	0.982	1.090
55	0.919	0.987	1.090
56	0.924	0.987	1.090
57	0.924	0.997	1.095
58	0.924	0.992	1.100
59	0.929	1.002	1.100
60	0.948	1.012	1.109
61	0.938	0.992	1.114
62	0.934	1.022	1.109
63	0.943	1.031	1.114
64	0.938	1.022	1.114
65	0.948	1.026	1.114
66	0.943	1.026	1.114
67	0.943	1.026	1.114
68	0.943	1.026	1.114
69	0.929	1.026	1.124
70	0.958	1.031	1.124
71	0.963	1.041	1.119
72	0.973	1.036	1.124
73	0.968	1.041	1.134
74	0.973	1.056	1.129
75	0.968	1.041	1.129
76	0.973	1.046	1.134
77	0.992	1.036	1.144
78	0.973	1.056	1.139
79	0.997	1.046	1.134
80	0.982	1.056	1.144
81	0.978	1.051	1.144
82	0.982	1.046	1.144
83	0.987	1.056	1.153
84	0.992	1.056	1.144
85	0.963	1.051	1.139
86	0.997	1.056	1.149
87	0.992	1.061	1.149
88	0.997	1.061	1.149
89	0.997	1.061	1.153
90	0.992	1.070	1.163
91	1.002	1.056	1.163
92	1.002	1.061	1.149
93	0.997	1.061	1.153
94	1.002	1.070	1.158
95	1.002	1.065	1.158
96	1.007	1.061	1.158
97	1.012	1.056	1.163
98	1.002	1.065	1.163
99	1.002	1.075	1.158
100	1.012	1.070	1.163
101	1.017	1.070	1.173
102	1.022	1.070	1.168
103	0.997	1.075	1.153
104	0.987	1.065	1.129
105	0.968	1.026	1.100
106	0.982	0.973	1.070
107	0.968	0.968	1.061
108	0.963	0.963	1.051
109	0.934	0.948	1.041
110	0.914	0.958	1.017
111	0.904	0.958	1.012
112	0.894	0.958	1.002
113	0.870	0.953	0.968
114	0.855	0.943	0.978
115	0.850	0.929	0.958
116	0.831	0.894	0.953
117	0.831	0.904	0.948
118	0.821	0.885	0.938
119	0.816	0.885	0.934
120	0.821	0.870	0.929
121	0.806	0.870	0.919
122	0.806	0.870	0.914
123	0.792	0.865	0.914
124	0.782	0.880	0.909
125	0.782	0.850	0.909
126	0.777	0.846	0.904
127	0.777	0.846	0.899
128	0.777	0.850	0.899
129	0.782	0.841	0.899
130	0.777	0.841	0.904
131	0.772	0.831	0.894
132	0.787	0.836	0.894
133	0.762	0.831	0.894
134	0.767	0.821	0.894
135	0.748	0.826	0.894
136	0.743	0.816	0.899
137	0.743	0.816	0.894
138	0.748	0.811	0.894
139	0.753	0.821	0.894
140	0.753	0.816	0.890
141	0.753	0.806	0.890
142	0.758	0.806	0.899
143	0.767	0.797	0.890
144	0.762	0.792	0.894
145	0.758	0.762	0.894
146	0.753	0.772	0.890
147	0.753	0.753	0.890
148	0.758	0.748	0.875
149	0.762	0.738	0.860
150	0.753	0.743	0.855
151	0.758	0.738	0.846
152	0.762	0.738	0.836
153	0.762	0.758	0.826
154	0.753	0.758	0.836
155	0.762	0.753	0.831
156	0.767	0.748	0.836
157	0.758	0.753	0.836
158	0.753	0.762	0.826
159	0.753	0.753	0.826
160	0.753	0.767	0.826
161	0.758	0.772	0.816
162	0.748	0.767	0.811
163	0.748	0.762	0.821
164	0.733	0.762	0.821
165	0.743	0.772	0.816
166	0.738	0.772	0.826
167	0.753	0.782	0.836
168	0.748	0.777	0.831
169	0.758	0.772	0.831
170	0.772	0.762	0.826
171	0.772	0.743	0.826
172	0.758	0.743	0.821
173	0.762	0.738	0.826
174	0.772	0.733	0.826
175	0.772	0.738	0.826
176	0.758	0.738	0.826
177	0.762	0.738	0.821
178	0.758	0.738	0.831
179	0.777	0.743	0.826
180	0.758	0.733	0.836
181	0.762	0.733	0.846
182	0.772	0.738	0.836
183	0.767	0.743	0.841
184	0.777	0.733	0.841
185	0.762	0.728	0.836
186	0.748	0.733	0.836
187	0.753	0.743	0.841
188	0.748	0.723	0.821
189	0.748	0.733	0.826
190	0.753	0.733	0.816
191	0.753	0.743	0.821
192	0.767	0.733	0.816
193	0.758	0.723	0.816
194	0.748	0.733	0.831
195	0.753	0.728	0.826
196	0.738	0.728	0.811
197	0.728	0.733	0.797
198	0.738	0.738	0.787
199	0.743	0.748	0.792
200	0.743	0.753	0.806
201	0.777	0.743	0.816
202	0.748	0.748	0.806
203	0.758	0.743	0.782
204	0.772	0.738	0.806
205	0.782	0.728	0.821
206	0.777	0.743	0.816
207	0.777	0.743	0.821
208	0.772	0.748	0.821
209	0.772	0.767	0.831
210	0.762	0.733	0.806
211	0.762	0.728	0.816
212	0.758	0.718	0.816
213	0.753	0.718	0.821
214	0.738	0.723	0.826
215	0.753	0.714	0.841
216	0.753	0.718	0.816
217	0.748	0.723	0.811
218	0.753	0.723	0.806
219	0.753	0.733	0.806
220	0.748	0.728	0.816

อาสาสมัคร รหัส 09 เพศ ชาย อายุ 29 ปี ส่วนสูง 1.7 เมตร

น้ำหนัก 65 กิโลกรัม BMI 22.49

Sec.	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.860	0.894	0.743
2	0.865	0.885	0.762
3	0.865	0.890	0.748
4	0.870	0.880	0.743
5	0.860	0.880	0.733
6	0.860	0.899	0.718
7	0.875	0.894	0.728
8	0.865	0.899	0.733
9	0.875	0.904	0.733
10	0.885	0.909	0.743
11	0.865	0.899	0.738
12	0.885	0.894	0.738
13	0.904	0.899	0.743
14	0.909	0.894	0.738
15	0.914	0.894	0.738
16	0.924	0.899	0.738
17	0.919	0.894	0.738
18	0.914	0.894	0.728
19	0.894	0.894	0.738
20	0.875	0.899	0.738
21	0.894	0.890	0.733
22	0.894	0.894	0.738
23	0.894	0.894	0.733
24	0.890	0.894	0.738
25	0.899	0.894	0.728
26	0.885	0.890	0.738
27	0.894	0.890	0.728
28	0.885	0.894	0.728
29	0.885	0.890	0.723
30	0.875	0.894	0.728
31	0.890	0.894	0.728
32	0.870	0.894	0.738
33	0.885	0.894	0.733
34	0.890	0.894	0.738
35	0.899	0.909	0.733
36	0.914	0.919	0.748
37	0.919	0.924	0.777
38	0.929	0.938	0.792
39	0.938	0.934	0.802
40	0.943	0.943	0.816
41	0.968	0.958	0.821
42	0.963	0.963	0.831
43	0.953	0.958	0.841
44	0.978	0.963	0.846
45	0.973	0.968	0.846
46	0.978	0.973	0.860
47	0.973	0.987	0.860
48	0.978	0.978	0.860
49	0.982	0.992	0.865
50	0.982	0.987	0.865
51	0.982	0.997	0.870
52	0.978	0.992	0.875
53	0.978	0.997	0.885
54	0.987	1.002	0.875
55	1.002	1.002	0.880
56	0.987	0.997	0.880
57	0.992	1.012	0.890
58	0.997	1.012	0.890
59	0.997	1.007	0.885
60	0.997	1.017	0.894
61	1.017	1.022	0.894
62	1.007	1.017	0.894
63	1.012	1.026	0.894
64	1.002	1.022	0.899
65	1.017	1.036	0.885
66	1.007	1.041	0.899
67	1.007	1.031	0.914
68	1.012	1.026	0.909
69	1.012	1.036	0.914
70	1.022	1.031	0.919
71	1.017	1.036	0.914
72	1.017	1.036	0.919
73	1.017	1.056	0.924
74	1.017	1.041	0.924
75	1.026	1.041	0.924
76	1.022	1.046	0.924
77	1.026	1.051	0.929
78	1.017	1.046	0.914
79	1.026	1.046	0.929
80	1.026	1.056	0.929
81	1.026	1.051	0.929
82	1.026	1.056	0.929
83	1.026	1.051	0.929
84	1.026	1.051	0.934
85	1.036	1.065	0.938
86	1.031	1.046	0.934
87	1.036	1.056	0.938
88	1.031	1.061	0.938
89	1.026	1.065	0.938
90	1.036	1.056	0.943
91	1.036	1.056	0.934
92	1.041	1.056	0.943
93	1.017	1.065	0.943
94	1.041	1.065	0.943
95	1.031	1.065	0.943
96	1.031	1.070	0.914
97	1.031	1.070	0.943
98	1.036	1.070	0.943
99	1.026	1.070	0.943
100	1.041	1.070	0.943
101	1.036	1.075	0.948
102	1.031	1.075	0.948
103	1.031	1.070	0.938
104	1.022	1.051	0.919
105	1.002	1.026	0.904
106	0.987	1.012	0.890
107	0.978	0.997	0.865
108	0.963	0.978	0.865
109	0.958	0.982	0.855
110	0.953	0.982	0.846
111	0.943	0.973	0.850
112	0.943	0.953	0.846
113	0.938	0.943	0.846
114	0.934	0.934	0.841
115	0.929	0.938	0.826
116	0.924	0.919	0.826
117	0.924	0.934	0.826
118	0.934	0.924	0.816
119	0.924	0.929	0.811
120	0.929	0.924	0.816
121	0.924	0.919	0.811
122	0.919	0.914	0.821
123	0.924	0.929	0.816
124	0.904	0.924	0.806
125	0.904	0.934	0.792
126	0.914	0.909	0.792
127	0.914	0.904	0.782
128	0.899	0.909	0.782
129	0.894	0.919	0.782
130	0.899	0.899	0.758
131	0.890	0.909	0.777
132	0.890	0.890	0.777
133	0.894	0.899	0.777
134	0.880	0.894	0.777
135	0.885	0.899	0.777
136	0.909	0.899	0.787
137	0.885	0.890	0.777
138	0.880	0.894	0.767
139	0.899	0.875	0.753
140	0.880	0.894	0.767
141	0.885	0.890	0.762
142	0.855	0.890	0.772
143	0.880	0.890	0.762
144	0.870	0.885	0.767
145	0.850	0.894	0.758
146	0.865	0.899	0.767
147	0.875	0.894	0.762
148	0.865	0.890	0.762
149	0.865	0.885	0.753
150	0.865	0.850	0.753
151	0.870	0.860	0.767
152	0.865	0.850	0.762
153	0.875	0.850	0.762
154	0.870	0.860	0.772
155	0.875	0.865	0.767
156	0.865	0.865	0.762
157	0.880	0.865	0.762
158	0.880	0.880	0.767
159	0.880	0.870	0.762
160	0.875	0.875	0.767
161	0.870	0.875	0.772
162	0.875	0.875	0.767
163	0.890	0.875	0.762
164	0.850	0.880	0.777
165	0.850	0.880	0.762
166	0.865	0.875	0.758
167	0.860	0.870	0.762
168	0.860	0.875	0.762
169	0.870	0.870	0.762
170	0.880	0.870	0.762
171	0.846	0.899	0.762
172	0.870	0.870	0.762
173	0.875	0.875	0.767
174	0.865	0.865	0.762
175	0.865	0.875	0.758
176	0.855	0.875	0.767
177	0.870	0.870	0.748
178	0.870	0.870	0.748
179	0.870	0.880	0.758
180	0.860	0.875	0.738
181	0.855	0.870	0.762
182	0.860	0.875	0.758
183	0.865	0.875	0.753
184	0.860	0.880	0.762
185	0.860	0.885	0.758
186	0.865	0.875	0.753
187	0.875	0.875	0.748
188	0.880	0.870	0.748
189	0.875	0.865	0.748
190	0.875	0.865	0.748
191	0.875	0.855	0.748
192	0.875	0.865	0.758
193	0.865	0.870	0.748
194	0.870	0.865	0.748
195	0.865	0.870	0.753
196	0.865	0.860	0.753
197	0.865	0.870	0.758
198	0.865	0.855	0.723
199	0.875	0.855	0.743
200	0.875	0.850	0.748
201	0.865	0.855	0.753
202	0.865	0.855	0.758
203	0.865	0.860	0.743
204	0.875	0.855	0.748
205	0.860	0.860	0.748
206	0.865	0.860	0.743
207	0.865	0.865	0.718
208	0.865	0.860	0.743
209	0.865	0.870	0.748
210	0.870	0.865	0.753
211	0.885	0.870	0.758
212	0.870	0.860	0.743
213	0.860	0.875	0.748
214	0.860	0.870	0.748
215	0.875	0.890	0.743
216	0.850	0.875	0.718
217	0.875	0.880	0.748
218	0.870	0.890	0.743
219	0.880	0.880	0.718
220	0.875	0.875	0.748

อาสาสมัคร รหัส 10 เพศ ชาย อายุ 30 ปี ส่วนสูง 1.72 เมตร

น้ำหนัก 60 กิโลกรัม BMI 22.28

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.640	0.626	0.870
2	0.635	0.631	0.865
3	0.626	0.621	0.865
4	0.621	0.626	0.870
5	0.626	0.616	0.860
6	0.626	0.616	0.870
7	0.635	0.616	0.865
8	0.631	0.621	0.890
9	0.635	0.616	0.870
10	0.645	0.621	0.875
11	0.645	0.616	0.865
12	0.645	0.631	0.870
13	0.650	0.626	0.875
14	0.655	0.626	0.870
15	0.621	0.626	0.880
16	0.645	0.635	0.865
17	0.645	0.640	0.880
18	0.645	0.645	0.860
19	0.645	0.640	0.870
20	0.640	0.655	0.870
21	0.631	0.650	0.865
22	0.626	0.645	0.870
23	0.626	0.640	0.865
24	0.616	0.640	0.865
25	0.616	0.645	0.870
26	0.621	0.640	0.865
27	0.621	0.635	0.860
28	0.621	0.640	0.870
29	0.635	0.640	0.846
30	0.626	0.640	0.865
31	0.621	0.635	0.865
32	0.616	0.635	0.860
33	0.621	0.645	0.865
34	0.626	0.631	0.855
35	0.616	0.631	0.855
36	0.635	0.645	0.850
37	0.640	0.635	0.865
38	0.660	0.684	0.880
39	0.674	0.689	0.890
40	0.684	0.714	0.894
41	0.694	0.723	0.914
42	0.704	0.718	0.909
43	0.704	0.728	0.919
44	0.709	0.743	0.924
45	0.723	0.738	0.929
46	0.718	0.743	0.934
47	0.728	0.758	0.938
48	0.733	0.753	0.943
49	0.714	0.758	0.953
50	0.738	0.767	0.953
51	0.743	0.792	0.948
52	0.738	0.772	0.963
53	0.748	0.762	0.963
54	0.748	0.767	0.978
55	0.748	0.777	0.978
56	0.753	0.782	0.973
57	0.753	0.782	0.982
58	0.758	0.787	0.978
59	0.758	0.792	0.973
60	0.758	0.782	0.987
61	0.758	0.782	0.987
62	0.767	0.792	0.982
63	0.758	0.787	0.982
64	0.767	0.792	0.987
65	0.767	0.792	0.992
66	0.762	0.797	1.002
67	0.767	0.806	1.017
68	0.767	0.797	0.997
69	0.772	0.806	1.002
70	0.767	0.797	1.002
71	0.767	0.806	0.997
72	0.772	0.802	1.007
73	0.777	0.802	1.007
74	0.777	0.797	0.982
75	0.772	0.811	1.012
76	0.782	0.806	1.017
77	0.777	0.816	1.012
78	0.782	0.816	1.017
79	0.777	0.816	1.017
80	0.782	0.821	1.017
81	0.777	0.821	1.022
82	0.787	0.816	1.026
83	0.777	0.821	1.026
84	0.787	0.816	1.026
85	0.777	0.826	1.026
86	0.787	0.821	1.031
87	0.787	0.826	1.031
88	0.787	0.831	1.036
89	0.787	0.826	1.041
90	0.787	0.836	1.031
91	0.782	0.821	1.036
92	0.787	0.831	1.036
93	0.787	0.831	1.031
94	0.782	0.841	1.036
95	0.787	0.841	1.046
96	0.777	0.846	1.036
97	0.787	0.841	1.046
98	0.792	0.846	1.051
99	0.787	0.846	1.046
100	0.782	0.841	1.046
101	0.792	0.841	1.056
102	0.782	0.826	1.056
103	0.777	0.758	1.026
104	0.753	0.743	0.992
105	0.733	0.723	0.953
106	0.728	0.689	0.943
107	0.728	0.679	0.919
108	0.733	0.674	0.909
109	0.704	0.655	0.894
110	0.694	0.645	0.875
111	0.689	0.645	0.860
112	0.699	0.626	0.855
113	0.674	0.611	0.850
114	0.665	0.606	0.831
115	0.660	0.611	0.846
116	0.655	0.606	0.841
117	0.640	0.591	0.846
118	0.645	0.591	0.850
119	0.645	0.587	0.841
120	0.650	0.582	0.846
121	0.650	0.582	0.846
122	0.650	0.596	0.850
123	0.655	0.601	0.841
124	0.640	0.591	0.841
125	0.640	0.596	0.850
126	0.626	0.596	0.841
127	0.626	0.587	0.836
128	0.616	0.601	0.850
129	0.616	0.587	0.841
130	0.616	0.587	0.821
131	0.626	0.577	0.836
132	0.621	0.587	0.846
133	0.626	0.582	0.836
134	0.621	0.587	0.836
135	0.616	0.582	0.836
136	0.606	0.577	0.841
137	0.621	0.591	0.841
138	0.611	0.587	0.831
139	0.606	0.587	0.821
140	0.621	0.591	0.831
141	0.611	0.601	0.826
142	0.616	0.587	0.836
143	0.635	0.596	0.826
144	0.631	0.596	0.821
145	0.626	0.596	0.846
146	0.631	0.591	0.836
147	0.616	0.591	0.841
148	0.616	0.601	0.836
149	0.621	0.587	0.831
150	0.621	0.582	0.836
151	0.626	0.582	0.836
152	0.611	0.577	0.846
153	0.611	0.577	0.841
154	0.596	0.572	0.841
155	0.616	0.582	0.846
156	0.621	0.577	0.846
157	0.616	0.577	0.836
158	0.621	0.572	0.836
159	0.611	0.577	0.831
160	0.611	0.582	0.846
161	0.601	0.582	0.841
162	0.606	0.591	0.841
163	0.591	0.596	0.836
164	0.591	0.591	0.846
165	0.591	0.587	0.846
166	0.601	0.582	0.846
167	0.596	0.577	0.841
168	0.606	0.577	0.846
169	0.601	0.591	0.841
170	0.606	0.587	0.850
171	0.587	0.591	0.846
172	0.606	0.587	0.850
173	0.611	0.591	0.850
174	0.606	0.591	0.850
175	0.587	0.596	0.860
176	0.587	0.596	0.850
177	0.591	0.591	0.855
178	0.587	0.587	0.855
179	0.591	0.591	0.850
180	0.591	0.591	0.860
181	0.572	0.591	0.860
182	0.587	0.587	0.850
183	0.582	0.601	0.850
184	0.587	0.606	0.841
185	0.587	0.596	0.836
186	0.591	0.606	0.836
187	0.596	0.601	0.841
188	0.606	0.596	0.846
189	0.601	0.596	0.850
190	0.601	0.596	0.855
191	0.591	0.601	0.850
192	0.587	0.582	0.865
193	0.591	0.601	0.865
194	0.596	0.591	0.860
195	0.606	0.587	0.860
196	0.601	0.582	0.850
197	0.611	0.591	0.846
198	0.606	0.587	0.850
199	0.606	0.596	0.855
200	0.611	0.596	0.850
201	0.596	0.587	0.850
202	0.601	0.587	0.850
203	0.591	0.587	0.846
204	0.591	0.591	0.855
205	0.601	0.591	0.850
206	0.596	0.596	0.850
207	0.601	0.596	0.860
208	0.601	0.591	0.855
209	0.601	0.591	0.855
210	0.601	0.587	0.850
211	0.601	0.587	0.855
212	0.601	0.587	0.850
213	0.606	0.596	0.850
214	0.606	0.601	0.855
215	0.621	0.596	0.846
216	0.601	0.596	0.850
217	0.596	0.596	0.855
218	0.591	0.596	0.850
219	0.596	0.596	0.855
220	0.596	0.596	0.855

อาสาสมัคร รหัส 11 เพศ หญิง อายุ 21 ปี ส่วนสูง 1.64 เมตร

น้ำหนัก 50 กิโลกรัม BMI 18.59

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.782	0.929	1.046
2	0.782	0.938	1.036
3	0.787	0.958	1.031
4	0.787	0.948	1.022
5	0.782	0.948	1.026
6	0.787	0.958	1.026
7	0.797	0.953	1.046
8	0.792	0.948	1.022
9	0.787	0.943	1.022
10	0.787	0.963	1.022
11	0.787	0.958	0.997
12	0.782	0.958	1.026
13	0.787	0.958	1.012
14	0.792	0.968	1.026
15	0.802	0.963	1.012
16	0.802	0.963	1.022
17	0.806	0.958	1.017
18	0.787	0.968	1.002
19	0.792	0.958	0.992
20	0.792	0.968	0.992
21	0.792	0.958	1.002
22	0.787	0.948	1.012
23	0.792	0.963	1.012
24	0.777	0.968	1.012
25	0.782	0.982	1.017
26	0.787	0.963	1.022
27	0.792	0.963	1.031
28	0.777	0.963	1.026
29	0.792	0.968	1.026
30	0.792	0.973	1.026
31	0.792	0.968	1.036
32	0.787	0.968	1.031
33	0.797	0.963	1.026
34	0.797	0.948	1.036
35	0.797	0.958	1.036
36	0.797	0.958	1.022
37	0.826	0.953	1.017
38	0.836	0.982	1.031
39	0.855	1.012	1.056
40	0.875	1.036	1.085
41	0.860	1.051	1.105
42	0.899	1.065	1.124
43	0.904	1.061	1.144
44	0.914	1.070	1.153
45	0.919	1.090	1.173
46	0.919	1.080	1.183
47	0.924	1.085	1.188
48	0.934	1.100	1.197
49	0.938	1.100	1.217
50	0.943	1.109	1.207
51	0.943	1.105	1.237
52	0.934	1.114	1.222
53	0.943	1.124	1.237
54	0.958	1.124	1.246
55	0.948	1.129	1.251
56	0.953	1.129	1.256
57	0.963	1.139	1.251
58	0.958	1.139	1.266
59	0.963	1.149	1.246
60	0.968	1.149	1.266
61	0.953	1.144	1.271
62	0.958	1.149	1.276
63	0.973	1.163	1.285
64	0.968	1.153	1.276
65	0.973	1.149	1.285
66	0.982	1.149	1.281
67	0.973	1.163	1.290
68	0.982	1.168	1.285
69	0.987	1.153	1.290
70	0.978	1.153	1.295
71	0.997	1.163	1.310
72	0.987	1.163	1.310
73	0.987	1.168	1.310
74	0.987	1.168	1.305
75	0.987	1.173	1.305
76	1.007	1.183	1.315
77	0.997	1.173	1.320
78	0.997	1.173	1.315
79	0.987	1.173	1.325
80	1.007	1.193	1.339
81	0.997	1.188	1.329
82	0.997	1.193	1.325
83	0.997	1.183	1.320
84	1.002	1.183	1.325
85	0.992	1.193	1.329
86	1.002	1.183	1.320
87	1.012	1.178	1.339
88	1.007	1.188	1.334
89	1.012	1.188	1.344
90	1.022	1.202	1.339
91	1.026	1.193	1.344
92	1.022	1.202	1.344
93	1.012	1.202	1.344
94	1.026	1.202	1.329
95	1.026	1.197	1.344
96	1.026	1.202	1.354
97	1.012	1.193	1.349
98	1.022	1.197	1.369
99	1.022	1.202	1.359
100	1.017	1.207	1.359
101	1.026	1.202	1.354
102	1.017	1.212	1.359
103	1.012	1.207	1.349
104	0.978	1.183	1.315
105	0.948	1.173	1.285
106	0.934	1.149	1.237
107	0.919	1.144	1.227
108	0.890	1.124	1.173
109	0.870	1.114	1.163
110	0.850	1.100	1.134
111	0.836	1.080	1.100
112	0.836	1.065	1.056
113	0.821	1.061	1.036
114	0.816	1.031	1.017
115	0.802	1.017	1.012
116	0.802	0.997	0.992
117	0.787	0.982	0.982
118	0.792	0.958	0.973
119	0.787	0.963	0.978
120	0.767	0.934	0.973
121	0.767	0.929	0.963
122	0.758	0.919	0.968
123	0.748	0.924	0.968
124	0.758	0.924	0.958
125	0.753	0.904	0.948
126	0.762	0.904	0.948
127	0.758	0.894	0.929
128	0.753	0.890	0.934
129	0.748	0.899	0.938
130	0.753	0.890	0.934
131	0.743	0.899	0.924
132	0.743	0.894	0.919
133	0.723	0.899	0.924
134	0.733	0.894	0.919
135	0.762	0.894	0.924
136	0.743	0.890	0.924
137	0.733	0.885	0.914
138	0.728	0.885	0.919
139	0.728	0.894	0.919
140	0.738	0.899	0.899
141	0.723	0.899	0.904
142	0.723	0.894	0.899
143	0.723	0.885	0.904
144	0.718	0.885	0.904
145	0.728	0.880	0.909
146	0.723	0.865	0.904
147	0.723	0.870	0.890
148	0.738	0.875	0.899
149	0.733	0.875	0.899
150	0.743	0.875	0.899
151	0.733	0.860	0.890
152	0.738	0.870	0.899
153	0.738	0.870	0.894
154	0.738	0.870	0.890
155	0.748	0.865	0.899
156	0.728	0.855	0.909
157	0.743	0.850	0.904
158	0.748	0.850	0.904
159	0.728	0.841	0.909
160	0.748	0.850	0.919
161	0.758	0.855	0.914
162	0.753	0.850	0.904
163	0.753	0.865	0.899
164	0.758	0.870	0.894
165	0.748	0.860	0.890
166	0.758	0.846	0.880
167	0.753	0.841	0.890
168	0.758	0.846	0.894
169	0.748	0.850	0.890
170	0.762	0.850	0.890
171	0.748	0.860	0.890
172	0.753	0.850	0.875
173	0.758	0.855	0.899
174	0.743	0.875	0.875
175	0.753	0.870	0.894
176	0.758	0.870	0.899
177	0.743	0.865	0.894
178	0.728	0.870	0.919
179	0.762	0.870	0.909
180	0.758	0.870	0.904
181	0.758	0.870	0.924
182	0.758	0.865	0.914
183	0.748	0.865	0.924
184	0.738	0.870	0.914
185	0.743	0.870	0.904
186	0.743	0.870	0.924
187	0.743	0.860	0.914
188	0.743	0.875	0.919
189	0.738	0.880	0.919
190	0.758	0.875	0.919
191	0.753	0.870	0.914
192	0.748	0.870	0.914
193	0.748	0.880	0.904
194	0.748	0.865	0.904
195	0.748	0.875	0.909
196	0.753	0.870	0.909
197	0.748	0.865	0.899
198	0.758	0.875	0.909
199	0.753	0.860	0.894
200	0.748	0.870	0.904
201	0.753	0.860	0.904
202	0.758	0.860	0.899
203	0.753	0.846	0.909
204	0.762	0.860	0.894
205	0.743	0.865	0.909
206	0.758	0.865	0.899
207	0.758	0.855	0.904
208	0.743	0.855	0.914
209	0.753	0.880	0.914
210	0.738	0.870	0.909
211	0.723	0.870	0.904
212	0.743	0.860	0.919
213	0.738	0.860	0.914
214	0.753	0.841	0.924
215	0.753	0.831	0.929
216	0.767	0.826	0.904
217	0.772	0.826	0.909
218	0.767	0.811	0.904
219	0.762	0.797	0.914
220	0.767	0.802	0.919

อาสาสมัคร รหัส 12 เพศ หญิง อายุ 23 ปี ส่วนสูง 1.63เมตร

น้ำหนัก 55.3 กิโลกรัม BMI 20.81

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.513	0.547	0.562
2	0.518	0.543	0.552
3	0.528	0.538	0.543
4	0.538	0.538	0.528
5	0.518	0.538	0.523
6	0.528	0.543	0.508
7	0.513	0.543	0.508
8	0.523	0.552	0.508
9	0.523	0.543	0.508
10	0.518	0.547	0.513
11	0.494	0.547	0.518
12	0.543	0.547	0.513
13	0.533	0.547	0.513
14	0.533	0.543	0.523
15	0.528	0.538	0.528
16	0.508	0.547	0.547
17	0.518	0.552	0.547
18	0.513	0.543	0.557
19	0.513	0.538	0.557
20	0.513	0.533	0.557
21	0.518	0.538	0.547
22	0.518	0.528	0.538
23	0.518	0.538	0.538
24	0.523	0.538	0.518
25	0.518	0.528	0.528
26	0.518	0.528	0.508
27	0.513	0.528	0.528
28	0.518	0.528	0.547
29	0.513	0.533	0.523
30	0.513	0.533	0.533
31	0.518	0.543	0.528
32	0.518	0.543	0.518
33	0.513	0.533	0.518
34	0.513	0.543	0.513
35	0.499	0.523	0.513
36	0.508	0.528	0.513
37	0.538	0.528	0.518
38	0.552	0.533	0.533
39	0.562	0.533	0.538
40	0.572	0.552	0.557
41	0.582	0.547	0.567
42	0.596	0.557	0.572
43	0.596	0.562	0.587
44	0.621	0.567	0.591
45	0.616	0.572	0.591
46	0.631	0.567	0.601
47	0.626	0.577	0.601
48	0.631	0.577	0.601
49	0.640	0.577	0.611
50	0.635	0.591	0.611
51	0.650	0.596	0.611
52	0.655	0.596	0.606
53	0.645	0.596	0.606
54	0.650	0.596	0.611
55	0.650	0.601	0.611
56	0.655	0.596	0.611
57	0.660	0.601	0.606
58	0.655	0.611	0.611
59	0.655	0.601	0.616
60	0.660	0.611	0.616
61	0.665	0.616	0.621
62	0.670	0.621	0.631
63	0.679	0.621	0.635
64	0.670	0.621	0.626
65	0.674	0.631	0.621
66	0.665	0.626	0.626
67	0.689	0.631	0.616
68	0.684	0.626	0.631
69	0.679	0.631	0.616
70	0.694	0.631	0.631
71	0.699	0.635	0.626
72	0.689	0.635	0.635
73	0.694	0.640	0.631
74	0.694	0.650	0.635
75	0.699	0.640	0.611
76	0.699	0.645	0.645
77	0.704	0.650	0.640
78	0.704	0.650	0.650
79	0.699	0.650	0.645
80	0.714	0.655	0.650
81	0.718	0.660	0.631
82	0.714	0.660	0.650
83	0.714	0.670	0.650
84	0.718	0.665	0.655
85	0.718	0.670	0.650
86	0.718	0.679	0.655
87	0.723	0.679	0.645
88	0.723	0.679	0.665
89	0.723	0.679	0.655
90	0.718	0.684	0.660
91	0.723	0.679	0.660
92	0.723	0.689	0.660
93	0.704	0.684	0.665
94	0.723	0.684	0.674
95	0.723	0.689	0.674
96	0.738	0.694	0.679
97	0.723	0.694	0.684
98	0.733	0.699	0.684
99	0.733	0.694	0.689
100	0.743	0.704	0.689
101	0.733	0.699	0.670
102	0.733	0.694	0.704
103	0.679	0.704	0.689
104	0.635	0.699	0.660
105	0.572	0.665	0.631
106	0.547	0.631	0.606
107	0.508	0.591	0.577
108	0.503	0.577	0.567
109	0.489	0.567	0.538
110	0.469	0.552	0.533
111	0.469	0.547	0.523
112	0.464	0.538	0.503
113	0.459	0.538	0.503
114	0.464	0.528	0.499
115	0.450	0.523	0.474
116	0.450	0.528	0.479
117	0.445	0.523	0.479
118	0.455	0.533	0.474
119	0.455	0.513	0.474
120	0.455	0.523	0.474
121	0.455	0.523	0.474
122	0.445	0.523	0.464
123	0.459	0.523	0.479
124	0.435	0.538	0.494
125	0.435	0.533	0.494
126	0.440	0.528	0.499
127	0.425	0.523	0.494
128	0.435	0.528	0.494
129	0.435	0.528	0.494
130	0.430	0.538	0.494
131	0.406	0.538	0.484
132	0.435	0.552	0.484
133	0.425	0.543	0.484
134	0.440	0.538	0.489
135	0.430	0.547	0.484
136	0.430	0.547	0.489
137	0.425	0.533	0.489
138	0.440	0.528	0.494
139	0.430	0.528	0.513
140	0.440	0.533	0.499
141	0.450	0.533	0.494
142	0.435	0.543	0.499
143	0.440	0.538	0.469
144	0.445	0.538	0.484
145	0.435	0.528	0.484
146	0.440	0.523	0.489
147	0.455	0.518	0.494
148	0.386	0.518	0.494
149	0.469	0.528	0.503
150	0.474	0.528	0.489
151	0.474	0.533	0.479
152	0.469	0.528	0.479
153	0.474	0.533	0.474
154	0.474	0.523	0.474
155	0.484	0.533	0.484
156	0.484	0.518	0.494
157	0.499	0.523	0.503
158	0.489	0.528	0.513
159	0.484	0.523	0.523
160	0.484	0.528	0.523
161	0.469	0.518	0.508
162	0.474	0.494	0.508
163	0.469	0.518	0.513
164	0.469	0.513	0.503
165	0.469	0.508	0.508
166	0.459	0.518	0.513
167	0.464	0.528	0.508
168	0.469	0.518	0.508
169	0.469	0.528	0.533
170	0.474	0.543	0.533
171	0.479	0.528	0.523
172	0.474	0.538	0.518
173	0.469	0.533	0.484
174	0.474	0.533	0.508
175	0.484	0.513	0.508
176	0.479	0.513	0.513
177	0.479	0.518	0.528
178	0.489	0.513	0.518
179	0.489	0.528	0.528
180	0.479	0.528	0.528
181	0.469	0.528	0.533
182	0.469	0.533	0.538
183	0.479	0.523	0.528
184	0.489	0.518	0.533
185	0.489	0.528	0.528
186	0.484	0.538	0.528
187	0.479	0.513	0.528
188	0.484	0.518	0.518
189	0.489	0.518	0.523
190	0.494	0.518	0.523
191	0.489	0.523	0.523
192	0.484	0.523	0.533
193	0.489	0.528	0.523
194	0.494	0.523	0.518
195	0.499	0.518	0.523
196	0.494	0.518	0.523
197	0.474	0.523	0.518
198	0.494	0.528	0.523
199	0.499	0.547	0.523
200	0.484	0.533	0.533
201	0.479	0.543	0.533
202	0.474	0.547	0.538
203	0.484	0.543	0.533
204	0.474	0.543	0.543
205	0.474	0.533	0.543
206	0.474	0.538	0.538
207	0.474	0.538	0.533
208	0.474	0.567	0.533
209	0.469	0.547	0.533
210	0.479	0.552	0.523
211	0.494	0.562	0.518
212	0.489	0.543	0.513
213	0.499	0.533	0.518
214	0.474	0.533	0.513
215	0.474	0.543	0.518
216	0.484	0.557	0.533
217	0.464	0.567	0.528
218	0.479	0.557	0.523
219	0.484	0.543	0.513
220	0.489	0.547	0.523

อาสาสมัคร รหัส 13 เพศ หญิง อายุ 23 ปี ส่วนสูง 1.55 เมตร

น้ำหนัก 47 กิโลกรัม BMI 19.56

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.582	0.645	0.670
2	0.587	0.635	0.660
3	0.591	0.635	0.655
4	0.587	0.616	0.665
5	0.587	0.611	0.665
6	0.596	0.616	0.645
7	0.601	0.601	0.645
8	0.596	0.596	0.635
9	0.606	0.591	0.621
10	0.606	0.582	0.626
11	0.601	0.596	0.631
12	0.582	0.596	0.626
13	0.591	0.596	0.621
14	0.582	0.582	0.611
15	0.587	0.587	0.616
16	0.606	0.587	0.611
17	0.587	0.591	0.611
18	0.591	0.587	0.601
19	0.582	0.591	0.606
20	0.577	0.591	0.616
21	0.577	0.582	0.626
22	0.582	0.591	0.626
23	0.591	0.591	0.616
24	0.587	0.591	0.611
25	0.596	0.606	0.616
26	0.596	0.601	0.601
27	0.587	0.587	0.606
28	0.591	0.587	0.601
29	0.596	0.591	0.601
30	0.591	0.591	0.616
31	0.582	0.596	0.601
32	0.606	0.591	0.601
33	0.596	0.591	0.601
34	0.587	0.591	0.601
35	0.596	0.591	0.596
36	0.621	0.601	0.601
37	0.645	0.621	0.640
38	0.640	0.626	0.650
39	0.650	0.635	0.694
40	0.655	0.635	0.689
41	0.670	0.635	0.699
42	0.655	0.645	0.704
43	0.674	0.626	0.714
44	0.665	0.640	0.718
45	0.670	0.650	0.723
46	0.655	0.631	0.728
47	0.670	0.660	0.733
48	0.660	0.655	0.743
49	0.674	0.655	0.743
50	0.665	0.655	0.743
51	0.660	0.660	0.748
52	0.670	0.655	0.758
53	0.665	0.670	0.758
54	0.674	0.665	0.777
55	0.670	0.660	0.777
56	0.665	0.655	0.782
57	0.665	0.665	0.787
58	0.674	0.665	0.792
59	0.670	0.670	0.782
60	0.670	0.679	0.782
61	0.689	0.670	0.792
62	0.679	0.674	0.792
63	0.679	0.674	0.797
64	0.655	0.674	0.802
65	0.694	0.670	0.797
66	0.704	0.674	0.782
67	0.689	0.684	0.806
68	0.679	0.679	0.797
69	0.694	0.684	0.802
70	0.684	0.684	0.797
71	0.699	0.679	0.816
72	0.699	0.679	0.802
73	0.694	0.679	0.806
74	0.694	0.679	0.811
75	0.689	0.684	0.811
76	0.704	0.684	0.797
77	0.694	0.684	0.821
78	0.689	0.684	0.811
79	0.694	0.689	0.816
80	0.699	0.694	0.816
81	0.699	0.689	0.816
82	0.709	0.689	0.821
83	0.714	0.689	0.826
84	0.714	0.689	0.821
85	0.714	0.704	0.826
86	0.718	0.704	0.826
87	0.718	0.704	0.831
88	0.733	0.694	0.816
89	0.699	0.704	0.826
90	0.714	0.704	0.831
91	0.714	0.709	0.836
92	0.728	0.709	0.811
93	0.718	0.714	0.826
94	0.718	0.714	0.831
95	0.728	0.694	0.836
96	0.723	0.723	0.836
97	0.728	0.714	0.821
98	0.723	0.723	0.831
99	0.733	0.723	0.841
100	0.723	0.718	0.841
101	0.733	0.728	0.836
102	0.748	0.709	0.811
103	0.689	0.689	0.753
104	0.626	0.631	0.718
105	0.577	0.577	0.684
106	0.547	0.557	0.655
107	0.528	0.533	0.631
108	0.513	0.518	0.611
109	0.508	0.518	0.611
110	0.503	0.513	0.611
111	0.494	0.508	0.611
112	0.528	0.508	0.591
113	0.523	0.513	0.582
114	0.513	0.508	0.538
115	0.499	0.513	0.567
116	0.513	0.513	0.572
117	0.518	0.528	0.567
118	0.518	0.503	0.577
119	0.508	0.523	0.587
120	0.508	0.518	0.567
121	0.503	0.513	0.577
122	0.508	0.518	0.567
123	0.499	0.513	0.562
124	0.508	0.518	0.557
125	0.513	0.523	0.567
126	0.513	0.494	0.577
127	0.518	0.508	0.562
128	0.523	0.513	0.577
129	0.533	0.513	0.577
130	0.528	0.528	0.582
131	0.518	0.508	0.567
132	0.508	0.499	0.577
133	0.503	0.508	0.567
134	0.513	0.518	0.577
135	0.523	0.523	0.577
136	0.513	0.523	0.567
137	0.528	0.528	0.567
138	0.528	0.518	0.562
139	0.523	0.528	0.572
140	0.528	0.518	0.557
141	0.533	0.528	0.557
142	0.523	0.518	0.562
143	0.533	0.533	0.562
144	0.533	0.533	0.562
145	0.523	0.523	0.577
146	0.518	0.528	0.572
147	0.523	0.533	0.572
148	0.538	0.533	0.567
149	0.528	0.543	0.562
150	0.543	0.538	0.562
151	0.538	0.533	0.557
152	0.533	0.538	0.567
153	0.518	0.533	0.557
154	0.523	0.538	0.567
155	0.538	0.547	0.562
156	0.538	0.543	0.552
157	0.538	0.552	0.562
158	0.543	0.552	0.562
159	0.547	0.552	0.557
160	0.533	0.552	0.552
161	0.547	0.552	0.547
162	0.552	0.557	0.552
163	0.543	0.562	0.543
164	0.543	0.552	0.543
165	0.547	0.552	0.547
166	0.552	0.552	0.538
167	0.557	0.557	0.528
168	0.552	0.552	0.547
169	0.557	0.557	0.557
170	0.552	0.557	0.557
171	0.567	0.567	0.552
172	0.577	0.562	0.543
173	0.567	0.567	0.533
174	0.562	0.562	0.543
175	0.567	0.557	0.528
176	0.562	0.557	0.528
177	0.567	0.557	0.513
178	0.587	0.557	0.523
179	0.591	0.562	0.513
180	0.596	0.577	0.533
181	0.577	0.562	0.528
182	0.577	0.562	0.513
183	0.582	0.557	0.518
184	0.591	0.572	0.513
185	0.606	0.567	0.513
186	0.601	0.572	0.513
187	0.591	0.582	0.508
188	0.587	0.591	0.523
189	0.601	0.587	0.508
190	0.596	0.582	0.513
191	0.601	0.577	0.518
192	0.591	0.562	0.523
193	0.591	0.572	0.523
194	0.582	0.572	0.538
195	0.587	0.577	0.503
196	0.587	0.582	0.523
197	0.582	0.577	0.528
198	0.582	0.572	0.518
199	0.567	0.567	0.513
200	0.572	0.567	0.513
201	0.577	0.567	0.513
202	0.587	0.572	0.499
203	0.582	0.572	0.499
204	0.587	0.572	0.503
205	0.591	0.587	0.518
206	0.596	0.587	0.518
207	0.596	0.567	0.508
208	0.601	0.567	0.503
209	0.601	0.562	0.503
210	0.606	0.562	0.503
211	0.606	0.572	0.499
212	0.596	0.567	0.503
213	0.596	0.557	0.513
214	0.601	0.562	0.528
215	0.591	0.582	0.513
216	0.596	0.572	0.479
217	0.587	0.572	0.508
218	0.601	0.577	0.508
219	0.587	0.577	0.508
220	0.587	0.577	0.508

อาสาสมัคร รหัส 14 เพศ หญิง อายุ 23 ปี ส่วนสูง 1.69 เมตร

น้ำหนัก 55 กิโลกรัม BMI 19.26

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.606	0.684	0.875
2	0.626	0.699	0.875
3	0.631	0.694	0.875
4	0.640	0.689	0.855
5	0.640	0.694	0.850
6	0.635	0.684	0.860
7	0.631	0.679	0.865
8	0.640	0.679	0.846
9	0.631	0.679	0.846
10	0.611	0.679	0.846
11	0.621	0.684	0.836
12	0.621	0.674	0.831
13	0.611	0.674	0.816
14	0.621	0.684	0.811
15	0.626	0.679	0.811
16	0.631	0.674	0.816
17	0.665	0.665	0.826
18	0.631	0.670	0.821
19	0.640	0.665	0.816
20	0.640	0.650	0.821
21	0.645	0.655	0.811
22	0.645	0.650	0.792
23	0.631	0.645	0.797
24	0.631	0.650	0.802
25	0.611	0.635	0.802
26	0.606	0.635	0.797
27	0.591	0.640	0.792
28	0.596	0.635	0.787
29	0.582	0.640	0.797
30	0.577	0.635	0.797
31	0.587	0.626	0.787
32	0.582	0.640	0.787
33	0.601	0.645	0.792
34	0.596	0.635	0.792
35	0.591	0.660	0.782
36	0.582	0.674	0.806
37	0.601	0.714	0.831
38	0.616	0.728	0.831
39	0.640	0.743	0.855
40	0.650	0.748	0.850
41	0.665	0.753	0.865
42	0.670	0.758	0.860
43	0.684	0.762	0.846
44	0.689	0.772	0.850
45	0.709	0.777	0.860
46	0.699	0.772	0.860
47	0.704	0.762	0.855
48	0.704	0.762	0.860
49	0.714	0.738	0.860
50	0.723	0.758	0.860
51	0.709	0.767	0.860
52	0.723	0.777	0.865
53	0.723	0.782	0.865
54	0.733	0.806	0.855
55	0.733	0.802	0.860
56	0.728	0.811	0.870
57	0.728	0.821	0.865
58	0.718	0.797	0.865
59	0.723	0.836	0.870
60	0.733	0.841	0.875
61	0.743	0.850	0.880
62	0.743	0.821	0.875
63	0.743	0.797	0.880
64	0.743	0.787	0.880
65	0.748	0.797	0.880
66	0.758	0.777	0.885
67	0.758	0.792	0.894
68	0.753	0.802	0.885
69	0.753	0.816	0.894
70	0.772	0.821	0.894
71	0.753	0.816	0.894
72	0.767	0.831	0.899
73	0.767	0.841	0.899
74	0.753	0.836	0.904
75	0.772	0.821	0.909
76	0.772	0.826	0.924
77	0.772	0.836	0.894
78	0.772	0.846	0.899
79	0.772	0.841	0.899
80	0.782	0.846	0.904
81	0.782	0.850	0.904
82	0.782	0.850	0.914
83	0.797	0.836	0.914
84	0.782	0.855	0.919
85	0.777	0.855	0.924
86	0.782	0.855	0.924
87	0.777	0.855	0.929
88	0.787	0.855	0.929
89	0.787	0.855	0.929
90	0.787	0.855	0.938
91	0.792	0.846	0.934
92	0.802	0.846	0.943
93	0.802	0.860	0.934
94	0.797	0.850	0.938
95	0.792	0.850	0.943
96	0.802	0.846	0.943
97	0.802	0.860	0.943
98	0.806	0.846	0.943
99	0.802	0.831	0.938
100	0.806	0.846	0.948
101	0.811	0.841	0.948
102	0.806	0.831	0.948
103	0.762	0.787	0.909
104	0.699	0.743	0.885
105	0.665	0.714	0.875
106	0.660	0.694	0.846
107	0.635	0.709	0.850
108	0.626	0.709	0.841
109	0.606	0.694	0.841
110	0.601	0.728	0.826
111	0.596	0.714	0.816
112	0.577	0.699	0.806
113	0.562	0.709	0.772
114	0.557	0.704	0.787
115	0.557	0.694	0.797
116	0.557	0.684	0.787
117	0.557	0.694	0.792
118	0.557	0.689	0.782
119	0.557	0.645	0.772
120	0.572	0.635	0.787
121	0.591	0.626	0.777
122	0.567	0.626	0.772
123	0.572	0.640	0.777
124	0.567	0.640	0.772
125	0.562	0.645	0.767
126	0.562	0.650	0.772
127	0.567	0.650	0.767
128	0.567	0.655	0.772
129	0.562	0.645	0.767
130	0.562	0.650	0.772
131	0.562	0.650	0.772
132	0.567	0.645	0.762
133	0.587	0.650	0.758
134	0.577	0.635	0.772
135	0.591	0.650	0.772
136	0.587	0.660	0.762
137	0.567	0.655	0.762
138	0.557	0.655	0.762
139	0.552	0.650	0.762
140	0.543	0.655	0.758
141	0.538	0.660	0.758
142	0.533	0.645	0.762
143	0.538	0.640	0.758
144	0.533	0.640	0.762
145	0.533	0.640	0.753
146	0.552	0.616	0.758
147	0.547	0.635	0.753
148	0.562	0.635	0.758
149	0.552	0.621	0.743
150	0.538	0.606	0.753
151	0.543	0.582	0.723
152	0.543	0.567	0.758
153	0.557	0.557	0.748
154	0.552	0.547	0.758
155	0.557	0.538	0.767
156	0.552	0.543	0.762
157	0.552	0.543	0.772
158	0.552	0.533	0.762
159	0.547	0.543	0.758
160	0.547	0.543	0.772
161	0.543	0.557	0.762
162	0.547	0.552	0.762
163	0.552	0.543	0.748
164	0.557	0.543	0.782
165	0.547	0.528	0.772
166	0.547	0.528	0.787
167	0.543	0.543	0.782
168	0.543	0.543	0.782
169	0.543	0.567	0.782
170	0.538	0.577	0.782
171	0.552	0.582	0.782
172	0.547	0.582	0.758
173	0.562	0.587	0.787
174	0.557	0.582	0.777
175	0.547	0.582	0.797
176	0.567	0.577	0.787
177	0.562	0.572	0.777
178	0.562	0.572	0.782
179	0.552	0.567	0.762
180	0.552	0.567	0.777
181	0.567	0.572	0.777
182	0.562	0.587	0.782
183	0.562	0.587	0.782
184	0.557	0.587	0.782
185	0.552	0.596	0.787
186	0.557	0.587	0.787
187	0.557	0.596	0.782
188	0.562	0.577	0.782
189	0.562	0.596	0.777
190	0.562	0.591	0.777
191	0.562	0.591	0.777
192	0.562	0.587	0.787
193	0.557	0.582	0.777
194	0.562	0.582	0.762
195	0.572	0.572	0.762
196	0.543	0.582	0.753
197	0.552	0.572	0.758
198	0.547	0.572	0.782
199	0.543	0.582	0.762
200	0.538	0.572	0.758
201	0.538	0.587	0.772
202	0.538	0.591	0.772
203	0.543	0.587	0.782
204	0.543	0.567	0.777
205	0.547	0.557	0.772
206	0.557	0.557	0.777
207	0.557	0.572	0.787
208	0.562	0.547	0.787
209	0.582	0.577	0.787
210	0.572	0.567	0.797
211	0.562	0.567	0.792
212	0.567	0.557	0.782
213	0.557	0.577	0.792
214	0.567	0.572	0.787
215	0.577	0.582	0.797
216	0.582	0.591	0.772
217	0.591	0.601	0.787
218	0.582	0.606	0.792
219	0.582	0.606	0.787
220	0.591	0.591	0.787

อาสาสมัคร รหัส 15 เพศ หญิง อายุ 23 ปี ส่วนสูง 1.6 เมตร

น้ำหนัก 56 กิโลกรัม BMI 21.88

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.934	0.704	0.689
2	0.919	0.699	0.689
3	0.919	0.704	0.665
4	0.914	0.709	0.689
5	0.924	0.709	0.689
6	0.924	0.704	0.684
7	0.919	0.709	0.670
8	0.924	0.714	0.670
9	0.924	0.694	0.674
10	0.924	0.689	0.679
11	0.929	0.694	0.665
12	0.924	0.709	0.655
13	0.914	0.684	0.679
14	0.904	0.699	0.679
15	0.890	0.679	0.674
16	0.894	0.684	0.665
17	0.904	0.674	0.679
18	0.919	0.684	0.670
19	0.924	0.694	0.674
20	0.909	0.679	0.645
21	0.904	0.679	0.655
22	0.899	0.674	0.645
23	0.904	0.665	0.674
24	0.894	0.679	0.674
25	0.894	0.670	0.679
26	0.894	0.674	0.670
27	0.899	0.674	0.665
28	0.909	0.670	0.660
29	0.904	0.665	0.655
30	0.909	0.665	0.665
31	0.904	0.635	0.674
32	0.914	0.616	0.655
33	0.904	0.616	0.665
34	0.904	0.626	0.660
35	0.875	0.631	0.645
36	0.899	0.626	0.665
37	0.909	0.635	0.670
38	0.938	0.660	0.709
39	0.997	0.674	0.699
40	0.997	0.694	0.718
41	1.022	0.704	0.718
42	1.031	0.704	0.709
43	1.056	0.723	0.723
44	1.046	0.723	0.718
45	1.061	0.728	0.723
46	1.065	0.709	0.714
47	1.070	0.728	0.709
48	1.070	0.733	0.728
49	1.080	0.733	0.714
50	1.080	0.738	0.723
51	1.090	0.743	0.733
52	1.090	0.738	0.738
53	1.095	0.748	0.723
54	1.105	0.743	0.723
55	1.109	0.743	0.728
56	1.095	0.758	0.743
57	1.105	0.758	0.728
58	1.100	0.767	0.723
59	1.114	0.762	0.733
60	1.105	0.758	0.718
61	1.109	0.762	0.718
62	1.134	0.762	0.723
63	1.114	0.772	0.733
64	1.119	0.777	0.733
65	1.124	0.772	0.733
66	1.124	0.772	0.728
67	1.139	0.787	0.743
68	1.134	0.777	0.743
69	1.134	0.772	0.743
70	1.149	0.792	0.748
71	1.139	0.797	0.753
72	1.134	0.797	0.767
73	1.158	0.792	0.758
74	1.139	0.806	0.762
75	1.149	0.777	0.762
76	1.158	0.806	0.748
77	1.149	0.792	0.758
78	1.149	0.797	0.758
79	1.163	0.816	0.753
80	1.158	0.802	0.758
81	1.158	0.806	0.762
82	1.163	0.811	0.767
83	1.163	0.806	0.762
84	1.178	0.821	0.762
85	1.178	0.811	0.767
86	1.168	0.826	0.762
87	1.173	0.806	0.772
88	1.168	0.826	0.772
89	1.178	0.831	0.767
90	1.178	0.816	0.767
91	1.173	0.826	0.777
92	1.183	0.826	0.777
93	1.183	0.816	0.782
94	1.183	0.826	0.782
95	1.188	0.841	0.777
96	1.188	0.816	0.777
97	1.193	0.831	0.787
98	1.188	0.841	0.797
99	1.197	0.846	0.792
100	1.197	0.841	0.797
101	1.193	0.850	0.792
102	1.202	0.836	0.787
103	1.183	0.811	0.733
104	1.158	0.762	0.718
105	1.139	0.728	0.694
106	1.114	0.689	0.679
107	1.100	0.674	0.674
108	1.070	0.665	0.645
109	1.065	0.655	0.631
110	1.031	0.635	0.631
111	1.012	0.635	0.621
112	0.978	0.621	0.611
113	0.943	0.616	0.606
114	0.919	0.606	0.606
115	0.899	0.606	0.611
116	0.880	0.616	0.601
117	0.865	0.606	0.606
118	0.860	0.596	0.606
119	0.855	0.596	0.601
120	0.855	0.596	0.611
121	0.841	0.596	0.596
122	0.860	0.601	0.596
123	0.836	0.596	0.601
124	0.850	0.601	0.596
125	0.850	0.601	0.596
126	0.846	0.601	0.601
127	0.841	0.591	0.601
128	0.821	0.582	0.596
129	0.816	0.591	0.596
130	0.811	0.577	0.601
131	0.806	0.596	0.596
132	0.806	0.596	0.606
133	0.806	0.596	0.606
134	0.826	0.596	0.601
135	0.836	0.606	0.601
136	0.836	0.591	0.601
137	0.826	0.582	0.591
138	0.826	0.601	0.591
139	0.816	0.606	0.591
140	0.821	0.611	0.601
141	0.816	0.621	0.587
142	0.821	0.611	0.606
143	0.821	0.611	0.611
144	0.826	0.611	0.591
145	0.831	0.616	0.596
146	0.821	0.621	0.591
147	0.826	0.616	0.591
148	0.836	0.616	0.596
149	0.831	0.611	0.587
150	0.841	0.611	0.601
151	0.831	0.606	0.601
152	0.836	0.611	0.601
153	0.816	0.606	0.591
154	0.826	0.611	0.591
155	0.831	0.601	0.591
156	0.831	0.606	0.596
157	0.836	0.611	0.591
158	0.821	0.611	0.606
159	0.831	0.596	0.606
160	0.831	0.611	0.596
161	0.836	0.611	0.601
162	0.841	0.616	0.596
163	0.831	0.606	0.601
164	0.811	0.616	0.601
165	0.806	0.606	0.596
166	0.811	0.606	0.601
167	0.806	0.631	0.601
168	0.797	0.626	0.616
169	0.797	0.611	0.611
170	0.787	0.626	0.601
171	0.787	0.621	0.601
172	0.792	0.621	0.611
173	0.792	0.621	0.601
174	0.797	0.621	0.606
175	0.806	0.621	0.606
176	0.792	0.631	0.606
177	0.762	0.626	0.611
178	0.782	0.631	0.596
179	0.782	0.626	0.611
180	0.792	0.626	0.596
181	0.797	0.616	0.596
182	0.797	0.635	0.606
183	0.777	0.621	0.596
184	0.767	0.626	0.591
185	0.767	0.626	0.606
186	0.758	0.626	0.596
187	0.758	0.626	0.601
188	0.758	0.626	0.601
189	0.758	0.631	0.601
190	0.762	0.626	0.572
191	0.767	0.616	0.591
192	0.777	0.631	0.596
193	0.777	0.631	0.596
194	0.767	0.635	0.601
195	0.787	0.626	0.601
196	0.792	0.631	0.596
197	0.797	0.631	0.596
198	0.806	0.626	0.601
199	0.772	0.626	0.601
200	0.787	0.626	0.596
201	0.782	0.631	0.577
202	0.767	0.631	0.601
203	0.787	0.626	0.596
204	0.777	0.635	0.596
205	0.792	0.626	0.601
206	0.787	0.631	0.596
207	0.777	0.631	0.591
208	0.772	0.631	0.606
209	0.797	0.631	0.616
210	0.816	0.631	0.616
211	0.826	0.640	0.596
212	0.826	0.640	0.562
213	0.811	0.635	0.591
214	0.797	0.635	0.587
215	0.782	0.640	0.587
216	0.782	0.631	0.587
217	0.767	0.631	0.591
218	0.772	0.635	0.587
219	0.777	0.621	0.587
220	0.792	0.621	0.591

อาสาสมัคร รหัส 16 เพศ หญิง อายุ 23 ปี ส่วนสูง 1.6 เมตร

น้ำหนัก 52 กิโลกรัม BMI 20.31

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.533	0.562	0.626
2	0.518	0.567	0.640
3	0.523	0.562	0.616
4	0.528	0.562	0.621
5	0.533	0.557	0.621
6	0.538	0.562	0.626
7	0.543	0.562	0.626
8	0.557	0.533	0.626
9	0.557	0.557	0.631
10	0.543	0.567	0.631
11	0.567	0.562	0.635
12	0.557	0.557	0.635
13	0.552	0.547	0.640
14	0.552	0.543	0.631
15	0.557	0.547	0.626
16	0.557	0.552	0.606
17	0.562	0.547	0.626
18	0.567	0.552	0.631
19	0.562	0.547	0.616
20	0.557	0.547	0.621
21	0.562	0.547	0.616
22	0.572	0.547	0.621
23	0.557	0.538	0.626
24	0.567	0.547	0.626
25	0.557	0.538	0.626
26	0.538	0.547	0.626
27	0.557	0.547	0.621
28	0.552	0.543	0.587
29	0.552	0.543	0.611
30	0.547	0.543	0.621
31	0.547	0.547	0.616
32	0.552	0.552	0.606
33	0.533	0.557	0.616
34	0.528	0.552	0.596
35	0.538	0.543	0.611
36	0.562	0.523	0.650
37	0.572	0.533	0.660
38	0.582	0.528	0.670
39	0.582	0.543	0.665
40	0.601	0.543	0.674
41	0.616	0.538	0.670
42	0.611	0.543	0.679
43	0.611	0.547	0.670
44	0.616	0.562	0.670
45	0.621	0.547	0.674
46	0.621	0.538	0.660
47	0.621	0.533	0.665
48	0.616	0.543	0.665
49	0.621	0.538	0.665
50	0.621	0.538	0.655
51	0.621	0.533	0.670
52	0.626	0.543	0.660
53	0.631	0.538	0.674
54	0.621	0.543	0.660
55	0.621	0.538	0.665
56	0.626	0.538	0.670
57	0.635	0.538	0.660
58	0.635	0.543	0.665
59	0.645	0.538	0.670
60	0.626	0.533	0.674
61	0.655	0.543	0.665
62	0.635	0.538	0.674
63	0.631	0.547	0.670
64	0.645	0.543	0.670
65	0.640	0.528	0.674
66	0.665	0.547	0.679
67	0.640	0.547	0.670
68	0.640	0.543	0.674
69	0.645	0.547	0.674
70	0.640	0.547	0.679
71	0.640	0.547	0.679
72	0.635	0.557	0.679
73	0.640	0.547	0.679
74	0.640	0.557	0.684
75	0.640	0.552	0.689
76	0.645	0.547	0.684
77	0.645	0.557	0.689
78	0.655	0.547	0.704
79	0.650	0.557	0.684
80	0.655	0.562	0.694
81	0.655	0.538	0.699
82	0.650	0.567	0.699
83	0.660	0.567	0.704
84	0.660	0.562	0.714
85	0.655	0.562	0.689
86	0.665	0.557	0.704
87	0.670	0.557	0.714
88	0.670	0.567	0.704
89	0.670	0.572	0.709
90	0.670	0.567	0.709
91	0.674	0.567	0.714
92	0.670	0.572	0.689
93	0.679	0.572	0.714
94	0.679	0.567	0.714
95	0.674	0.572	0.723
96	0.694	0.547	0.718
97	0.684	0.567	0.718
98	0.684	0.562	0.718
99	0.699	0.567	0.728
100	0.694	0.572	0.728
101	0.704	0.562	0.723
102	0.689	0.572	0.738
103	0.655	0.547	0.694
104	0.596	0.528	0.655
105	0.557	0.523	0.621
106	0.538	0.528	0.621
107	0.528	0.528	0.606
108	0.523	0.533	0.606
109	0.513	0.513	0.572
110	0.503	0.518	0.577
111	0.494	0.518	0.572
112	0.484	0.523	0.572
113	0.489	0.499	0.557
114	0.474	0.513	0.552
115	0.474	0.518	0.567
116	0.484	0.523	0.567
117	0.484	0.518	0.552
118	0.489	0.508	0.572
119	0.489	0.513	0.577
120	0.489	0.513	0.572
121	0.479	0.518	0.577
122	0.494	0.538	0.567
123	0.484	0.523	0.562
124	0.474	0.528	0.557
125	0.484	0.518	0.557
126	0.474	0.513	0.567
127	0.484	0.523	0.562
128	0.499	0.518	0.572
129	0.499	0.518	0.572
130	0.513	0.523	0.577
131	0.513	0.513	0.572
132	0.508	0.518	0.577
133	0.518	0.513	0.582
134	0.503	0.503	0.567
135	0.499	0.503	0.582
136	0.474	0.503	0.582
137	0.503	0.513	0.582
138	0.503	0.518	0.596
139	0.508	0.513	0.587
140	0.508	0.508	0.587
141	0.503	0.508	0.591
142	0.489	0.503	0.591
143	0.513	0.518	0.587
144	0.508	0.518	0.587
145	0.508	0.518	0.591
146	0.508	0.528	0.591
147	0.508	0.523	0.596
148	0.518	0.523	0.587
149	0.508	0.533	0.582
150	0.508	0.523	0.582
151	0.513	0.533	0.577
152	0.523	0.528	0.567
153	0.508	0.538	0.582
154	0.503	0.533	0.596
155	0.494	0.523	0.582
156	0.479	0.533	0.596
157	0.474	0.528	0.587
158	0.479	0.523	0.591
159	0.484	0.523	0.587
160	0.494	0.528	0.611
161	0.489	0.533	0.596
162	0.513	0.538	0.591
163	0.503	0.518	0.596
164	0.513	0.533	0.591
165	0.508	0.528	0.601
166	0.528	0.533	0.591
167	0.513	0.528	0.591
168	0.528	0.533	0.572
169	0.528	0.533	0.587
170	0.533	0.533	0.591
171	0.533	0.533	0.577
172	0.523	0.543	0.596
173	0.528	0.543	0.577
174	0.523	0.552	0.582
175	0.523	0.547	0.596
176	0.523	0.547	0.587
177	0.523	0.557	0.596
178	0.528	0.538	0.596
179	0.528	0.538	0.591
180	0.538	0.543	0.596
181	0.538	0.547	0.596
182	0.543	0.543	0.587
183	0.552	0.547	0.587
184	0.557	0.557	0.596
185	0.567	0.557	0.601
186	0.572	0.557	0.611
187	0.587	0.552	0.611
188	0.587	0.552	0.601
189	0.577	0.557	0.601
190	0.567	0.567	0.596
191	0.557	0.562	0.596
192	0.547	0.538	0.601
193	0.538	0.538	0.606
194	0.523	0.543	0.606
195	0.528	0.547	0.606
196	0.538	0.543	0.587
197	0.547	0.547	0.606
198	0.538	0.557	0.606
199	0.538	0.572	0.596
200	0.538	0.567	0.601
201	0.533	0.572	0.601
202	0.533	0.538	0.596
203	0.528	0.538	0.596
204	0.528	0.543	0.606
205	0.523	0.547	0.601
206	0.538	0.543	0.611
207	0.528	0.547	0.596
208	0.523	0.557	0.601
209	0.528	0.533	0.606
210	0.518	0.543	0.606
211	0.508	0.543	0.596
212	0.503	0.552	0.596
213	0.494	0.547	0.596
214	0.494	0.547	0.596
215	0.489	0.557	0.591
216	0.494	0.538	0.606
217	0.503	0.538	0.596
218	0.503	0.543	0.606
219	0.528	0.547	0.601
220	0.518	0.543	0.601

อาสาสมัคร รหัส 17 เพศ หญิง อายุ 24 ปี ส่วนสูง 1.55 เมตร

น้ำหนัก 50 กิโลกรัม BMI 20.81

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.821	0.709	0.821
2	0.816	0.704	0.816
3	0.811	0.704	0.806
4	0.816	0.709	0.797
5	0.816	0.718	0.802
6	0.811	0.723	0.797
7	0.811	0.748	0.787
8	0.806	0.728	0.777
9	0.816	0.738	0.767
10	0.806	0.723	0.772
11	0.802	0.709	0.777
12	0.811	0.699	0.777
13	0.806	0.694	0.772
14	0.806	0.689	0.762
15	0.797	0.694	0.767
16	0.792	0.684	0.772
17	0.802	0.699	0.782
18	0.787	0.709	0.762
19	0.792	0.694	0.772
20	0.782	0.694	0.772
21	0.782	0.699	0.772
22	0.787	0.709	0.777
23	0.792	0.699	0.782
24	0.792	0.704	0.777
25	0.782	0.694	0.777
26	0.777	0.699	0.777
27	0.782	0.699	0.772
28	0.767	0.694	0.772
29	0.762	0.689	0.772
30	0.748	0.699	0.772
31	0.748	0.689	0.767
32	0.758	0.674	0.787
33	0.758	0.694	0.782
34	0.748	0.684	0.772
35	0.767	0.694	0.777
36	0.792	0.728	0.797
37	0.811	0.762	0.831
38	0.846	0.782	0.850
39	0.860	0.806	0.860
40	0.880	0.826	0.880
41	0.894	0.846	0.899
42	0.904	0.855	0.909
43	0.914	0.860	0.909
44	0.938	0.870	0.938
45	0.948	0.890	0.943
46	0.953	0.885	0.948
47	0.968	0.890	0.963
48	0.968	0.899	0.978
49	0.978	0.894	0.982
50	0.982	0.919	0.982
51	1.012	0.919	0.987
52	1.012	0.934	0.997
53	1.017	0.938	0.997
54	1.017	0.934	1.007
55	1.022	0.948	1.002
56	1.022	0.948	1.022
57	1.026	0.958	1.012
58	1.046	0.958	1.022
59	1.051	0.968	1.022
60	1.041	0.953	1.031
61	1.041	0.963	1.041
62	1.056	0.978	1.031
63	1.046	0.973	1.041
64	1.056	0.982	1.041
65	1.061	0.992	1.026
66	1.065	0.973	1.041
67	1.065	0.997	1.046
68	1.070	0.987	1.051
69	1.061	0.997	1.056
70	1.065	0.997	1.051
71	1.065	0.997	1.056
72	1.070	1.002	1.056
73	1.080	0.997	1.065
74	1.085	0.992	1.061
75	1.080	1.022	1.070
76	1.090	1.002	1.075
77	1.090	1.007	1.075
78	1.095	1.017	1.075
79	1.100	1.026	1.085
80	1.090	1.012	1.090
81	1.114	1.012	1.085
82	1.114	1.017	1.070
83	1.109	1.002	1.095
84	1.105	1.022	1.085
85	1.109	1.022	1.090
86	1.114	1.017	1.095
87	1.109	1.031	1.095
88	1.114	1.022	1.095
89	1.114	1.022	1.100
90	1.119	1.022	1.061
91	1.119	1.026	1.100
92	1.124	1.026	1.114
93	1.124	1.022	1.105
94	1.129	1.026	1.109
95	1.129	1.026	1.085
96	1.124	1.041	1.109
97	1.119	1.041	1.114
98	1.119	1.031	1.105
99	1.129	1.041	1.119
100	1.119	1.031	1.119
101	1.139	1.002	1.114
102	1.129	1.031	1.124
103	1.075	0.997	1.095
104	1.012	0.934	1.051
105	0.948	0.870	1.002
106	0.890	0.836	0.958
107	0.850	0.797	0.904
108	0.816	0.782	0.870
109	0.787	0.762	0.826
110	0.767	0.738	0.797
111	0.748	0.728	0.772
112	0.733	0.723	0.753
113	0.718	0.709	0.743
114	0.704	0.704	0.728
115	0.714	0.694	0.728
116	0.694	0.674	0.728
117	0.694	0.650	0.733
118	0.699	0.660	0.714
119	0.684	0.655	0.694
120	0.674	0.650	0.684
121	0.684	0.645	0.684
122	0.689	0.655	0.689
123	0.689	0.655	0.699
124	0.679	0.655	0.714
125	0.679	0.645	0.694
126	0.670	0.635	0.718
127	0.679	0.631	0.718
128	0.665	0.621	0.723
129	0.665	0.616	0.738
130	0.655	0.621	0.728
131	0.631	0.631	0.748
132	0.655	0.621	0.748
133	0.665	0.635	0.743
134	0.660	0.631	0.738
135	0.660	0.626	0.709
136	0.665	0.621	0.704
137	0.665	0.611	0.704
138	0.674	0.587	0.718
139	0.679	0.606	0.718
140	0.684	0.587	0.738
141	0.689	0.582	0.723
142	0.684	0.587	0.728
143	0.679	0.587	0.733
144	0.674	0.591	0.748
145	0.689	0.596	0.733
146	0.689	0.601	0.743
147	0.699	0.596	0.743
148	0.704	0.601	0.733
149	0.689	0.616	0.743
150	0.684	0.606	0.738
151	0.674	0.611	0.738
152	0.670	0.606	0.728
153	0.684	0.611	0.728
154	0.674	0.596	0.723
155	0.679	0.587	0.723
156	0.660	0.596	0.728
157	0.665	0.601	0.733
158	0.655	0.601	0.728
159	0.640	0.616	0.738
160	0.631	0.601	0.728
161	0.631	0.591	0.733
162	0.626	0.611	0.728
163	0.635	0.606	0.728
164	0.645	0.621	0.738
165	0.635	0.611	0.733
166	0.635	0.616	0.718
167	0.645	0.611	0.718
168	0.655	0.606	0.714
169	0.665	0.606	0.694
170	0.650	0.601	0.714
171	0.655	0.601	0.738
172	0.645	0.591	0.748
173	0.640	0.587	0.748
174	0.635	0.596	0.753
175	0.635	0.596	0.753
176	0.640	0.587	0.753
177	0.635	0.596	0.753
178	0.631	0.611	0.758
179	0.626	0.611	0.738
180	0.626	0.616	0.738
181	0.655	0.611	0.723
182	0.660	0.626	0.733
183	0.665	0.616	0.733
184	0.670	0.626	0.762
185	0.660	0.606	0.762
186	0.665	0.601	0.787
187	0.670	0.591	0.772
188	0.665	0.591	0.772
189	0.665	0.596	0.777
190	0.665	0.591	0.782
191	0.699	0.587	0.782
192	0.694	0.591	0.797
193	0.679	0.606	0.782
194	0.679	0.591	0.777
195	0.694	0.601	0.767
196	0.689	0.596	0.753
197	0.699	0.606	0.743
198	0.694	0.616	0.738
199	0.689	0.606	0.753
200	0.684	0.626	0.772
201	0.674	0.626	0.777
202	0.694	0.635	0.787
203	0.670	0.626	0.802
204	0.689	0.640	0.792
205	0.704	0.626	0.767
206	0.718	0.635	0.767
207	0.728	0.611	0.758
208	0.714	0.635	0.748
209	0.718	0.645	0.748
210	0.738	0.640	0.753
211	0.743	0.645	0.748
212	0.743	0.650	0.748
213	0.748	0.650	0.758
214	0.758	0.631	0.762
215	0.762	0.635	0.767
216	0.748	0.635	0.772
217	0.753	0.616	0.758
218	0.753	0.650	0.753
219	0.758	0.621	0.748
220	0.743	0.626	0.723

อาสาสมัคร รหัส 18 เพศ หญิง อายุ 25 ปี ส่วนสูง 1.51 เมตร

น้ำหนัก 45 กิโลกรัม BMI 19.74

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.640	0.806	1.085
2	0.660	0.792	1.095
3	0.665	0.802	1.105
4	0.670	0.806	1.109
5	0.670	0.772	1.100
6	0.670	0.797	1.105
7	0.660	0.792	1.090
8	0.660	0.792	1.075
9	0.655	0.777	1.080
10	0.660	0.777	1.085
11	0.660	0.767	1.105
12	0.650	0.772	1.129
13	0.660	0.762	1.144
14	0.665	0.753	1.173
15	0.689	0.753	1.149
16	0.699	0.748	1.158
17	0.704	0.762	1.149
18	0.704	0.762	1.139
19	0.718	0.767	1.119
20	0.704	0.767	1.124
21	0.684	0.758	1.100
22	0.694	0.762	1.100
23	0.679	0.802	1.100
24	0.670	0.797	1.090
25	0.679	0.811	1.080
26	0.670	0.811	1.090
27	0.684	0.826	1.090
28	0.684	0.831	1.080
29	0.689	0.821	1.085
30	0.684	0.826	1.085
31	0.684	0.811	1.095
32	0.684	0.806	1.105
33	0.689	0.792	1.109
34	0.689	0.782	1.119
35	0.694	0.767	1.105
36	0.660	0.772	1.105
37	0.694	0.782	1.129
38	0.704	0.811	1.168
39	0.728	0.836	1.197
40	0.743	0.846	1.227
41	0.767	0.870	1.256
42	0.767	0.880	1.271
43	0.787	0.885	1.285
44	0.782	0.894	1.290
45	0.797	0.909	1.310
46	0.816	0.909	1.320
47	0.787	0.914	1.325
48	0.850	0.924	1.329
49	0.831	0.909	1.339
50	0.836	0.938	1.349
51	0.846	0.943	1.359
52	0.850	0.953	1.359
53	0.846	0.948	1.373
54	0.850	0.958	1.364
55	0.855	0.968	1.378
56	0.865	0.958	1.378
57	0.860	0.978	1.388
58	0.870	0.968	1.383
59	0.875	0.973	1.393
60	0.865	0.973	1.403
61	0.880	0.973	1.393
62	0.875	0.973	1.408
63	0.890	0.987	1.417
64	0.894	0.987	1.408
65	0.899	0.992	1.417
66	0.899	0.992	1.422
67	0.885	0.987	1.417
68	0.904	1.002	1.422
69	0.894	1.002	1.422
70	0.899	0.992	1.422
71	0.899	1.017	1.447
72	0.909	0.992	1.437
73	0.899	1.002	1.442
74	0.914	0.992	1.442
75	0.914	1.012	1.457
76	0.929	1.012	1.442
77	0.929	1.022	1.447
78	0.929	1.007	1.457
79	0.924	1.012	1.457
80	0.934	1.017	1.447
81	0.938	1.022	1.461
82	0.929	1.017	1.437
83	0.943	1.017	1.461
84	0.924	1.012	1.471
85	0.938	1.022	1.466
86	0.929	1.036	1.466
87	0.938	1.036	1.471
88	0.943	1.036	1.471
89	0.948	1.036	1.466
90	0.943	1.026	1.471
91	0.938	1.036	1.476
92	0.934	1.017	1.486
93	0.953	1.051	1.476
94	0.938	1.036	1.481
95	0.943	1.031	1.486
96	0.953	1.041	1.491
97	0.953	1.041	1.496
98	0.953	1.041	1.496
99	0.963	1.051	1.496
100	0.963	1.051	1.505
101	0.953	1.041	1.496
102	0.948	1.041	1.491
103	0.924	1.026	1.476
104	0.880	0.997	1.461
105	0.821	0.948	1.442
106	0.748	0.914	1.432
107	0.699	0.885	1.427
108	0.665	0.855	1.388
109	0.635	0.821	1.393
110	0.611	0.792	1.378
111	0.591	0.758	1.354
112	0.601	0.714	1.310
113	0.591	0.718	1.261
114	0.596	0.699	1.232
115	0.606	0.694	1.202
116	0.611	0.699	1.173
117	0.621	0.704	1.144
118	0.606	0.704	1.119
119	0.606	0.704	1.090
120	0.601	0.709	1.075
121	0.606	0.714	1.080
122	0.591	0.723	1.065
123	0.611	0.738	1.075
124	0.621	0.728	1.041
125	0.626	0.728	1.046
126	0.626	0.748	1.017
127	0.626	0.738	1.007
128	0.626	0.728	0.997
129	0.621	0.738	1.002
130	0.596	0.767	0.978
131	0.596	0.753	1.002
132	0.591	0.758	0.997
133	0.601	0.753	0.992
134	0.601	0.743	0.997
135	0.606	0.738	0.982
136	0.587	0.738	0.997
137	0.606	0.748	1.007
138	0.591	0.753	1.017
139	0.582	0.758	1.017
140	0.591	0.748	1.007
141	0.582	0.743	1.017
142	0.587	0.728	1.002
143	0.601	0.738	1.012
144	0.601	0.728	0.992
145	0.577	0.723	0.978
146	0.587	0.743	0.997
147	0.587	0.743	0.992
148	0.596	0.767	0.987
149	0.601	0.787	0.968
150	0.621	0.802	0.997
151	0.616	0.821	0.982
152	0.596	0.816	0.982
153	0.611	0.802	0.987
154	0.611	0.787	0.978
155	0.577	0.777	0.968
156	0.611	0.762	0.978
157	0.621	0.753	0.958
158	0.631	0.753	0.968
159	0.650	0.748	0.968
160	0.650	0.767	0.968
161	0.631	0.748	0.953
162	0.640	0.728	0.958
163	0.616	0.762	0.953
164	0.611	0.753	0.968
165	0.621	0.767	0.968
166	0.621	0.772	0.982
167	0.635	0.772	0.992
168	0.655	0.753	0.997
169	0.660	0.753	0.997
170	0.655	0.738	0.992
171	0.665	0.753	0.992
172	0.655	0.758	0.987
173	0.650	0.748	0.992
174	0.640	0.762	0.987
175	0.635	0.758	0.987
176	0.645	0.758	0.997
177	0.640	0.758	0.973
178	0.650	0.758	0.973
179	0.670	0.753	0.968
180	0.660	0.748	0.973
181	0.665	0.753	0.973
182	0.645	0.762	0.978
183	0.645	0.762	0.982
184	0.655	0.772	0.978
185	0.674	0.777	0.992
186	0.679	0.772	0.982
187	0.714	0.772	0.987
188	0.694	0.772	0.973
189	0.694	0.772	0.968
190	0.689	0.767	0.968
191	0.689	0.753	0.968
192	0.665	0.753	0.963
193	0.674	0.762	0.973
194	0.679	0.743	0.978
195	0.674	0.733	0.992
196	0.689	0.733	0.997
197	0.679	0.748	0.992
198	0.670	0.748	0.997
199	0.665	0.738	0.992
200	0.640	0.777	0.997
201	0.650	0.792	0.982
202	0.660	0.802	0.987
203	0.665	0.806	0.992
204	0.665	0.806	0.968
205	0.679	0.797	0.987
206	0.699	0.792	0.987
207	0.684	0.787	0.992
208	0.670	0.777	0.992
209	0.655	0.772	0.992
210	0.650	0.772	0.982
211	0.645	0.782	0.978
212	0.670	0.762	0.978
213	0.674	0.792	0.978
214	0.670	0.806	0.968
215	0.699	0.797	0.953
216	0.684	0.811	0.943
217	0.689	0.816	0.953
218	0.689	0.806	0.963
219	0.679	0.802	0.968
220	0.655	0.811	0.963

อาสาสมัคร รหัส 19 เพศ หญิง อายุ 25 ปี ส่วนสูง 1.63 เมตร

น้ำหนัก 55 กิโลกรัม BMI 20.70

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.718	0.772	0.728
2	0.718	0.787	0.748
3	0.714	0.792	0.762
4	0.718	0.782	0.738
5	0.709	0.777	0.743
6	0.704	0.777	0.733
7	0.689	0.772	0.758
8	0.704	0.772	0.767
9	0.709	0.782	0.782
10	0.709	0.772	0.782
11	0.709	0.767	0.792
12	0.714	0.767	0.772
13	0.704	0.762	0.777
14	0.699	0.758	0.782
15	0.694	0.748	0.777
16	0.684	0.748	0.792
17	0.699	0.758	0.792
18	0.684	0.743	0.802
19	0.694	0.748	0.782
20	0.684	0.758	0.787
21	0.704	0.758	0.787
22	0.694	0.743	0.787
23	0.684	0.743	0.787
24	0.704	0.743	0.787
25	0.689	0.743	0.797
26	0.699	0.743	0.762
27	0.699	0.748	0.767
28	0.709	0.743	0.777
29	0.714	0.748	0.782
30	0.709	0.753	0.806
31	0.694	0.753	0.811
32	0.694	0.748	0.811
33	0.684	0.748	0.831
34	0.684	0.758	0.797
35	0.679	0.753	0.811
36	0.670	0.743	0.802
37	0.704	0.738	0.806
38	0.694	0.762	0.806
39	0.714	0.767	0.826
40	0.728	0.782	0.846
41	0.733	0.797	0.855
42	0.748	0.806	0.880
43	0.758	0.811	0.885
44	0.762	0.821	0.899
45	0.762	0.831	0.904
46	0.772	0.826	0.899
47	0.772	0.831	0.914
48	0.782	0.836	0.914
49	0.777	0.836	0.929
50	0.777	0.836	0.919
51	0.787	0.841	0.934
52	0.782	0.855	0.929
53	0.782	0.850	0.929
54	0.792	0.860	0.943
55	0.787	0.850	0.943
56	0.792	0.850	0.943
57	0.787	0.855	0.948
58	0.792	0.860	0.978
59	0.806	0.860	0.953
60	0.806	0.855	0.958
61	0.797	0.870	0.963
62	0.806	0.875	0.968
63	0.797	0.875	0.968
64	0.806	0.875	0.968
65	0.806	0.870	0.978
66	0.797	0.875	0.982
67	0.811	0.865	0.978
68	0.811	0.875	0.978
69	0.806	0.899	0.987
70	0.816	0.875	0.987
71	0.797	0.875	0.992
72	0.816	0.880	0.992
73	0.816	0.885	0.992
74	0.821	0.880	0.992
75	0.821	0.880	0.997
76	0.816	0.870	1.002
77	0.821	0.899	0.997
78	0.826	0.890	0.997
79	0.826	0.885	1.007
80	0.836	0.890	1.007
81	0.841	0.885	1.007
82	0.831	0.890	1.017
83	0.836	0.890	1.007
84	0.836	0.899	1.012
85	0.846	0.894	0.987
86	0.846	0.904	1.012
87	0.846	0.894	1.017
88	0.846	0.904	1.022
89	0.841	0.909	1.017
90	0.855	0.909	1.022
91	0.846	0.919	1.026
92	0.836	0.914	1.012
93	0.846	0.914	1.017
94	0.855	0.904	1.017
95	0.855	0.919	1.017
96	0.846	0.914	1.031
97	0.846	0.919	1.022
98	0.850	0.919	1.022
99	0.855	0.919	1.026
100	0.846	0.919	1.026
101	0.850	0.929	1.026
102	0.855	0.934	1.031
103	0.836	0.919	1.002
104	0.826	0.909	1.022
105	0.802	0.890	1.022
106	0.782	0.860	1.026
107	0.772	0.841	1.012
108	0.743	0.826	0.987
109	0.728	0.797	0.978
110	0.704	0.782	0.963
111	0.704	0.758	0.924
112	0.679	0.738	0.885
113	0.684	0.753	0.860
114	0.640	0.733	0.802
115	0.660	0.718	0.782
116	0.665	0.714	0.753
117	0.650	0.704	0.728
118	0.645	0.689	0.714
119	0.626	0.684	0.704
120	0.616	0.679	0.684
121	0.611	0.665	0.674
122	0.611	0.660	0.655
123	0.591	0.665	0.660
124	0.591	0.660	0.660
125	0.582	0.650	0.660
126	0.596	0.650	0.660
127	0.606	0.645	0.665
128	0.591	0.655	0.655
129	0.606	0.650	0.655
130	0.591	0.645	0.640
131	0.606	0.650	0.640
132	0.611	0.650	0.635
133	0.616	0.635	0.635
134	0.611	0.650	0.640
135	0.611	0.640	0.640
136	0.611	0.640	0.645
137	0.626	0.631	0.640
138	0.616	0.635	0.645
139	0.601	0.640	0.640
140	0.601	0.645	0.665
141	0.611	0.650	0.650
142	0.606	0.660	0.645
143	0.591	0.665	0.640
144	0.611	0.655	0.635
145	0.621	0.635	0.635
146	0.616	0.645	0.645
147	0.621	0.645	0.640
148	0.616	0.640	0.645
149	0.606	0.650	0.640
150	0.606	0.655	0.640
151	0.601	0.645	0.640
152	0.601	0.650	0.645
153	0.601	0.650	0.650
154	0.601	0.645	0.650
155	0.601	0.650	0.645
156	0.606	0.640	0.640
157	0.606	0.640	0.640
158	0.616	0.650	0.640
159	0.621	0.640	0.640
160	0.611	0.640	0.650
161	0.606	0.640	0.650
162	0.611	0.631	0.645
163	0.621	0.635	0.660
164	0.616	0.640	0.655
165	0.606	0.645	0.660
166	0.621	0.626	0.655
167	0.621	0.640	0.665
168	0.621	0.650	0.655
169	0.626	0.655	0.655
170	0.635	0.655	0.645
171	0.631	0.660	0.645
172	0.616	0.660	0.650
173	0.631	0.655	0.655
174	0.635	0.665	0.665
175	0.635	0.665	0.660
176	0.621	0.655	0.684
177	0.621	0.655	0.670
178	0.631	0.660	0.670
179	0.616	0.660	0.665
180	0.626	0.655	0.665
181	0.621	0.655	0.679
182	0.606	0.655	0.674
183	0.611	0.660	0.670
184	0.626	0.655	0.670
185	0.621	0.650	0.665
186	0.616	0.665	0.670
187	0.621	0.650	0.655
188	0.626	0.640	0.655
189	0.631	0.665	0.665
190	0.626	0.650	0.670
191	0.621	0.645	0.660
192	0.626	0.650	0.655
193	0.635	0.640	0.665
194	0.640	0.645	0.674
195	0.635	0.645	0.679
196	0.621	0.670	0.674
197	0.616	0.650	0.674
198	0.606	0.650	0.670
199	0.606	0.674	0.665
200	0.631	0.684	0.645
201	0.631	0.679	0.674
202	0.640	0.684	0.670
203	0.631	0.694	0.674
204	0.621	0.660	0.670
205	0.621	0.674	0.670
206	0.616	0.684	0.670
207	0.606	0.679	0.670
208	0.621	0.674	0.670
209	0.621	0.679	0.679
210	0.626	0.679	0.670
211	0.611	0.679	0.670
212	0.616	0.674	0.674
213	0.621	0.679	0.674
214	0.621	0.679	0.699
215	0.621	0.684	0.699
216	0.621	0.670	0.704
217	0.621	0.674	0.714
218	0.621	0.670	0.718
219	0.621	0.674	0.723
220	0.621	0.674	0.728

อาสาสมัคร รหัส 20 เพศ หญิง อายุ 26 ปี ส่วนสูง 1.6 เมตร

น้ำหนัก 47.5 กิโลกรัม BMI 18.55

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.855	0.890	0.890
2	0.855	0.909	0.875
3	0.860	0.914	0.855
4	0.865	0.919	0.870
5	0.855	0.899	0.865
6	0.855	0.890	0.899
7	0.855	0.880	0.904
8	0.865	0.885	0.914
9	0.855	0.890	0.899
10	0.855	0.899	0.914
11	0.860	0.899	0.894
12	0.850	0.909	0.899
13	0.865	0.899	0.885
14	0.860	0.914	0.885
15	0.865	0.909	0.885
16	0.841	0.894	0.890
17	0.865	0.914	0.890
18	0.860	0.894	0.875
19	0.860	0.919	0.890
20	0.850	0.904	0.880
21	0.850	0.899	0.904
22	0.836	0.909	0.904
23	0.841	0.914	0.899
24	0.841	0.909	0.904
25	0.841	0.899	0.899
26	0.855	0.924	0.899
27	0.865	0.914	0.894
28	0.870	0.929	0.890
29	0.865	0.963	0.885
30	0.855	1.002	0.880
31	0.846	1.017	0.894
32	0.846	1.051	0.894
33	0.850	1.109	0.890
34	0.846	1.105	0.909
35	0.865	1.119	0.914
36	0.875	1.134	0.919
37	0.904	1.153	0.938
38	0.958	1.173	0.963
39	0.992	1.178	0.978
40	1.017	1.197	1.007
41	1.041	1.212	1.012
42	1.051	1.212	1.031
43	1.075	1.227	1.051
44	1.090	1.241	1.070
45	1.095	1.237	1.085
46	1.109	1.237	1.080
47	1.090	1.256	1.090
48	1.119	1.251	1.105
49	1.129	1.251	1.114
50	1.139	1.261	1.124
51	1.134	1.266	1.139
52	1.149	1.261	1.153
53	1.153	1.276	1.144
54	1.168	1.271	1.153
55	1.153	1.281	1.158
56	1.168	1.281	1.178
57	1.168	1.290	1.168
58	1.183	1.281	1.178
59	1.183	1.285	1.183
60	1.188	1.290	1.193
61	1.193	1.295	1.188
62	1.188	1.295	1.202
63	1.193	1.305	1.197
64	1.202	1.305	1.207
65	1.207	1.310	1.207
66	1.212	1.320	1.197
67	1.188	1.310	1.207
68	1.217	1.310	1.217
69	1.237	1.329	1.222
70	1.222	1.315	1.217
71	1.217	1.320	1.212
72	1.222	1.325	1.232
73	1.232	1.325	1.202
74	1.222	1.329	1.222
75	1.232	1.325	1.246
76	1.227	1.334	1.237
77	1.227	1.334	1.232
78	1.232	1.320	1.241
79	1.232	1.334	1.251
80	1.227	1.339	1.241
81	1.222	1.334	1.256
82	1.227	1.344	1.256
83	1.232	1.354	1.256
84	1.237	1.354	1.261
85	1.241	1.339	1.261
86	1.256	1.349	1.271
87	1.251	1.349	1.266
88	1.251	1.359	1.261
89	1.256	1.354	1.271
90	1.271	1.359	1.251
91	1.266	1.369	1.271
92	1.290	1.369	1.276
93	1.285	1.369	1.281
94	1.290	1.364	1.276
95	1.300	1.369	1.276
96	1.310	1.373	1.281
97	1.349	1.359	1.281
98	1.359	1.373	1.281
99	1.369	1.378	1.281
100	1.369	1.388	1.281
101	1.378	1.373	1.281
102	1.378	1.378	1.266
103	1.300	1.339	1.193
104	1.207	1.281	1.139
105	1.149	1.212	1.095
106	1.095	1.188	1.061
107	1.070	1.149	1.022
108	1.031	1.124	1.012
109	1.007	1.090	0.987
110	0.987	1.090	0.953
111	0.963	1.056	0.943
112	0.943	1.056	0.919
113	0.934	1.046	0.890
114	0.914	1.036	0.894
115	0.904	1.012	0.914
116	0.865	0.973	0.894
117	0.885	0.958	0.875
118	0.865	0.948	0.860
119	0.860	0.934	0.865
120	0.855	0.948	0.865
121	0.860	0.914	0.846
122	0.855	0.914	0.870
123	0.855	0.894	0.885
124	0.860	0.894	0.890
125	0.855	0.894	0.865
126	0.865	0.880	0.860
127	0.865	0.894	0.850
128	0.870	0.899	0.841
129	0.865	0.880	0.850
130	0.841	0.875	0.850
131	0.841	0.870	0.850
132	0.841	0.855	0.850
133	0.850	0.855	0.865
134	0.831	0.855	0.836
135	0.846	0.850	0.841
136	0.841	0.860	0.836
137	0.841	0.870	0.811
138	0.831	0.865	0.816
139	0.841	0.870	0.826
140	0.841	0.860	0.831
141	0.841	0.855	0.821
142	0.831	0.860	0.836
143	0.841	0.850	0.826
144	0.841	0.860	0.816
145	0.826	0.875	0.831
146	0.846	0.875	0.826
147	0.831	0.885	0.816
148	0.826	0.865	0.806
149	0.831	0.865	0.797
150	0.821	0.855	0.787
151	0.821	0.855	0.772
152	0.816	0.855	0.782
153	0.826	0.850	0.792
154	0.821	0.841	0.792
155	0.826	0.841	0.806
156	0.836	0.836	0.806
157	0.826	0.846	0.792
158	0.836	0.841	0.802
159	0.836	0.846	0.782
160	0.826	0.850	0.787
161	0.826	0.855	0.802
162	0.826	0.855	0.787
163	0.826	0.855	0.802
164	0.826	0.850	0.806
165	0.831	0.846	0.806
166	0.831	0.850	0.821
167	0.831	0.846	0.821
168	0.826	0.841	0.836
169	0.836	0.841	0.826
170	0.821	0.846	0.816
171	0.831	0.850	0.806
172	0.821	0.855	0.816
173	0.821	0.865	0.836
174	0.826	0.855	0.811
175	0.841	0.846	0.811
176	0.826	0.841	0.802
177	0.836	0.850	0.806
178	0.841	0.850	0.787
179	0.831	0.855	0.811
180	0.831	0.850	0.811
181	0.836	0.855	0.806
182	0.850	0.846	0.816
183	0.831	0.850	0.811
184	0.806	0.860	0.811
185	0.797	0.885	0.831
186	0.802	0.875	0.826
187	0.802	0.880	0.816
188	0.821	0.875	0.811
189	0.826	0.880	0.816
190	0.826	0.890	0.821
191	0.816	0.855	0.806
192	0.826	0.855	0.811
193	0.826	0.855	0.811
194	0.821	0.855	0.821
195	0.841	0.855	0.836
196	0.831	0.870	0.836
197	0.846	0.865	0.836
198	0.836	0.870	0.836
199	0.841	0.865	0.826
200	0.831	0.865	0.826
201	0.836	0.865	0.836
202	0.831	0.860	0.836
203	0.846	0.850	0.831
204	0.850	0.855	0.875
205	0.841	0.846	0.865
206	0.836	0.846	0.875
207	0.826	0.846	0.875
208	0.826	0.850	0.850
209	0.831	0.860	0.841
210	0.836	0.855	0.831
211	0.826	0.855	0.821
212	0.836	0.860	0.816
213	0.836	0.855	0.816
214	0.831	0.870	0.811
215	0.841	0.860	0.816
216	0.826	0.865	0.841
217	0.846	0.865	0.841
218	0.846	0.860	0.836
219	0.831	0.860	0.836
220	0.841	0.875	0.860

อาสาสมัคร รหัส 21 เพศ หญิง อายุ 28 ปี ส่วนสูง 1.6 เมตร

น้ำหนัก 48 กิโลกรัม BMI 18.75

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.728	0.674	0.635
2	0.718	0.660	0.645
3	0.714	0.635	0.650
4	0.709	0.631	0.650
5	0.709	0.621	0.645
6	0.704	0.616	0.665
7	0.699	0.626	0.665
8	0.694	0.635	0.660
9	0.704	0.631	0.660
10	0.689	0.645	0.655
11	0.704	0.650	0.660
12	0.699	0.665	0.650
13	0.709	0.670	0.660
14	0.689	0.645	0.650
15	0.699	0.665	0.650
16	0.699	0.640	0.650
17	0.684	0.655	0.650
18	0.679	0.640	0.640
19	0.684	0.640	0.645
20	0.674	0.645	0.655
21	0.674	0.655	0.650
22	0.684	0.650	0.650
23	0.674	0.660	0.660
24	0.689	0.655	0.655
25	0.665	0.655	0.645
26	0.684	0.655	0.650
27	0.694	0.640	0.655
28	0.699	0.674	0.635
29	0.689	0.655	0.645
30	0.689	0.640	0.640
31	0.670	0.645	0.640
32	0.674	0.650	0.635
33	0.670	0.645	0.626
34	0.684	0.655	0.621
35	0.684	0.674	0.616
36	0.674	0.699	0.635
37	0.689	0.718	0.674
38	0.704	0.743	0.694
39	0.718	0.743	0.694
40	0.728	0.748	0.699
41	0.753	0.748	0.704
42	0.758	0.753	0.699
43	0.748	0.748	0.704
44	0.758	0.762	0.689
45	0.767	0.753	0.689
46	0.767	0.753	0.679
47	0.772	0.758	0.670
48	0.772	0.758	0.670
49	0.777	0.767	0.655
50	0.777	0.762	0.655
51	0.782	0.762	0.660
52	0.777	0.762	0.650
53	0.792	0.762	0.655
54	0.782	0.767	0.645
55	0.787	0.782	0.640
56	0.792	0.782	0.640
57	0.792	0.777	0.645
58	0.787	0.777	0.645
59	0.792	0.782	0.635
60	0.787	0.792	0.635
61	0.777	0.797	0.621
62	0.802	0.782	0.631
63	0.797	0.792	0.631
64	0.806	0.787	0.626
65	0.811	0.797	0.640
66	0.806	0.797	0.645
67	0.811	0.811	0.635
68	0.806	0.806	0.650
69	0.816	0.797	0.650
70	0.816	0.811	0.645
71	0.821	0.802	0.650
72	0.821	0.802	0.645
73	0.821	0.806	0.650
74	0.831	0.802	0.640
75	0.826	0.806	0.655
76	0.831	0.802	0.645
77	0.836	0.806	0.650
78	0.846	0.806	0.665
79	0.850	0.821	0.660
80	0.850	0.806	0.660
81	0.855	0.821	0.665
82	0.850	0.816	0.670
83	0.850	0.826	0.674
84	0.860	0.816	0.670
85	0.850	0.821	0.674
86	0.865	0.816	0.689
87	0.870	0.826	0.679
88	0.870	0.821	0.679
89	0.870	0.836	0.684
90	0.870	0.831	0.684
91	0.880	0.806	0.699
92	0.875	0.831	0.704
93	0.880	0.826	0.699
94	0.885	0.826	0.694
95	0.885	0.836	0.699
96	0.885	0.836	0.704
97	0.890	0.836	0.709
98	0.894	0.836	0.718
99	0.899	0.836	0.718
100	0.894	0.841	0.718
101	0.904	0.836	0.718
102	0.914	0.826	0.728
103	0.870	0.787	0.694
104	0.816	0.748	0.679
105	0.772	0.728	0.660
106	0.738	0.718	0.655
107	0.704	0.694	0.635
108	0.689	0.689	0.616
109	0.689	0.674	0.611
110	0.670	0.660	0.591
111	0.655	0.645	0.582
112	0.635	0.645	0.562
113	0.626	0.631	0.557
114	0.611	0.621	0.552
115	0.601	0.606	0.557
116	0.591	0.601	0.567
117	0.601	0.606	0.577
118	0.601	0.606	0.577
119	0.611	0.616	0.567
120	0.616	0.591	0.572
121	0.606	0.601	0.572
122	0.611	0.591	0.572
123	0.611	0.577	0.562
124	0.621	0.582	0.567
125	0.631	0.572	0.567
126	0.626	0.587	0.562
127	0.635	0.572	0.552
128	0.650	0.582	0.567
129	0.640	0.582	0.567
130	0.626	0.577	0.567
131	0.626	0.582	0.567
132	0.621	0.582	0.572
133	0.635	0.587	0.572
134	0.640	0.591	0.562
135	0.645	0.582	0.562
136	0.631	0.587	0.562
137	0.635	0.577	0.562
138	0.631	0.591	0.567
139	0.635	0.582	0.567
140	0.645	0.582	0.562
141	0.655	0.591	0.572
142	0.626	0.577	0.577
143	0.640	0.582	0.567
144	0.650	0.582	0.557
145	0.650	0.587	0.572
146	0.665	0.591	0.567
147	0.665	0.572	0.543
148	0.670	0.591	0.572
149	0.665	0.591	0.567
150	0.670	0.572	0.582
151	0.670	0.577	0.582
152	0.665	0.572	0.582
153	0.650	0.552	0.582
154	0.645	0.543	0.591
155	0.650	0.562	0.591
156	0.650	0.572	0.601
157	0.660	0.577	0.587
158	0.650	0.582	0.582
159	0.640	0.572	0.572
160	0.670	0.582	0.577
161	0.655	0.582	0.557
162	0.674	0.582	0.572
163	0.689	0.587	0.572
164	0.679	0.596	0.577
165	0.679	0.587	0.572
166	0.665	0.587	0.577
167	0.670	0.582	0.587
168	0.665	0.582	0.587
169	0.660	0.591	0.538
170	0.679	0.596	0.567
171	0.670	0.591	0.577
172	0.670	0.587	0.572
173	0.674	0.587	0.572
174	0.670	0.582	0.577
175	0.665	0.552	0.582
176	0.665	0.572	0.582
177	0.655	0.582	0.587
178	0.660	0.557	0.577
179	0.660	0.557	0.582
180	0.660	0.547	0.582
181	0.665	0.562	0.582
182	0.665	0.547	0.567
183	0.684	0.543	0.591
184	0.699	0.557	0.587
185	0.699	0.552	0.591
186	0.704	0.547	0.601
187	0.714	0.547	0.587
188	0.718	0.562	0.591
189	0.699	0.547	0.582
190	0.704	0.562	0.577
191	0.704	0.557	0.562
192	0.689	0.557	0.587
193	0.699	0.577	0.582
194	0.694	0.591	0.596
195	0.679	0.582	0.582
196	0.694	0.572	0.582
197	0.689	0.587	0.577
198	0.689	0.596	0.582
199	0.684	0.611	0.577
200	0.679	0.611	0.567
201	0.684	0.601	0.577
202	0.684	0.582	0.591
203	0.689	0.582	0.587
204	0.694	0.572	0.596
205	0.694	0.572	0.601
206	0.694	0.577	0.591
207	0.699	0.582	0.577
208	0.704	0.582	0.591
209	0.704	0.582	0.582
210	0.704	0.587	0.582
211	0.709	0.577	0.582
212	0.694	0.591	0.591
213	0.684	0.587	0.577
214	0.689	0.567	0.587
215	0.699	0.587	0.611
216	0.689	0.587	0.611
217	0.689	0.591	0.606
218	0.699	0.587	0.611
219	0.694	0.582	0.596
220	0.689	0.582	0.601

อาสาสมัคร รหัส 22 เพศ หญิง อายุ 28 ปี ส่วนสูง 1.56 เมตร

น้ำหนัก 51.6 กิโลกรัม BMI 21.20

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.992	1.026	1.100
2	1.031	1.017	1.080
3	1.026	1.022	1.056
4	1.017	1.017	1.036
5	1.012	1.002	1.046
6	1.026	1.002	1.051
7	1.036	1.017	1.051
8	1.022	1.036	1.051
9	1.007	1.056	1.065
10	1.007	1.065	1.061
11	0.992	1.075	1.026
12	0.987	1.080	1.041
13	1.002	1.061	1.017
14	0.982	1.085	1.036
15	0.978	1.065	1.017
16	0.987	1.061	1.022
17	0.997	1.061	1.026
18	1.017	1.046	1.031
19	1.012	1.041	1.065
20	1.036	1.012	1.056
21	1.022	1.022	1.056
22	1.036	1.022	1.080
23	1.036	1.031	1.065
24	1.022	1.031	1.061
25	1.007	1.031	1.056
26	1.002	1.031	1.041
27	1.007	1.031	1.036
28	0.992	1.031	1.026
29	0.992	1.036	1.026
30	0.987	1.036	1.075
31	0.992	1.036	1.061
32	1.012	1.036	1.075
33	0.978	1.026	1.080
34	0.958	1.017	1.061
35	0.929	1.012	1.051
36	0.909	1.007	1.036
37	0.938	1.051	1.046
38	0.992	1.105	1.075
39	1.046	1.144	1.105
40	1.085	1.168	1.139
41	1.114	1.183	1.144
42	1.149	1.217	1.163
43	1.163	1.246	1.188
44	1.183	1.251	1.202
45	1.202	1.237	1.241
46	1.232	1.285	1.237
47	1.217	1.295	1.232
48	1.246	1.310	1.217
49	1.246	1.339	1.212
50	1.261	1.334	1.212
51	1.276	1.354	1.212
52	1.276	1.359	1.207
53	1.285	1.383	1.212
54	1.285	1.364	1.237
55	1.305	1.383	1.261
56	1.310	1.383	1.241
57	1.305	1.398	1.281
58	1.310	1.383	1.300
59	1.325	1.393	1.300
60	1.325	1.403	1.300
61	1.315	1.408	1.295
62	1.325	1.403	1.281
63	1.334	1.408	1.300
64	1.334	1.422	1.295
65	1.349	1.417	1.305
66	1.349	1.408	1.285
67	1.354	1.427	1.325
68	1.349	1.437	1.334
69	1.364	1.432	1.344
70	1.364	1.442	1.359
71	1.354	1.447	1.359
72	1.364	1.447	1.364
73	1.369	1.447	1.359
74	1.373	1.452	1.373
75	1.383	1.447	1.373
76	1.373	1.471	1.398
77	1.383	1.471	1.344
78	1.373	1.461	1.388
79	1.388	1.461	1.383
80	1.383	1.461	1.388
81	1.378	1.461	1.393
82	1.388	1.452	1.388
83	1.398	1.461	1.393
84	1.403	1.466	1.388
85	1.403	1.476	1.388
86	1.393	1.461	1.393
87	1.393	1.476	1.408
88	1.393	1.476	1.403
89	1.398	1.481	1.403
90	1.398	1.481	1.413
91	1.413	1.491	1.398
92	1.403	1.466	1.427
93	1.398	1.476	1.437
94	1.403	1.476	1.457
95	1.413	1.466	1.442
96	1.422	1.481	1.437
97	1.417	1.466	1.403
98	1.388	1.486	1.427
99	1.408	1.471	1.417
100	1.403	1.491	1.447
101	1.408	1.496	1.461
102	1.408	1.500	1.422
103	1.359	1.403	1.305
104	1.295	1.271	1.222
105	1.217	1.153	1.153
106	1.188	1.080	1.109
107	1.153	1.036	1.065
108	1.124	1.007	1.017
109	1.105	0.982	0.973
110	1.085	0.963	0.943
111	1.080	0.909	0.880
112	1.070	0.880	0.846
113	1.046	0.875	0.806
114	1.026	0.880	0.831
115	1.017	0.880	0.816
116	0.987	0.865	0.806
117	0.987	0.870	0.806
118	0.968	0.850	0.816
119	0.958	0.831	0.831
120	0.963	0.806	0.811
121	0.953	0.797	0.792
122	0.943	0.787	0.806
123	0.938	0.782	0.816
124	0.938	0.782	0.821
125	0.938	0.772	0.826
126	0.938	0.806	0.826
127	0.924	0.792	0.846
128	0.929	0.787	0.836
129	0.924	0.782	0.836
130	0.924	0.802	0.836
131	0.904	0.792	0.841
132	0.894	0.782	0.821
133	0.899	0.792	0.816
134	0.890	0.811	0.821
135	0.909	0.811	0.841
136	0.904	0.836	0.836
137	0.904	0.811	0.855
138	0.904	0.797	0.855
139	0.899	0.787	0.870
140	0.894	0.802	0.875
141	0.894	0.797	0.865
142	0.899	0.792	0.865
143	0.885	0.777	0.846
144	0.899	0.777	0.860
145	0.899	0.792	0.860
146	0.894	0.792	0.860
147	0.890	0.821	0.860
148	0.885	0.821	0.875
149	0.875	0.821	0.865
150	0.880	0.811	0.865
151	0.890	0.806	0.865
152	0.890	0.826	0.860
153	0.899	0.792	0.831
154	0.890	0.836	0.821
155	0.880	0.841	0.826
156	0.880	0.826	0.836
157	0.890	0.826	0.855
158	0.885	0.831	0.850
159	0.885	0.855	0.841
160	0.899	0.880	0.846
161	0.904	0.841	0.846
162	0.909	0.860	0.836
163	0.904	0.875	0.821
164	0.885	0.870	0.841
165	0.904	0.865	0.836
166	0.899	0.855	0.836
167	0.904	0.846	0.846
168	0.914	0.836	0.870
169	0.934	0.836	0.865
170	0.924	0.860	0.855
171	0.924	0.865	0.860
172	0.914	0.875	0.841
173	0.914	0.860	0.841
174	0.914	0.860	0.836
175	0.929	0.831	0.846
176	0.914	0.816	0.836
177	0.914	0.811	0.846
178	0.894	0.821	0.846
179	0.904	0.860	0.841
180	0.924	0.855	0.841
181	0.948	0.860	0.860
182	0.938	0.860	0.860
183	0.938	0.855	0.846
184	0.943	0.860	0.841
185	0.929	0.855	0.850
186	0.914	0.855	0.850
187	0.919	0.855	0.860
188	0.934	0.860	0.875
189	0.934	0.875	0.875
190	0.953	0.875	0.875
191	0.948	0.899	0.865
192	0.953	0.894	0.860
193	0.938	0.885	0.870
194	0.934	0.875	0.860
195	0.929	0.865	0.875
196	0.948	0.875	0.890
197	0.938	0.880	0.870
198	0.919	0.894	0.860
199	0.948	0.914	0.846
200	0.943	0.919	0.865
201	0.948	0.919	0.865
202	0.948	0.919	0.880
203	0.938	0.909	0.894
204	0.924	0.929	0.890
205	0.929	0.948	0.899
206	0.934	0.938	0.890
207	0.934	0.938	0.894
208	0.929	0.924	0.885
209	0.938	0.919	0.894
210	0.943	0.934	0.909
211	0.934	0.919	0.924
212	0.924	0.904	0.914
213	0.938	0.924	0.914
214	0.934	0.919	0.929
215	0.929	0.934	0.914
216	0.914	0.943	0.914
217	0.929	0.938	0.885
218	0.924	0.938	0.890
219	0.934	0.938	0.909
220	0.948	0.894	0.929

อาสาสมัคร รหัส 23 เพศ หญิง อายุ 28 ปี ส่วนสูง 1.65 เมตร

น้ำหนัก 52 กิโลกรัม BMI 19.10

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.723	0.591	0.782
2	0.738	0.591	0.787
3	0.753	0.587	0.787
4	0.743	0.587	0.782
5	0.748	0.582	0.772
6	0.743	0.582	0.767
7	0.748	0.582	0.758
8	0.753	0.596	0.758
9	0.738	0.587	0.767
10	0.738	0.596	0.772
11	0.738	0.577	0.758
12	0.743	0.582	0.753
13	0.738	0.582	0.767
14	0.743	0.577	0.767
15	0.733	0.587	0.772
16	0.733	0.572	0.767
17	0.728	0.582	0.767
18	0.714	0.582	0.772
19	0.738	0.572	0.782
20	0.733	0.572	0.787
21	0.738	0.577	0.777
22	0.738	0.606	0.787
23	0.743	0.582	0.777
24	0.738	0.582	0.782
25	0.738	0.587	0.787
26	0.738	0.601	0.792
27	0.743	0.596	0.782
28	0.748	0.596	0.792
29	0.748	0.582	0.787
30	0.748	0.596	0.792
31	0.748	0.582	0.806
32	0.733	0.587	0.802
33	0.723	0.591	0.792
34	0.728	0.557	0.792
35	0.709	0.587	0.806
36	0.704	0.582	0.802
37	0.699	0.591	0.816
38	0.714	0.601	0.821
39	0.699	0.601	0.826
40	0.733	0.601	0.841
41	0.733	0.616	0.846
42	0.723	0.611	0.846
43	0.723	0.616	0.860
44	0.718	0.606	0.855
45	0.723	0.621	0.855
46	0.728	0.611	0.865
47	0.733	0.621	0.855
48	0.733	0.621	0.865
49	0.728	0.626	0.870
50	0.728	0.631	0.875
51	0.738	0.631	0.880
52	0.728	0.621	0.870
53	0.743	0.635	0.875
54	0.743	0.626	0.885
55	0.753	0.635	0.890
56	0.743	0.631	0.890
57	0.733	0.635	0.890
58	0.733	0.635	0.885
59	0.738	0.635	0.890
60	0.753	0.650	0.899
61	0.743	0.650	0.899
62	0.748	0.655	0.894
63	0.748	0.655	0.899
64	0.753	0.660	0.899
65	0.753	0.665	0.899
66	0.743	0.665	0.904
67	0.758	0.679	0.909
68	0.758	0.674	0.904
69	0.748	0.684	0.909
70	0.758	0.684	0.914
71	0.753	0.694	0.914
72	0.758	0.689	0.919
73	0.753	0.694	0.909
74	0.758	0.699	0.919
75	0.758	0.704	0.924
76	0.767	0.699	0.919
77	0.767	0.694	0.919
78	0.762	0.709	0.919
79	0.772	0.714	0.929
80	0.782	0.709	0.929
81	0.772	0.714	0.929
82	0.777	0.714	0.929
83	0.772	0.728	0.943
84	0.782	0.714	0.948
85	0.777	0.723	0.958
86	0.777	0.728	0.943
87	0.772	0.728	0.943
88	0.777	0.733	0.953
89	0.787	0.733	0.978
90	0.787	0.743	0.982
91	0.787	0.723	0.973
92	0.782	0.753	0.978
93	0.792	0.733	0.987
94	0.797	0.748	0.992
95	0.782	0.762	0.997
96	0.797	0.758	1.002
97	0.797	0.777	1.007
98	0.802	0.767	1.002
99	0.806	0.762	0.997
100	0.816	0.772	1.007
101	0.816	0.782	1.007
102	0.816	0.762	1.026
103	0.802	0.709	0.963
104	0.743	0.670	0.904
105	0.714	0.645	0.860
106	0.704	0.621	0.821
107	0.689	0.611	0.782
108	0.665	0.591	0.772
109	0.670	0.591	0.753
110	0.655	0.572	0.743
111	0.670	0.562	0.728
112	0.655	0.538	0.704
113	0.655	0.562	0.704
114	0.655	0.547	0.699
115	0.645	0.543	0.699
116	0.640	0.543	0.684
117	0.635	0.543	0.674
118	0.640	0.547	0.665
119	0.640	0.547	0.660
120	0.645	0.543	0.655
121	0.640	0.547	0.665
122	0.631	0.552	0.665
123	0.635	0.543	0.665
124	0.635	0.528	0.665
125	0.640	0.547	0.660
126	0.635	0.543	0.684
127	0.645	0.547	0.670
128	0.645	0.557	0.665
129	0.640	0.552	0.645
130	0.635	0.562	0.670
131	0.645	0.567	0.679
132	0.640	0.562	0.674
133	0.640	0.557	0.660
134	0.655	0.567	0.665
135	0.640	0.567	0.674
136	0.645	0.572	0.689
137	0.645	0.567	0.665
138	0.655	0.552	0.679
139	0.660	0.572	0.665
140	0.660	0.567	0.670
141	0.665	0.572	0.670
142	0.660	0.562	0.684
143	0.655	0.572	0.689
144	0.655	0.567	0.684
145	0.660	0.562	0.679
146	0.660	0.572	0.679
147	0.665	0.572	0.684
148	0.689	0.567	0.704
149	0.679	0.577	0.694
150	0.674	0.577	0.704
151	0.665	0.582	0.694
152	0.660	0.567	0.704
153	0.684	0.567	0.718
154	0.665	0.572	0.714
155	0.665	0.577	0.689
156	0.670	0.577	0.704
157	0.674	0.567	0.714
158	0.670	0.577	0.718
159	0.674	0.587	0.723
160	0.670	0.577	0.723
161	0.670	0.577	0.723
162	0.684	0.567	0.728
163	0.679	0.567	0.718
164	0.679	0.577	0.718
165	0.679	0.577	0.714
166	0.674	0.577	0.723
167	0.684	0.577	0.728
168	0.655	0.587	0.733
169	0.679	0.596	0.728
170	0.679	0.582	0.733
171	0.665	0.587	0.714
172	0.689	0.596	0.733
173	0.679	0.591	0.714
174	0.655	0.587	0.733
175	0.665	0.587	0.714
176	0.665	0.582	0.718
177	0.674	0.587	0.718
178	0.674	0.577	0.714
179	0.670	0.582	0.723
180	0.674	0.591	0.718
181	0.670	0.591	0.714
182	0.684	0.596	0.699
183	0.679	0.596	0.723
184	0.674	0.591	0.718
185	0.670	0.591	0.718
186	0.670	0.587	0.733
187	0.665	0.582	0.738
188	0.665	0.582	0.738
189	0.684	0.591	0.733
190	0.679	0.587	0.733
191	0.674	0.587	0.738
192	0.670	0.587	0.738
193	0.670	0.601	0.743
194	0.684	0.596	0.748
195	0.689	0.591	0.753
196	0.684	0.591	0.753
197	0.670	0.596	0.762
198	0.674	0.601	0.748
199	0.684	0.591	0.758
200	0.684	0.596	0.762
201	0.684	0.591	0.758
202	0.679	0.601	0.748
203	0.674	0.591	0.767
204	0.674	0.591	0.767
205	0.679	0.591	0.762
206	0.689	0.591	0.777
207	0.684	0.577	0.762
208	0.684	0.587	0.767
209	0.694	0.596	0.762
210	0.679	0.596	0.772
211	0.679	0.596	0.782
212	0.674	0.601	0.772
213	0.679	0.596	0.777
214	0.670	0.596	0.772
215	0.674	0.601	0.772
216	0.670	0.601	0.753
217	0.679	0.596	0.738
218	0.674	0.596	0.753
219	0.674	0.601	0.753
220	0.674	0.601	0.753

อาสาสมัคร รหัส 24 เพศ หญิง อายุ 28 ปี ส่วนสูง 1.64 เมตร

น้ำหนัก 50 กิโลกรัม BMI 18.59

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.978	0.924	0.968
2	0.982	0.914	0.982
3	0.992	0.914	0.987
4	1.002	0.914	0.978
5	0.997	0.914	0.968
6	1.012	0.899	0.973
7	1.012	0.880	0.973
8	1.007	0.890	0.968
9	1.012	0.890	0.963
10	1.007	0.890	0.963
11	1.002	0.890	0.963
12	1.002	0.899	0.963
13	1.012	0.880	0.958
14	0.987	0.899	0.958
15	1.002	0.909	0.963
16	0.987	0.899	0.958
17	0.987	0.904	0.943
18	0.987	0.899	0.948
19	0.978	0.894	0.943
20	0.987	0.909	0.943
21	0.982	0.904	0.938
22	0.987	0.904	0.934
23	0.992	0.899	0.924
24	0.973	0.904	0.914
25	0.997	0.909	0.924
26	0.973	0.899	0.934
27	0.978	0.899	0.914
28	0.953	0.885	0.914
29	0.924	0.890	0.924
30	0.899	0.899	0.924
31	0.885	0.904	0.919
32	0.899	0.880	0.934
33	0.894	0.894	0.943
34	0.890	0.890	0.948
35	0.909	0.885	0.934
36	0.943	0.914	0.929
37	0.978	0.943	0.948
38	0.997	0.958	0.973
39	1.022	0.982	0.987
40	1.041	0.987	0.992
41	1.056	0.987	0.992
42	1.065	1.007	1.012
43	1.046	1.017	1.012
44	1.075	1.017	1.022
45	1.085	1.031	1.022
46	1.085	1.046	1.026
47	1.105	1.056	1.036
48	1.105	1.051	1.036
49	1.105	1.036	1.031
50	1.134	1.031	1.041
51	1.114	1.046	1.056
52	1.119	1.046	1.051
53	1.114	1.061	1.036
54	1.119	1.065	1.051
55	1.119	1.065	1.061
56	1.139	1.070	1.061
57	1.134	1.046	1.065
58	1.119	1.080	1.070
59	1.153	1.075	1.065
60	1.124	1.080	1.070
61	1.139	1.070	1.075
62	1.153	1.105	1.075
63	1.158	1.090	1.090
64	1.163	1.105	1.090
65	1.168	1.105	1.085
66	1.168	1.109	1.090
67	1.178	1.129	1.100
68	1.178	1.134	1.100
69	1.183	1.124	1.095
70	1.183	1.134	1.095
71	1.193	1.144	1.105
72	1.197	1.149	1.105
73	1.202	1.153	1.105
74	1.202	1.173	1.109
75	1.193	1.149	1.119
76	1.202	1.163	1.109
77	1.217	1.163	1.119
78	1.222	1.183	1.119
79	1.232	1.168	1.124
80	1.222	1.183	1.124
81	1.207	1.183	1.134
82	1.237	1.178	1.129
83	1.251	1.207	1.129
84	1.256	1.212	1.124
85	1.246	1.207	1.134
86	1.266	1.193	1.129
87	1.276	1.202	1.114
88	1.271	1.207	1.139
89	1.285	1.207	1.139
90	1.285	1.212	1.149
91	1.276	1.212	1.144
92	1.290	1.222	1.158
93	1.295	1.212	1.153
94	1.290	1.217	1.158
95	1.290	1.227	1.163
96	1.295	1.237	1.158
97	1.305	1.227	1.173
98	1.295	1.227	1.168
99	1.305	1.241	1.183
100	1.295	1.227	1.173
101	1.305	1.232	1.153
102	1.300	1.237	1.197
103	1.290	1.158	1.149
104	1.281	1.095	1.100
105	1.261	1.026	1.070
106	1.246	0.978	1.051
107	1.241	0.958	1.026
108	1.232	0.934	0.987
109	1.212	0.914	0.958
110	1.197	0.899	0.943
111	1.193	0.890	0.904
112	1.178	0.865	0.909
113	1.158	0.841	0.904
114	1.149	0.831	0.890
115	1.129	0.821	0.890
116	1.114	0.826	0.880
117	1.109	0.806	0.885
118	1.109	0.821	0.870
119	1.090	0.811	0.875
120	1.090	0.816	0.870
121	1.105	0.816	0.875
122	1.085	0.816	0.865
123	1.085	0.821	0.865
124	1.085	0.831	0.865
125	1.080	0.831	0.870
126	1.065	0.841	0.875
127	1.046	0.836	0.865
128	1.017	0.831	0.870
129	0.963	0.821	0.865
130	0.924	0.821	0.899
131	0.919	0.831	0.850
132	0.919	0.826	0.841
133	0.924	0.821	0.846
134	0.934	0.826	0.846
135	0.938	0.826	0.846
136	0.948	0.831	0.836
137	0.953	0.821	0.841
138	0.973	0.826	0.841
139	0.963	0.841	0.841
140	0.978	0.831	0.836
141	0.978	0.831	0.821
142	0.968	0.821	0.846
143	0.963	0.826	0.826
144	0.938	0.821	0.841
145	0.948	0.826	0.846
146	0.919	0.811	0.860
147	0.948	0.826	0.860
148	0.963	0.821	0.865
149	0.963	0.836	0.880
150	0.958	0.836	0.846
151	0.978	0.841	0.865
152	0.987	0.821	0.870
153	0.997	0.831	0.875
154	0.997	0.831	0.875
155	1.012	0.831	0.860
156	1.002	0.806	0.865
157	0.992	0.836	0.870
158	0.978	0.821	0.870
159	0.978	0.826	0.860
160	0.978	0.811	0.865
161	0.978	0.831	0.880
162	0.982	0.816	0.880
163	0.992	0.821	0.875
164	1.012	0.831	0.880
165	1.007	0.836	0.880
166	1.007	0.816	0.870
167	1.017	0.816	0.855
168	1.022	0.816	0.846
169	1.012	0.816	0.850
170	1.017	0.811	0.860
171	1.007	0.821	0.860
172	1.012	0.831	0.846
173	1.022	0.821	0.865
174	1.022	0.831	0.870
175	1.017	0.816	0.890
176	1.017	0.826	0.880
177	1.017	0.826	0.885
178	1.012	0.826	0.909
179	1.022	0.821	0.865
180	1.012	0.816	0.865
181	1.022	0.826	0.870
182	1.022	0.821	0.850
183	1.017	0.831	0.880
184	1.012	0.836	0.875
185	1.017	0.831	0.885
186	1.031	0.836	0.890
187	1.007	0.811	0.885
188	0.997	0.811	0.890
189	0.982	0.811	0.894
190	0.978	0.821	0.894
191	0.958	0.816	0.890
192	0.987	0.836	0.899
193	0.997	0.826	0.894
194	0.997	0.836	0.890
195	0.992	0.826	0.899
196	1.017	0.826	0.894
197	1.017	0.841	0.880
198	1.012	0.836	0.885
199	1.002	0.841	0.904
200	0.992	0.826	0.875
201	1.002	0.841	0.870
202	1.007	0.831	0.885
203	1.007	0.831	0.885
204	1.002	0.821	0.870
205	0.997	0.826	0.850
206	1.002	0.831	0.875
207	1.007	0.841	0.880
208	1.002	0.836	0.904
209	1.012	0.816	0.919
210	0.997	0.841	0.924
211	1.007	0.850	0.909
212	1.002	0.836	0.899
213	1.002	0.836	0.909
214	0.997	0.836	0.914
215	0.997	0.836	0.885
216	1.007	0.836	0.904
217	1.002	0.836	0.909
218	1.007	0.836	0.904
219	1.017	0.850	0.899
220	1.017	0.831	0.909

อาสาสมัคร รหัส 25 เพศ หญิง อายุ 29 ปี ส่วนสูง 1.57 เมตร

น้ำหนัก 53 กิโลกรัม BMI 21.50

Sec.	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	0.753	0.714	0.748
2	0.748	0.718	0.753
3	0.743	0.728	0.753
4	0.748	0.714	0.753
5	0.748	0.709	0.748
6	0.748	0.718	0.743
7	0.748	0.709	0.733
8	0.748	0.714	0.743
9	0.753	0.718	0.738
10	0.762	0.718	0.728
11	0.753	0.718	0.728
12	0.762	0.718	0.728
13	0.758	0.714	0.728
14	0.758	0.709	0.723
15	0.767	0.718	0.718
16	0.758	0.714	0.714
17	0.758	0.723	0.718
18	0.758	0.728	0.714
19	0.753	0.718	0.718
20	0.753	0.709	0.718
21	0.758	0.709	0.723
22	0.748	0.709	0.723
23	0.748	0.718	0.733
24	0.748	0.718	0.728
25	0.738	0.718	0.723
26	0.748	0.718	0.723
27	0.753	0.718	0.723
28	0.748	0.723	0.723
29	0.753	0.718	0.723
30	0.753	0.714	0.728
31	0.758	0.704	0.743
32	0.753	0.709	0.738
33	0.748	0.714	0.733
34	0.748	0.699	0.738
35	0.748	0.694	0.733
36	0.762	0.699	0.733
37	0.787	0.723	0.728
38	0.826	0.748	0.723
39	0.846	0.762	0.753
40	0.855	0.772	0.772
41	0.870	0.802	0.787
42	0.875	0.826	0.802
43	0.880	0.836	0.821
44	0.885	0.821	0.836
45	0.860	0.860	0.846
46	0.894	0.875	0.855
47	0.899	0.885	0.880
48	0.899	0.885	0.885
49	0.899	0.894	0.890
50	0.914	0.904	0.899
51	0.914	0.919	0.909
52	0.914	0.919	0.914
53	0.914	0.924	0.924
54	0.919	0.924	0.904
55	0.924	0.929	0.938
56	0.943	0.943	0.938
57	0.934	0.948	0.943
58	0.929	0.948	0.958
59	0.929	0.953	0.958
60	0.934	0.953	0.958
61	0.943	0.943	0.963
62	0.948	0.968	0.968
63	0.934	0.973	0.982
64	0.948	0.978	0.982
65	0.948	0.978	0.992
66	0.953	0.982	1.002
67	0.953	0.982	1.007
68	0.958	0.982	1.007
69	0.963	0.992	0.997
70	0.963	0.987	1.002
71	0.948	0.992	0.997
72	0.968	1.002	1.017
73	0.982	1.002	1.012
74	0.978	1.002	1.017
75	0.973	0.997	1.022
76	0.982	1.007	1.026
77	0.978	1.012	1.031
78	0.982	1.007	1.036
79	0.982	1.012	1.036
80	0.992	1.012	1.031
81	0.987	1.017	1.041
82	0.992	1.017	1.041
83	0.992	1.017	1.041
84	0.992	1.022	1.051
85	0.992	1.031	1.051
86	0.997	1.017	1.051
87	1.007	1.022	1.056
88	1.002	1.036	1.036
89	1.002	1.022	1.051
90	1.012	1.036	1.061
91	1.002	1.031	1.061
92	1.012	1.036	1.070
93	1.017	1.036	1.065
94	1.012	1.031	1.065
95	1.007	1.031	1.075
96	1.012	1.036	1.075
97	1.017	1.036	1.070
98	1.012	1.031	1.075
99	1.026	1.031	1.080
100	1.036	1.036	1.080
101	1.022	1.036	1.080
102	1.022	1.046	1.080
103	0.968	1.012	1.085
104	0.899	0.982	1.002
105	0.846	0.914	0.978
106	0.826	0.850	0.914
107	0.811	0.806	0.875
108	0.792	0.782	0.850
109	0.792	0.748	0.831
110	0.782	0.733	0.806
111	0.777	0.718	0.792
112	0.762	0.718	0.782
113	0.767	0.704	0.762
114	0.753	0.704	0.748
115	0.762	0.699	0.733
116	0.753	0.684	0.723
117	0.743	0.684	0.704
118	0.743	0.679	0.699
119	0.743	0.679	0.689
120	0.743	0.670	0.694
121	0.738	0.674	0.689
122	0.738	0.665	0.704
123	0.733	0.665	0.704
124	0.728	0.670	0.704
125	0.718	0.670	0.694
126	0.709	0.674	0.704
127	0.704	0.665	0.699
128	0.704	0.660	0.699
129	0.709	0.670	0.699
130	0.709	0.655	0.699
131	0.718	0.660	0.699
132	0.728	0.665	0.704
133	0.733	0.670	0.704
134	0.738	0.670	0.699
135	0.738	0.670	0.709
136	0.733	0.670	0.709
137	0.723	0.660	0.704
138	0.723	0.665	0.694
139	0.728	0.674	0.694
140	0.728	0.665	0.699
141	0.723	0.665	0.694
142	0.733	0.665	0.694
143	0.723	0.655	0.694
144	0.723	0.665	0.694
145	0.733	0.665	0.694
146	0.718	0.665	0.694
147	0.728	0.665	0.689
148	0.718	0.665	0.694
149	0.714	0.665	0.694
150	0.723	0.660	0.689
151	0.723	0.660	0.684
152	0.723	0.670	0.679
153	0.733	0.665	0.665
154	0.733	0.655	0.679
155	0.738	0.655	0.689
156	0.728	0.665	0.689
157	0.733	0.665	0.684
158	0.728	0.670	0.679
159	0.718	0.660	0.670
160	0.723	0.665	0.670
161	0.699	0.655	0.679
162	0.723	0.665	0.674
163	0.709	0.660	0.679
164	0.709	0.660	0.684
165	0.718	0.670	0.670
166	0.714	0.655	0.670
167	0.718	0.660	0.665
168	0.723	0.665	0.665
169	0.748	0.660	0.660
170	0.728	0.670	0.660
171	0.723	0.660	0.665
172	0.733	0.655	0.665
173	0.733	0.670	0.660
174	0.718	0.645	0.670
175	0.718	0.665	0.660
176	0.723	0.660	0.665
177	0.723	0.660	0.674
178	0.723	0.655	0.679
179	0.723	0.655	0.679
180	0.728	0.665	0.674
181	0.704	0.660	0.679
182	0.723	0.660	0.679
183	0.728	0.655	0.709
184	0.728	0.655	0.665
185	0.743	0.665	0.674
186	0.699	0.665	0.699
187	0.728	0.670	0.684
188	0.728	0.674	0.684
189	0.718	0.660	0.694
190	0.704	0.665	0.689
191	0.704	0.660	0.684
192	0.709	0.670	0.689
193	0.714	0.665	0.694
194	0.704	0.665	0.689
195	0.718	0.660	0.699
196	0.714	0.665	0.694
197	0.718	0.660	0.684
198	0.714	0.660	0.694
199	0.714	0.655	0.704
200	0.718	0.670	0.694
201	0.728	0.674	0.699
202	0.718	0.679	0.684
203	0.723	0.670	0.684
204	0.723	0.665	0.694
205	0.733	0.655	0.684
206	0.718	0.660	0.684
207	0.728	0.660	0.694
208	0.728	0.660	0.694
209	0.738	0.655	0.694
210	0.733	0.660	0.694
211	0.733	0.665	0.704
212	0.728	0.665	0.694
213	0.728	0.665	0.709
214	0.738	0.670	0.694
215	0.733	0.665	0.699
216	0.738	0.665	0.689
217	0.738	0.684	0.689
218	0.743	0.674	0.684
219	0.733	0.665	0.694
220	0.743	0.655	0.689

ภาคผนวก ซ

ผลการตรวจวัดอัตราการแพร่ผ่านของเลือดที่ผิวหนัง ด้วยเครื่อง Periflux system 5000 ของอาสาสมัครทั้งหมด 5 คน

$$\%PU_{Max} = [(PU_{Max}\text{-Baseline})/ \text{Baseline}]x\ 100$$

อาสาสมัคร 02	ครั้งที่	Baseline(PU Unite)	PU_{max}(PU Unite)	$\%PU_{max}$(%)
	1	145.00	355.68	145.3
	2	95.40	144.38	51.3
	3	85.61	180.49	110.8
	Mean	108.67	226.85	102.5
	SD	31.84	113.02	47.5
อาสาสมัคร 05	ครั้งที่	Baseline(PU Unite)	PU_{max}(PU Unite)	$\%PU_{max}$(%)
	1	23.23	52.76	127.1
	2	19.30	42.07	117.9
	3	32.07	61.93	93.1
	Mean	24.87	52.25	112.7
	SD	6.54	9.94	17.6
อาสาสมัคร 12	ครั้งที่	Baseline(PU Unite)	PU_{max}(PU Unite)	$\%PU_{max}$(%)
	1	170.87	291.46	70.6
	2	235.91	547.14	131.9
	3	168.42	351.79	108.9
	Mean	191.73	396.80	103.8
	SD	38.28	133.65	31.0
อาสาสมัคร 21	ครั้งที่	Baseline(PU Unite)	PU_{max}(PU Unite)	$\%PU_{max}$(%)
	1	171.90	281.77	63.9
	2	189.44	473.36	149.9
	3	ND	ND	ND
	Mean	180.67	377.57	106.9
	SD	12.40	135.48	60.8
อาสาสมัคร 25	ครั้งที่	Baseline(PU Unite)	PU_{max}(PU Unite)	$\%PU_{max}$(%)
	1	134.14	368.21	174.5
	2	184.89	367.09	98.5
	3	99.91	206.35	106.5
	Mean	139.64	313.89	126.5
	SD	42.76	93.13	41.7

อาสาสมัคร รหัส 02

เพศ ชาย อายุ 22 ปี

น้ำหนัก 54 กิโลกรัม

ส่วนสูง 1.66 เมตร BMI

19.60

Sec.	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	127.83	118.74	93.16
2	126.74	110.33	97.50
3	123.21	102.91	95.71
4	120.80	101.75	91.01
5	120.91	98.39	87.92
6	120.47	93.06	86.50
7	120.84	91.86	87.91
8	120.99	95.57	91.07
9	125.91	98.85	92.95
10	138.36	98.43	94.76
11	152.03	97.13	90.55
12	163.94	99.09	82.12
13	172.05	98.76	77.03
14	175.39	93.73	73.10
15	173.71	88.86	72.91
16	169.04	85.74	71.85
17	172.72	83.56	71.31
18	179.89	83.93	71.64
19	165.78	86.76	74.56
20	146.31	88.43	77.70
21	135.94	92.21	81.01
22	138.95	97.53	82.56
23	142.55	97.44	81.49
24	144.80	94.88	78.97
25	144.45	95.72	78.17
26	144.87	95.48	80.41
27	145.87	96.08	85.72
28	146.14	94.09	95.21
29	144.22	91.50	108.50
30	145.20	91.17	114.98
31	145.27	98.36	105.85
32	142.92	101.92	93.45
33	139.64	99.71	84.79
34	132.04	98.73	82.12
35	113.01	98.98	78.12
36	88.81	92.63	71.37
37	67.32	80.39	64.25
38	51.80	76.78	57.95
39	45.88	71.59	52.87
40	45.42	65.33	49.05
41	46.42	59.13	48.01
42	47.79	52.25	50.16
43	45.43	50.79	51.07
44	47.70	52.02	51.54
45	52.19	54.26	55.29
46	53.30	54.21	66.95
47	53.90	53.84	76.14
48	57.00	56.12	74.66
49	61.95	57.70	70.17
50	64.05	59.88	72.61
51	67.92	59.72	71.29
52	74.87	56.81	72.64
53	76.42	53.84	75.42
54	74.88	52.73	70.72
55	73.45	53.73	62.85
56	69.46	62.32	59.00
57	65.16	68.18	58.52
58	61.53	70.13	60.21
59	57.38	69.69	59.29
60	58.75	66.36	57.55
61	59.92	64.26	54.01
62	57.83	61.55	51.37
63	57.93	57.65	51.31
64	59.65	55.50	49.22
65	62.69	55.75	49.14
66	65.35	53.40	51.23
67	61.81	51.11	56.38
68	57.37	49.73	61.38
69	54.32	50.26	59.28
70	52.64	54.38	55.32
71	52.21	57.53	52.94
72	54.62	57.05	51.57
73	55.49	54.83	51.22
74	56.68	51.35	54.52
75	60.83	49.18	54.46
76	63.43	49.06	51.13
77	64.25	49.20	51.31
78	58.79	46.99	53.83
79	59.62	48.01	57.43
80	62.59	50.76	60.14
81	63.68	51.63	61.91
82	62.44	52.34	62.64
83	62.54	53.59	63.83
84	63.54	53.15	63.65
85	63.81	49.41	63.13
86	66.55	49.14	63.33
87	73.33	48.96	64.30
88	76.26	49.56	66.80
89	73.25	47.60	67.31
90	74.17	45.82	66.81
91	76.27	46.98	67.48
92	78.55	51.21	66.92
93	97.05	57.71	63.89
94	130.27	59.05	59.96
95	128.48	55.30	57.97
96	111.65	50.96	55.52
97	97.33	49.22	54.69
98	81.51	49.49	54.74
99	69.41	51.26	55.23
100	62.39	49.33	58.10
101	64.87	48.94	67.51
102	87.16	55.19	92.48
103	138.11	72.63	123.73
104	190.73	96.63	152.07
105	232.86	115.72	166.39
106	258.00	120.69	165.27
107	256.04	115.64	154.15
108	246.19	105.94	142.64
109	240.48	100.30	134.96
110	239.96	91.47	125.74
111	247.91	84.78	117.93
112	260.10	85.76	120.15
113	266.41	89.50	128.98
114	272.13	94.17	141.42
115	288.15	98.02	151.76
116	298.89	103.08	155.51
117	316.72	105.64	154.81
118	341.03	107.41	158.56
119	355.68	116.46	159.44
120	350.88	127.79	153.21
121	335.85	137.00	145.05
122	323.39	132.93	136.08
123	310.23	125.60	130.96
124	293.13	134.59	133.72
125	279.01	139.13	136.65
126	282.44	130.65	136.99
127	285.40	115.03	137.88
128	289.29	101.33	139.79
129	297.98	99.70	142.34
130	300.13	103.07	144.69
131	304.51	107.33	150.89
132	311.23	111.13	157.94
133	326.47	111.61	162.57
134	350.39	111.01	169.04
135	354.30	113.19	175.48
136	339.66	118.97	180.49
137	308.69	124.75	175.05
138	274.61	136.01	165.32
139	253.52	144.38	158.92
140	239.89	145.51	157.23
141	225.17	144.45	157.30
142	211.38	141.82	160.44
143	201.48	142.12	163.74
144	197.48	144.12	165.49
145	201.88	144.59	164.07
146	214.58	147.00	160.95
147	220.33	154.05	161.25
148	218.92	154.51	164.39
149	215.43	152.45	168.37
150	212.41	155.22	169.96
151	210.25	154.90	167.97
152	208.66	151.17	166.40
153	212.60	140.09	169.41
154	214.94	137.91	173.71
155	207.57	142.79	179.12
156	196.13	141.26	185.44
157	184.43	152.41	192.19
158	171.87	157.42	200.44
159	163.15	152.90	206.51
160	161.77	147.73	214.14
161	171.86	141.70	217.81
162	183.31	144.09	218.86
163	190.78	156.90	225.84
164	195.60	175.38	238.14
165	196.73	181.58	247.41
166	196.32	178.05	257.00
167	201.29	171.03	258.26
168	216.55	170.19	247.17
169	231.87	177.53	239.26
170	236.87	173.33	236.52
171	239.66	168.76	233.21
172	240.18	166.34	240.81
173	235.12	165.00	242.44
174	233.51	164.08	241.40
175	233.21	163.42	243.12
176	234.89	165.21	247.09
177	237.84	165.02	255.18
178	240.79	163.37	264.40
179	243.98	171.17	273.46
180	245.16	188.54	281.78
181	244.27	193.54	283.93
182	246.82	195.82	281.24
183	250.16	182.09	277.40
184	254.23	165.51	271.72
185	250.92	152.79	263.93
186	247.61	143.91	260.30
187	248.56	143.45	261.59
188	250.32	145.14	266.70
189	247.94	146.58	272.82
190	241.15	158.30	271.02
191	230.78	172.66	264.72
192	212.63	183.11	257.11
193	199.77	188.92	253.19
194	198.35	187.77	250.77
195	203.88	183.89	246.72
196	212.43	172.91	242.21
197	224.04	161.03	233.30
198	231.54	154.21	221.95
199	235.09	158.85	210.79
200	237.04	167.68	205.30
201	234.38	173.12	206.21
202	229.47	169.80	213.89
203	223.66	166.31	227.06
204	219.44	167.17	239.62
205	211.52	168.48	254.21
206	200.74	168.36	266.68
207	192.59	166.55	274.04
208	194.27	167.66	274.82
209	199.44	171.93	272.23
210	197.63	175.17	275.92
211	188.74	175.26	296.80
212	177.52	166.48	308.02
213	171.88	157.98	305.53
214	165.42	158.38	296.21
215	167.75	160.98	284.51
216	177.58	161.45	280.29
217	190.48	162.98	281.84
218	197.15	165.88	292.49
219	203.66	168.97	305.34
220	220.14	173.02	315.66

มีหน่วยเป็น PU Unite

อาสาสมัคร รหัส 05

เพศ ชาย อายุ 27 ปี,

น้ำหนัก 55 กก.

ส่วนสูง 1.69 เมตร

BMI=19.62

Sec.	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	31.36	17.70	35.12
2	29.06	19.26	33.76
3	27.89	19.75	33.77
4	25.94	19.78	33.65
5	23.47	19.26	32.72
6	24.41	20.79	31.29
7	25.82	20.88	31.84
8	25.19	20.24	32.98
9	24.81	20.06	33.10
10	23.90	20.55	34.01
11	22.71	20.97	34.40
12	21.40	20.41	35.11
13	20.93	19.46	35.35
14	20.56	17.62	34.46
15	20.77	16.81	34.98
16	21.34	15.69	33.85
17	21.56	15.97	31.74
18	22.38	17.19	30.01
19	22.75	19.17	29.89
20	23.36	20.00	30.47
21	23.56	21.40	30.15
22	23.26	22.21	29.64
23	22.34	22.98	29.02
24	20.88	22.22	28.41
25	20.78	20.93	28.90
26	20.30	19.68	30.06
27	19.69	17.63	30.73
28	20.29	16.98	31.79
29	22.24	16.81	31.33
30	23.99	16.72	29.46
31	25.01	17.68	27.97
32	25.65	18.26	27.64
33	25.99	19.30	28.20
34	24.79	18.67	27.07
35	23.12	17.76	25.44
36	22.37	18.21	24.07
37	22.99	18.25	23.38
38	23.34	19.18	23.40
39	28.70	20.60	26.90
40	40.67	28.80	32.44
41	57.03	38.85	38.16
42	67.63	44.36	44.26
43	66.67	42.24	46.52
44	60.49	38.90	46.70
45	55.29	34.75	44.88
46	47.53	30.31	40.88
47	38.42	29.64	36.17
48	29.82	27.29	33.30
49	24.99	23.19	30.23
50	23.72	19.19	26.11
51	22.61	17.31	21.42
52	19.82	17.91	18.06
53	18.07	18.08	17.28
54	18.06	16.64	16.32
55	18.00	14.26	16.00
56	16.89	13.67	15.32
57	15.62	14.70	15.08
58	14.21	15.03	14.16
59	13.84	15.35	12.66
60	15.05	14.75	11.74
61	15.52	14.67	11.57
62	16.41	14.55	11.11
63	17.26	15.07	11.72
64	17.18	15.30	12.63
65	17.94	16.19	13.15
66	20.64	17.73	12.64
67	22.50	18.03	12.29
68	22.57	19.00	11.82
69	22.08	19.21	11.44
70	21.30	18.96	10.61
71	20.70	17.94	12.35
72	19.80	16.40	13.47
73	18.49	16.32	14.13
74	16.52	17.03	15.39
75	15.42	16.74	15.86
76	16.09	16.29	15.02
77	16.05	15.41	14.54
78	16.81	15.11	15.05
79	18.47	16.01	16.31
80	18.20	16.31	16.58
81	16.91	15.25	16.70
82	15.57	12.74	16.71
83	14.87	13.18	15.93
84	14.69	14.99	14.67
85	14.97	17.12	13.40
86	17.29	19.00	13.05
87	19.51	17.76	13.45
88	19.87	15.74	13.68
89	18.84	14.37	13.38
90	17.48	14.00	13.80
91	18.65	14.85	15.51
92	19.50	14.88	18.06
93	18.75	14.44	17.52
94	17.56	14.58	17.54
95	15.37	15.09	17.80
96	16.34	15.46	15.83
97	16.42	15.39	14.89
98	14.96	16.33	16.81
99	14.25	15.58	16.79
100	18.22	16.85	18.51
101	27.42	23.52	23.35
102	39.46	30.75	33.76
103	49.28	36.69	46.90
104	52.76	40.25	57.75
105	51.42	41.77	61.93
106	47.59	42.07	59.09
107	42.35	40.41	53.92
108	38.25	39.09	48.39
109	36.15	37.55	43.69
110	35.83	36.53	40.58
111	36.33	35.02	38.12
112	36.89	33.35	36.41
113	35.68	30.56	34.89
114	34.00	28.63	34.98
115	34.43	28.84	35.96
116	35.53	28.28	35.92
117	36.72	27.15	35.84
118	37.05	27.98	36.14
119	35.30	28.47	37.46
120	35.09	29.52	37.82
121	35.51	30.37	37.42
122	34.75	29.31	36.34
123	35.72	28.37	35.91
124	36.42	27.28	36.81
125	36.62	27.32	36.41
126	36.70	27.65	35.73
127	37.25	26.86	34.61
128	37.38	26.93	33.66
129	35.99	27.20	34.44
130	33.35	27.54	35.86
131	31.79	27.79	37.18
132	30.93	27.86	36.38
133	31.49	27.79	35.20
134	33.28	27.28	34.37
135	34.27	27.43	32.55
136	35.78	27.69	30.32
137	36.77	27.36	28.75
138	35.90	27.78	29.22
139	35.15	27.51	30.35
140	34.35	28.22	31.67
141	35.15	28.38	33.66
142	35.62	28.69	34.72
143	36.03	29.11	35.07
144	35.37	28.57	35.19
145	34.67	28.71	34.58
146	34.58	28.64	33.37
147	36.11	28.78	32.10
148	37.60	28.86	32.63
149	37.00	27.91	33.53
150	36.54	27.97	34.37
151	34.38	26.95	35.37
152	32.03	25.58	35.29
153	31.46	25.00	33.66
154	33.20	24.41	31.29
155	35.65	24.45	29.41
156	34.77	24.61	28.56
157	34.45	24.56	29.35
158	34.23	24.23	30.25
159	34.16	23.46	30.74
160	33.99	23.46	30.03
161	33.03	24.02	29.47
162	32.73	24.64	30.32
163	31.69	25.20	31.89
164	31.08	24.80	35.24
165	31.19	25.38	35.82
166	31.38	25.76	34.11
167	30.58	25.15	32.47
168	28.89	24.81	31.20
169	27.74	24.40	32.29
170	28.01	24.62	31.67
171	29.08	24.75	29.93
172	29.10	24.85	28.38
173	29.27	25.17	27.43
174	28.88	25.34	27.92
175	27.79	26.05	28.17
176	27.35	26.88	29.18
177	27.61	26.36	30.07
178	28.90	25.54	29.20
179	30.02	24.71	27.85
180	30.56	23.18	26.97
181	29.70	21.61	27.16
182	29.86	20.92	28.95
183	30.56	21.15	29.93
184	29.22	21.24	28.75
185	27.37	21.04	27.71
186	25.19	20.84	27.61
187	23.11	22.30	30.62
188	21.43	22.61	31.42
189	21.61	21.44	30.20
190	23.04	20.56	29.89
191	23.43	20.14	28.86
192	23.70	21.29	28.54
193	23.52	21.20	29.66
194	24.10	20.11	30.27
195	24.63	19.16	30.91
196	23.32	18.41	31.50
197	21.73	18.57	31.81
198	20.18	18.25	31.76
199	21.07	18.23	31.21
200	22.29	17.38	30.52
201	23.45	17.81	27.97
202	24.76	19.25	26.12
203	24.11	19.14	25.05
204	23.19	19.50	23.89
205	23.33	19.19	23.79
206	22.28	18.07	24.84
207	21.77	17.20	26.76
208	21.21	16.63	27.56
209	21.72	16.53	26.98
210	24.12	16.40	26.02
211	25.44	17.46	26.03
212	27.44	17.96	25.47
213	30.23	18.37	25.19
214	32.63	19.08	25.93
215	34.10	18.95	26.63
216	34.04	18.91	27.48
217	33.17	18.86	29.02
218	29.92	19.00	30.33
219	27.34	19.03	30.97
220	26.07	18.51	30.80

อาสาสมัคร รหัส 12

เพศ หญิง อายุ 23 ปี,
น้ำหนัก 55.3 กก.

ส่วนสูง 1.63 เมตร
BMI=20.81

Sec.	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	219.03	229.10	147.68
2	223.43	247.12	150.91
3	242.27	257.33	143.97
4	259.69	254.77	166.66
5	271.25	244.99	197.02
6	272.15	234.25	199.64
7	272.69	224.93	187.17
8	298.87	222.52	174.40
9	348.40	221.65	160.85
10	362.76	222.45	155.89
11	317.31	230.03	148.60
12	235.85	244.70	139.64
13	158.53	260.73	129.25
14	105.19	267.98	119.78
15	77.82	270.61	119.80
16	76.65	278.44	124.07
17	86.34	289.74	133.46
18	102.30	305.92	137.94
19	120.40	323.83	143.32
20	133.19	335.81	151.08
21	139.83	340.48	156.98
22	143.11	339.42	164.36
23	137.84	336.44	174.20
24	121.22	332.52	175.02
25	100.37	334.67	177.57
26	79.88	342.03	193.73
27	65.43	351.50	203.96
28	56.48	355.65	196.03
29	50.56	358.68	183.04
30	47.12	361.05	175.92
31	44.20	364.24	164.84
32	40.56	370.03	143.03
33	39.94	379.36	121.11
34	41.35	391.10	105.56
35	43.15	375.11	93.30
36	45.77	319.58	78.61
37	46.06	249.56	67.94
38	46.36	189.42	61.31
39	44.95	146.29	59.64
40	42.60	124.78	59.87
41	43.70	125.34	61.63
42	44.50	136.39	66.31
43	46.30	133.57	67.70
44	60.66	115.48	67.84
45	69.11	92.39	66.96
46	64.87	75.53	66.72
47	58.02	67.58	67.04
48	53.08	65.42	66.60
49	49.59	62.60	65.08
50	47.13	58.59	63.12
51	47.08	53.80	59.96
52	44.75	51.46	60.44
53	42.04	53.24	60.93
54	41.12	56.95	64.14
55	40.98	58.21	63.30
56	39.76	58.99	61.81
57	40.85	58.92	59.32
58	45.40	57.11	60.73
59	45.99	55.86	63.53
60	44.06	57.21	69.95
61	43.93	58.58	73.12
62	42.26	61.05	66.50
63	42.00	62.27	65.12
64	42.63	63.61	68.05
65	41.77	65.94	71.14
66	42.73	68.11	75.97
67	47.16	69.42	89.22
68	65.38	65.50	92.51
69	95.90	60.42	82.15
70	106.10	55.87	76.38
71	94.32	53.33	68.90
72	73.32	50.29	62.39
73	56.55	48.63	57.50
74	50.73	49.65	59.08
75	48.12	49.16	61.55
76	47.16	50.12	60.72
77	47.22	49.77	60.64
78	46.20	50.53	62.78
79	45.03	52.65	65.32
80	43.98	53.55	65.17
81	44.27	58.25	68.57
82	49.35	60.98	68.86
83	49.99	60.58	67.36
84	45.80	57.19	64.00
85	42.34	53.03	62.27
86	41.96	50.62	69.07
87	42.71	52.32	74.59
88	47.42	60.53	74.43
89	63.46	65.33	71.72
90	95.26	62.50	68.54
91	124.66	58.40	65.62
92	147.17	53.42	69.29
93	161.75	52.03	82.84
94	167.59	50.87	85.60
95	170.29	49.86	75.77
96	170.43	49.62	65.06
97	168.40	49.19	58.92
98	156.89	49.69	57.80
99	150.33	52.13	59.92
100	151.35	54.75	60.94
101	166.21	59.54	62.11
102	183.65	80.24	79.22
103	190.38	150.39	120.87
104	196.95	254.25	160.14
105	206.03	341.75	186.13
106	219.32	366.05	197.94
107	235.80	350.11	205.54
108	250.00	316.90	216.58
109	264.22	279.89	229.16
110	272.90	247.07	250.81
111	279.72	225.67	281.79
112	288.51	224.09	65.23
113	284.43	241.20	0.00
114	275.72	263.44	0.00
115	260.68	278.61	0.00
116	233.57	300.29	279.94
117	211.26	338.06	24.51
118	216.05	362.76	0.00
119	248.60	384.67	0.00
120	268.73	408.82	0.00
121	259.58	436.64	0.00
122	244.24	464.36	0.00
123	233.38	474.91	0.00
124	229.44	481.06	0.00
125	233.08	483.86	225.03
126	246.22	486.96	343.86
127	264.19	497.99	341.22
128	280.04	513.62	342.66
129	289.14	528.24	300.55
130	291.46	540.53	262.49
131	290.56	545.12	241.84
132	286.76	540.22	235.83
133	267.05	528.85	226.64
134	235.12	519.69	209.83
135	209.25	509.09	192.83
136	192.14	496.12	181.92
137	162.17	480.41	176.84
138	117.44	462.61	178.00
139	77.24	451.60	185.49
140	53.30	452.56	196.87
141	41.94	464.72	213.56
142	40.66	486.36	222.82
143	45.55	507.32	216.37
144	54.58	525.70	203.09
145	64.23	541.27	187.79
146	76.77	547.14	170.62
147	95.75	542.77	155.90
148	109.92	536.59	143.62
149	111.17	529.64	134.34
150	107.48	518.00	133.12
151	110.73	505.49	139.48
152	124.22	495.17	147.74
153	140.56	485.29	158.52
154	157.43	476.59	166.46
155	182.42	463.92	169.74
156	201.88	441.43	176.09
157	201.61	418.52	179.56
158	191.57	404.12	185.49
159	186.64	396.00	191.92
160	184.63	392.44	201.93
161	182.14	395.47	202.37
162	184.31	398.18	197.35
163	190.94	384.96	190.00
164	193.37	359.00	180.48
165	195.74	335.80	171.63
166	201.19	324.36	168.97
167	207.04	324.06	179.10
168	208.05	339.60	193.07
169	209.71	364.71	208.81
170	212.18	383.15	230.72
171	213.02	391.17	255.22
172	214.80	391.33	270.26
173	215.98	386.76	282.81
174	218.06	385.08	296.25
175	221.39	387.25	301.90
176	217.73	389.23	310.66
177	217.05	392.19	327.40
178	219.23	400.25	339.77
179	218.99	418.48	345.29
180	218.26	441.15	351.79
181	219.17	463.75	350.04
182	216.64	478.34	327.80
183	215.48	481.37	293.37
184	213.88	473.92	262.49
185	212.66	463.50	220.80
186	213.33	454.70	176.38
187	204.93	442.53	143.12
188	198.46	427.23	113.34
189	207.10	414.01	91.60
190	223.13	406.63	76.25
191	219.60	409.36	71.87
192	201.67	417.48	79.20
193	190.82	421.74	92.58
194	181.49	419.41	112.89
195	173.66	416.57	134.74
196	166.16	413.43	149.22
197	154.16	409.14	156.75
198	138.68	401.63	164.91
199	122.28	387.94	176.69
200	109.69	379.51	179.81
201	102.13	371.52	181.63
202	105.35	357.55	184.86
203	113.68	328.11	190.61
204	113.79	293.27	213.99
205	103.50	270.48	236.30
206	88.74	262.31	244.94
207	77.18	269.86	240.18
208	85.86	291.31	236.34
209	113.72	311.73	224.30
210	126.90	329.30	207.61
211	133.93	340.57	198.50
212	143.58	348.66	192.42
213	157.41	360.58	182.04
214	173.03	373.72	178.57
215	180.43	390.40	185.35
216	165.35	411.06	192.26
217	142.55	432.59	195.05
218	128.33	442.97	211.44
219	119.95	425.13	237.16
220	105.41	387.37	257.84

อาสาสมัคร รหัส 21

เพศ หญิง อายุ 28 ปี

น้ำหนัก 48 กิโลกรัม

ส่วนสูง 1.6 เมตร

BMI 18.75

Sec.	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	162.73	134.15	80.83
2	169.66	135.65	68.10
3	187.17	136.92	61.65
4	182.80	139.26	59.36
5	165.26	144.81	61.95
6	154.39	154.19	64.01
7	161.00	164.97	64.15
8	175.30	168.46	62.09
9	189.06	165.36	60.56
10	196.22	160.07	59.74
11	186.73	155.92	61.33
12	174.80	163.39	61.44
13	168.67	176.33	61.86
14	161.28	189.72	63.76
15	156.85	202.09	62.89
16	154.54	213.73	57.82
17	146.69	226.41	54.10
18	138.10	236.43	55.03
19	145.33	244.60	57.88
20	167.34	247.63	58.85
21	192.12	244.04	59.30
22	210.10	236.18	60.33
23	220.32	220.95	59.82
24	206.84	204.73	54.57
25	190.71	192.23	47.88
26	181.37	190.70	46.08
27	166.79	201.04	44.57
28	152.01	208.53	40.53
29	144.49	210.57	39.07
30	148.22	214.00	40.96
31	163.53	221.25	42.43
32	174.14	238.96	45.22
33	171.08	262.18	53.48
34	169.88	286.02	58.53
35	169.74	295.27	59.27
36	142.25	272.72	57.61
37	99.96	227.55	56.07
38	66.87	178.44	56.78
39	47.42	138.81	56.33
40	37.17	113.03	52.12
41	32.09	98.89	49.35
42	27.89	87.25	51.21
43	26.90	74.69	53.80
44	28.98	61.95	50.25
45	29.99	53.59	44.52
46	30.02	51.04	40.73
47	29.55	51.73	38.00
48	29.92	47.94	34.38
49	29.19	43.57	30.37
50	29.03	40.22	30.10
51	30.67	39.04	34.04
52	36.21	35.63	37.68
53	40.59	31.84	38.25
54	38.63	31.88	37.60
55	35.07	32.31	37.30
56	33.74	32.66	36.88
57	35.07	32.54	33.86
58	37.25	34.42	30.88
59	40.32	34.87	31.26
60	43.00	36.11	33.42
61	44.00	36.19	31.18
62	45.41	35.01	27.92
63	44.05	34.49	28.39
64	45.22	35.33	30.61
65	49.07	39.54	29.64
66	52.24	43.27	29.51
67	52.33	46.32	28.54
68	50.85	46.76	27.55
69	51.10	47.66	26.33
70	51.49	49.46	24.15
71	50.38	50.38	26.05
72	50.09	49.07	32.16
73	54.48	48.15	32.35
74	59.27	50.08	28.18
75	58.54	53.80	25.22
76	57.45	54.83	24.37
77	54.29	56.26	23.03
78	51.74	59.90	22.18
79	55.07	63.45	24.09
80	59.25	61.89	26.20
81	61.85	57.67	26.16
82	63.19	54.34	26.63
83	61.61	50.33	28.58
84	61.31	50.08	28.01
85	63.53	56.06	27.30
86	61.93	58.22	28.81
87	58.13	55.98	30.61
88	55.43	52.27	29.54
89	53.62	52.32	27.36
90	51.75	52.95	29.41
91	51.23	52.16	32.57
92	51.79	50.58	33.68
93	53.28	51.15	30.78
94	55.16	55.73	28.52
95	54.66	59.10	28.72
96	53.79	60.02	30.44
97	51.00	62.31	30.77
98	50.39	58.81	30.97
99	50.80	53.99	29.70
100	52.01	53.41	28.21
101	56.14	71.51	27.42
102	101.19	173.71	29.34
103	171.45	307.81	30.72
104	225.44	407.51	29.85
105	251.73	451.93	28.10
106	255.12	453.26	28.75
107	249.42	434.79	31.54
108	243.35	411.56	32.05
109	243.64	393.09	30.79
110	248.84	379.62	38.63
111	251.79	373.60	79.85
112	251.17	382.02	134.82
113	251.84	397.27	177.90
114	252.71	411.86	199.42
115	249.30	426.18	203.72
116	247.30	438.25	197.42
117	249.96	445.95	191.34
118	254.29	450.55	189.07
119	256.62	456.14	185.95
120	260.68	457.71	177.12
121	267.44	459.53	168.22
122	273.74	458.76	158.84
123	278.70	457.60	147.91
124	280.27	459.98	135.38
125	281.24	455.76	126.33
126	281.37	443.11	121.31
127	280.16	431.04	116.56
128	279.42	416.72	114.58
129	281.29	414.00	115.15
130	281.58	423.95	114.96
131	278.96	437.88	113.32
132	275.10	448.97	113.06
133	273.17	458.78	115.31
134	275.35	465.57	119.51
135	280.94	466.38	122.06
136	281.77	463.74	124.64
137	281.44	464.36	128.74
138	281.51	468.81	134.88
139	281.67	473.36	141.82
140	280.43	473.37	148.52
141	279.34	471.21	152.48
142	278.81	467.33	149.42
143	277.29	463.89	143.40
144	273.51	463.79	137.38
145	266.79	463.26	130.28
146	262.78	460.99	125.00
147	263.85	457.02	124.92
148	262.47	453.95	126.62
149	260.03	451.59	125.05
150	257.94	449.66	121.51
151	255.94	447.96	121.74
152	256.77	447.48	122.78
153	263.03	447.18	123.15
154	267.40	442.99	123.58
155	268.08	438.28	124.99
156	265.36	436.46	129.84
157	263.42	442.46	137.43
158	261.28	443.50	145.42
159	262.76	415.76	152.95
160	262.82	348.45	157.83
161	258.33	255.88	161.78
162	255.07	168.63	162.81
163	252.01	106.37	159.51
164	250.74	73.60	155.00
165	255.90	61.85	151.66
166	264.41	65.88	148.24
167	268.48	78.38	145.83
168	266.96	94.47	147.51
169	264.64	107.98	151.58
170	262.00	109.95	159.27
171	258.38	109.08	173.94
172	257.99	113.01	187.69
173	257.90	125.24	198.64
174	260.75	153.24	207.39
175	260.76	189.81	214.85
176	259.22	230.96	219.02
177	261.19	272.28	224.77
178	262.08	309.81	234.86
179	262.71	337.84	245.83
180	266.31	354.73	256.74
181	265.37	361.62	268.86
182	261.77	359.48	278.39
183	255.17	352.58	287.53
184	249.15	342.94	293.62
185	247.84	336.29	292.70
186	248.16	334.85	277.77
187	247.25	338.37	247.89
188	245.85	342.11	212.74
189	246.00	346.02	179.35
190	248.58	355.85	149.63
191	257.29	367.59	127.26
192	264.77	376.51	115.78
193	262.87	387.08	112.44
194	254.91	393.27	109.59
195	248.90	392.41	109.24
196	246.49	385.95	113.65
197	247.50	374.50	120.83
198	250.54	359.46	126.61
199	251.81	345.32	127.47
200	251.71	339.72	129.86
201	249.17	339.44	136.65
202	246.93	337.17	145.30
203	247.27	333.56	156.28
204	245.26	332.91	169.33
205	243.11	333.84	178.31
206	241.86	333.82	182.26
207	242.69	327.99	185.12
208	245.63	324.03	186.10
209	249.38	321.83	185.48
210	249.63	324.33	186.35
211	246.45	335.87	193.74
212	243.28	352.37	203.93
213	241.41	370.65	215.17
214	242.88	385.80	226.52
215	246.73	395.36	235.89
216	249.50	402.80	243.55
217	249.33	405.45	248.34
218	239.25	400.36	252.55
219	222.96	377.69	256.65
220	209.85	327.00	257.43

อาสาสมัคร รหัส 25

เพศ หญิง อายุ 29 ปี

น้ำหนัก 53 กิโลกรัม

ส่วนสูง 1.57 เมตร

BMI 21.50

Sec.	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	135.70	162.47	98.65
2	134.39	157.21	103.53
3	134.92	158.10	106.61
4	135.37	160.47	106.85
5	135.39	162.35	108.24
6	135.77	162.49	107.18
7	137.04	163.96	107.29
8	135.22	168.27	109.22
9	129.28	177.09	110.58
10	121.81	179.14	115.92
11	118.74	175.21	116.29
12	117.46	166.81	107.87
13	118.20	160.53	100.35
14	121.32	164.61	93.77
15	126.78	174.03	90.85
16	130.42	184.17	93.19
17	131.21	192.04	96.50
18	135.06	195.16	97.63
19	137.27	199.81	98.20
20	137.82	207.26	94.14
21	140.55	212.03	87.27
22	143.55	214.95	81.81
23	147.56	211.41	85.09
24	144.88	204.65	92.02
25	138.88	199.69	97.00
26	136.73	198.41	97.33
27	138.32	200.86	96.34
28	139.47	203.38	94.63
29	140.86	210.77	98.18
30	144.14	219.32	104.71
31	147.36	224.83	111.84
32	149.93	223.03	118.58
33	150.49	223.81	119.50
34	151.21	229.15	113.55
35	151.74	229.29	102.09
36	152.31	219.92	86.15
37	156.85	190.67	72.32
38	164.10	152.36	64.87
39	168.70	120.32	60.44
40	157.15	93.33	53.66
41	129.67	72.10	47.08
42	99.46	57.37	44.83
43	72.67	50.41	48.18
44	51.02	46.04	50.10
45	37.84	40.52	47.41
46	30.51	36.81	44.20
47	26.30	35.16	39.95
48	23.36	33.02	34.67
49	21.14	31.47	32.02
50	19.99	29.70	32.01
51	19.10	32.08	32.44
52	18.50	34.98	33.76
53	18.28	35.44	36.75
54	19.15	35.68	37.40
55	19.11	37.14	36.38
56	19.12	38.95	37.93
57	20.26	37.71	40.94
58	21.86	33.54	39.55
59	24.33	30.31	35.17
60	27.68	33.55	34.42
61	27.62	39.89	33.79
62	26.05	39.97	34.48
63	22.43	35.71	35.34
64	19.55	32.73	34.91
65	19.65	28.98	35.30
66	20.80	24.96	36.35
67	21.40	25.66	35.60
68	22.22	27.07	32.55
69	23.54	26.82	30.36
70	26.83	25.39	32.38
71	28.77	25.41	34.58
72	27.87	29.20	38.68
73	26.35	32.95	36.66
74	27.17	35.37	33.62
75	28.15	35.63	32.28
76	28.73	33.41	35.10
77	28.84	30.43	35.18
78	30.67	28.25	33.08
79	32.67	25.81	33.62
80	32.11	24.99	34.33
81	30.91	26.04	32.68
82	31.64	27.62	31.59
83	32.23	29.64	31.78
84	30.60	29.14	29.09
85	28.80	29.16	29.79
86	29.91	30.40	31.43
87	35.14	29.65	29.13
88	37.11	26.25	26.52
89	37.45	23.83	26.67
90	36.69	22.99	30.13
91	35.45	22.85	32.84
92	33.76	21.59	30.04
93	31.37	21.56	25.63
94	29.81	23.22	21.78
95	28.90	24.65	20.65
96	28.67	25.94	21.08
97	28.12	25.55	21.39
98	27.33	24.35	20.58
99	25.91	24.14	19.71
100	26.75	24.25	24.62
101	27.93	27.19	53.09
102	28.08	52.19	93.88
103	26.67	123.89	126.86
104	24.47	209.42	147.75
105	22.12	277.35	159.67
106	21.01	317.67	157.41
107	33.62	339.82	149.60
108	103.13	348.20	142.67
109	195.96	346.83	141.03
110	266.33	337.41	144.73
111	304.06	328.39	147.28
112	310.17	326.77	148.16
113	299.22	328.25	152.72
114	299.63	319.11	164.39
115	313.26	302.65	175.04
116	323.84	296.25	181.57
117	328.17	306.92	183.53
118	326.63	325.78	185.10
119	323.21	335.06	188.30
120	323.03	333.79	194.98
121	329.86	333.30	201.01
122	338.26	344.09	200.41
123	333.41	354.96	197.32
124	323.49	356.57	199.91
125	318.14	354.42	205.29
126	319.94	355.57	206.35
127	328.55	360.67	205.68
128	337.34	360.52	205.46
129	346.08	354.20	205.56
130	346.72	349.11	189.47
131	341.54	351.61	167.55
132	343.98	351.04	156.06
133	355.12	348.26	153.78
134	360.23	356.15	149.01
135	363.39	367.09	144.80
136	368.21	354.46	139.44
137	364.20	328.50	137.92
138	356.13	309.56	137.07
139	355.84	306.41	135.00
140	359.69	314.34	135.54
141	357.63	322.04	143.53
142	354.52	324.64	149.86
143	361.31	315.23	153.90
144	368.80	301.10	160.85
145	367.57	284.35	160.75
146	361.44	272.21	152.49
147	358.12	269.88	140.76
148	357.94	269.21	133.51
149	356.95	269.90	127.35
150	356.13	276.87	122.79
151	357.01	288.50	121.86
152	352.13	292.96	122.01
153	348.93	301.02	120.50
154	355.26	313.21	118.61
155	352.30	323.37	118.64
156	341.32	327.15	123.26
157	332.27	323.87	128.46
158	323.00	322.80	131.73
159	318.28	327.38	132.03
160	322.24	340.19	135.01
161	338.17	352.08	137.39
162	346.69	354.28	137.69
163	343.30	354.41	136.31
164	330.77	355.13	136.27
165	317.10	355.88	141.60
166	302.99	353.08	143.79
167	297.02	351.69	144.12
168	297.84	353.94	149.12
169	299.84	355.96	155.46
170	299.46	352.30	158.90
171	296.28	350.85	162.44
172	294.98	353.37	172.41
173	294.86	351.84	190.20
174	290.39	348.32	199.30
175	287.88	345.27	202.03
176	289.53	345.11	203.51
177	285.18	349.04	203.87
178	274.21	348.22	197.17
179	269.47	342.85	195.23
180	274.13	337.79	203.43
181	279.26	344.85	210.76
182	273.04	349.29	212.72
183	258.48	344.20	214.65
184	252.74	338.27	221.48
185	248.28	336.36	225.95
186	243.13	332.86	223.66
187	244.15	332.38	221.25
188	250.66	335.89	217.54
189	253.05	339.40	208.73
190	251.80	338.30	191.69
191	256.89	337.85	172.67
192	273.24	341.88	158.41
193	286.01	343.83	152.59
194	288.32	343.81	150.86
195	289.71	344.11	147.80
196	292.65	343.50	144.98
197	295.53	338.11	142.08
198	295.06	329.99	141.14
199	300.58	324.58	140.32
200	313.58	322.71	142.79
201	326.94	323.63	145.01
202	327.66	323.02	139.70
203	313.95	322.92	132.26
204	305.37	323.73	127.55
205	300.33	325.13	127.54
206	292.99	328.67	128.40
207	297.74	331.13	126.41
208	319.36	328.42	123.56
209	348.47	325.04	118.83
210	374.22	328.99	110.33
211	392.05	337.10	105.43
212	392.39	338.92	105.92
213	354.83	329.92	114.51
214	290.26	321.32	124.51
215	225.94	318.97	129.73
216	179.42	311.36	130.30
217	156.98	303.40	130.94
218	158.03	300.84	132.54
219	165.03	304.85	133.03
220	169.93	300.83	131.05

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพงษ์ศักดิ์ สาระภักดี เกิดวันที่ 17 เมษายน พ.ศ.2527 ที่จังหวัดร้อยเอ็ด สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต(เทคนิคการแพทย์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2549 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2550