ความเปลี่ยนแปลงของพัลส์ทรานซิททไทม์ในระหว่างการทดสอบสภาวะแรงกดดันทางจิตใจ

CHANGES IN PULSE TRANSIT TIME DURING PSYCHOLOGICAL STRESS TEST

ธนภัทร ชื่นชม
THANAPAT CHUENCHOM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2561
KMITL-2018-EN-M-045-160

ความเปลี่ยนแปลงของพัลส์ทรานซิทไทม์ในระหว่างการทดสอบสภาวะแรงกดดันทางจิตใจ

CHANGES IN PULSE TRANSIT TIME DURING PSYCHOLOGICAL STRESS TEST

ธนภัทร ชื่นชม
THANAPAT CHUENCHOM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2561
KMITL-2018-EN-M-045-160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHANGES IN PULSE TRANSIT TIME DURING PSYCHOLOGICAL STRESS TEST

THANAPAT CHUENCHOM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN BIOMEDICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2018

KMITL-2018- EN-M-045-160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2018
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความเปลี่ยนแปลงของพัลส์ทรานซิทไทม์ในระหว่างการทดสอบสภาวะแรงกดดันทางจิตใจ
นักศึกษา	ร้อยตรีธนภัทร ชื่นชม
รหัสประจำตัว	56601450
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ

บทคัดย่อ

การเจ็บป่วยทางด้านร่างกายที่รุนแรงในบางกรณี อาจจะมีสาเหตุมาจากการได้รับแรงกดดันทางจิตใจ ซึ่งส่งผลให้เกิดความเครียดหรือความวิตกกังวล ขึ้นกับผู้ที่ได้รับแรงกดดันและอาจจะส่งผลกระทบให้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ, ระบบการหายใจ, สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และระบบการไหลเวียนโลหิต เป็นต้น ด้วยเหตุนี้การการเฝ้าดูการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ระหว่างที่ได้รับแรงกดดันทางจิตใจ จึงเป็นสิ่งที่ต้องการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวินิจฉัยอาการเจ็บป่วย หรือใช้เป็นดัชนีในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของร่างกายที่เกิดขึ้นในระหว่างการได้รับแรงกดดันทางจิตใจได้

งานวิจัยนี้จะกล่าวถึงความเปลี่ยนแปลงของพัลส์ทรานซิทไทม์ (พีทีที) ที่คำนวณมาจากสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (อีซีจี) เปรียบเทียบกับสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (พีพีจี) เพื่อดูค่าความเปลี่ยนแปลงในสภาวะต่าง ๆ ของการทดลอง ด้วยวิธีการทดสอบแรงกดดันทางจิตใจ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น โดยในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาค่าพีทีที ใน 2 แบบ คือ พีทีทีลบ และพีทีทีบวก กับอาสาสมัครงานวิจัย 36 คน ทำการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (อีซีจี) และสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (พีพีจี) ใน 5 สภาวะในการทดลอง ค่าพีทีทีทั้ง 2 ค่าจะคำนวณได้จากการทำงานของระบบหัวใจในแต่ละรอบ โดยที่ค่า พีทีทีลบ คือเวลาจากยอดสูงสุดของคลื่นอาร์ ในสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจไปหายอดต่ำสุดของสัญญาณพีพีจี (ขณะหัวใจคลายตัว) และค่าพีทีทีบวก คือเวลาจากยอดสูงสุดของคลื่นอาร์ในสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจไปหายอดสุงสุดของสัญญาณพีพีจี (ขณะหัวใจบีบตัว)

การวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ กับอาสาสมัครงานวิจัย 36 คน เพื่อวิเคราะห์หาค่า พีทีทีลบ และ พีทีทีบวก พร้อมกับสร้างสถานการณ์จำลองเพื่อสร้างแรงกดดันทางจิตใจ มีขั้นตอนในการทำการทดลองดังนี้ ช่วงพักเริ่มต้น 5 นาที, ช่วงรับโจทย์เพื่อเตรียมตัวพูด, พูดตามโจทย์ 5 นาที ตามด้วยคำนวณคณิตศาสตร์ในใจ (จับเวลานับถอยหลัง ข้อละ 60 วินาที) 5 นาที และพักเพื่อกลับสู่สภาวะเริ่มต้นหลังจากได้รับแรงกดดันทางจิตใจ 10 นาที สรุปได้ว่าค่าพีทีทีลบ และ พีทีทีบวก ของอาสาสมัครงานวิจัย รวม 34 คน จากทั้งหมด 36 คน มีความเปลี่ยนแปลงในช่วงการทดสอบแรงกดดันทางจิตใจจะลดลงจากช่วงพักเริ่มต้น ประมาณร้อยละ 8-18 จากข้อมูลการทดสอบทางสถิตินั้น ทำให้เชื่อมั่นว่า เราสามารถนำค่า พีทีทีลบ และ พีทีทีบวกมาใช้ เพื่อเฝ้าดูความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของร่างกายมนุษย์ เมื่อได้รับแรงกดดันทางจิตใจ เพื่อหาวิธีผ่อนคลายที่ทำให้ร่างกายกลับคืนสู่สภาวะปกติได้เร็วที่สุด หลังได้รับแรงกดดันทางจิตใจ เพื่อลดสภาวะแรงกดดันทางจิตใจสะสม ซึ่งอาจจะส่งผลต่อสุขภาพร่างกายในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Changes in Pulse Transit Time during Psychological Stress Test
Student	Sub.Lt. Thanapat Chuenchom
Student ID.	56601450
Degree	Master of Engineering
Program	Biomedical Engineering
Year	2018
Thesis Advisor	Dr.Suradej Tretriluxana

ABSTRACT

The mental stress causes many serious diseases. It changes our physiology measures e.g. heart rate, blood pressure. Stress monitoring is needed to prevent the diseases. Changes in pulse transit time during psychological stress test which investigate the correlation or relation between the physiological response of the body and the stress induced to determine an appropriate parameter for stress analysis and measurement.

This thesis quantifies two pulse transit times (PTT) in 36 students during the psychological stress test. PTT is generated from R-wave in electrocardiogram (ECG) and the positive (or negative) peak in photoplethysmogram (PPG). The distances from two signals are defined as PTT+ and PTT-. The measurement of electrocardiogram (ECG) and photoplethysmogram (PPG) for PTT+ and PTT- calculation. The experiment will be 5-stages as 1.) resting stage (baseline) 5 minute, preparation stage 5 minute, speech stage 5 minute, mental calculation stage (math. cal.) 5 minute and resting stage (recovery) 10 minute. Finally, we get the PPT+, PTT- results from 34 of 36 volunteers.

Our results from Trier Social Stress Test (TSST) show that these two parameters during the baseline (resting) stage are different from other stages, reduced around 8-18% from baseline. It suggests that PTT may be the stress index for mental health monitoring. The mental pressure is needed to find a way to relax after being under psychological pressure which make the body return to normal state as soon as possible.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ รวมถึงการสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำการทดลองในงานวิจัยนี้ ตลอดจนให้ความรู้แก่ข้าพเจ้าในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความรู้ รวมทั้งการช่วยเหลือในเรื่องการจัดทำเอกสารและสนับสนุนอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการชีวการแพทย์ ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล ที่ให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิคและวิธีการคิดวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการค้นคว้าวิจัยและเก็บข้อมูลให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.สุคนธา งามประมวย และคุณนิภาวรรณ พาโคกทม ที่ได้ให้คำแนะนำในการออกแบบขั้นตอนการทดลองที่ใช้เก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณพชร เต็มรัตน์ และคุณธีรศักดิ์ ว่องเกษฎา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำเรื่องการเขียนโปรแกรม เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณอาสาสมัครงานวิจัยและสมาชิกของห้องปฏิบัติการวัดและประมวลผลทางชีวการแพทย์ (BMCL Lab) ในสาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือในทุก ๆ เรื่องมาโดยตลอด และช่วยแนะนำแนวทางในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คุณพ่อ, คุณแม่ และภรรยา พร้อมทั้งครอบครัวทุกคนที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือเสมอมา พร้อมทั้งสนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษาและเรื่องอื่น ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ธนภัทร ชื่นชม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ........ IV
สารบัญตาราง........ VII
สารบัญรูป VIII
สารบัญแผนผัง X
บทที่ 1 บทนำ........ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา........ 1
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา........ 2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา 2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย........ 3
1.5 ขอบเขตงานวิจัย 3
1.6 ขั้นตอนในการศึกษา........ 3
1.7 โครงสร้างวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย........ 4
2.1 ความเครียด 4
2.1.1 นิยามความเครียด........ 4
2.1.2 ประเภทของความเครียด 5
2.1.3 ปฏิกิริยาตอบสนองทางร่างกายต่อความเครียด 7
2.1.4 ผลกระทบของความเครียด 7
2.1.5 การคลายความเครียด........ 8
2.2 ระบบสมองส่วนกลาง........ 9
2.2.1 ระบบสมองส่วนกลาง........ 9
2.2.2 ปฏิกิริยาตอบสนองของสมองต่อความเครียด 10
2.2.3 ความเครียดกับการทำงานของหัวใจ........ 12
2.3 การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ 12
2.3.1 การทำงานของหัวใจและคลื่นไฟฟ้าหัวใจ 13
2.3.2 ส่วนประกอบของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ........ 14
2.3.3 ตำแหน่งการติดเซนเซอร์ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ........ 15
2.3.3.1 การติดเซนเซอร์แบบ 3 อิเล็กโทรด........ 16
2.3.3.2 การติดเซนเซอร์แบบ 5 อิเล็กโทรด........ 16
2.3.3.3 การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) แบบ 12 ลีด........ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.3.4 ตำแหน่งของเซนเซอร์(ลีด)หน้าของหัวใจ แบบ 12 ลีด 18
2.4 การวัดสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้ว 19
2.4.1 การประยุกต์ใช้งานสัญญาณ PPG 20
2.4.2 ลักษณะการสะท้อนและส่งสัญญาณ PPG 20
2.5 ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นชีพจร 21
2.6 การทดสอบความเครียดทางสังคม 24
2.6.1 รูปแบบของการทดสอบความเครียดทางสังคม TSST 24
2.6.2 การใช้ TSST เพื่อศึกษาการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางสังคม
และระบบประสาท 25
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26
2.7.1 การวัด PTT แบบไม่รุกรานอย่างต่อเนื่องสำหรับการเฝ้าระวังความกดดันทางจิตใจ..... 26
2.7.2 การวัดแรงกดดันทางด้านจิตใจด้วยไบโอเซนเซอร์ไร้สายแบบแปะติด 27

บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง 28
3.1 ขั้นตอนในการทดลองทั้งหมด 28
3.2 ขั้นตอนก่อนกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ 29
3.3 ขั้นตอนการกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ 30
3.3.1 การสร้างสถาณการณ์การทดสอบความเครียดทางสังคม (TSST) 30
3.3.2 การสร้างสถานการณ์การคำนวณคณิตศาสตร์ในใจ 31
3.4 ขั้นตอนหลังการกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ 32
3.5 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดวัดสัญญาณ ECG 33
3.5.1 จุดอ้างอิงของของการติดอิเล็กโทรด (ECG) และเซนเซอร์ (PPG) 33
3.6 ระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง 34
3.6.1 การวัดและบันทึกข้อมูล โดยใช้ Biopac TM system MP 36 34
3.6.2 สายที่ใช้เชื่อมต่อกับอิเล็กโทรด (Shielded Electrode Adapter) 35
3.6.3 อิเล็กโทรด : ขั้วไฟฟ้าวัดศักย์ไฟฟ้าจากหัวใจ 36
3.7 สรุปการออกแบบการทดลอง 37

บทที่ 4 การทดสอบกระบวนการ 38
4.1 การทดสอบกระบวนการกับ BiopacTM system MP36 38
4.1.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวของอาสาสมัครงานวิจัย 38
4.1.2 ขั้นตอนก่อนการทดลอง 38
4.1.3 ขั้นตอนการทดลอง 40
4.1.4 ขั้นตอนหลังการทดลอง 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า
4.2 ขั้นตอนการประมวลผล ... 44
4.3 สรุปการทดสอบกระบวนการ ... 47

บทที่ 5 ผลการทดสอบ ... 48
5.1 การทดลอง ... 48
5.2 ผลการทดลอง ... 48
5.2.1 ผลการทดลองจากโปรแกรม Biopac Student Lab ... 48
5.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง ... 49
5.3.1 วิเคราะห์หาระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นชีพจร (PTT) ... 49
5.3.2 การทดสอบทางสถิติในแต่ละช่วงการทดลองเปรียบเทียบกับช่วงเริ่มต้น โดยใช้ MS Excel ... 55
5.3.3 ผลการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT- และ PTT+ จากช่วงพักเริ่มต้น ... 60
5.4 สรุปผลการทดสอบ ... 61

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ... 62
6.1 บทสรุปงานวิจัย ... 62
6.2 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ ... 64

เอกสารอ้างอิง ... 65
ภาคผนวกผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ ... 70
ประวัติผู้เขียน ... 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติก กับอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย 6

2.2 ตำแหน่งการติดเซนเซอร์(อิเล็กโทรด) ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และสัญลักษณ์สี 19

2.3 ค่า %ของการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย PTT ในแต่ละเฟสเมื่อเปรียบเทียบกับ Baseline 26

3.1 แสดงข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูล Biopac รุ่น MP 36 35

5.1 ตารางแสดงค่า PTT- (ms) ของอาสาสมัครงานวิจัย 34 คน แบ่งเป็น 6 ช่วงการทดลอง 53

5.2 ตารางแสดงค่า PTT+ (ms) ของอาสาสมัครงานวิจัย 34 คน แบ่งเป็น 6 ช่วงการทดลอง 54

5.3 ตารางแสดง ความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT- และ PTT+ จากช่วงพักเริ่มต้น (Baseline) และค่าการทดสอบทางสถิติ 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

2.1 แสดงระบบสมองส่วนกลาง 9
2.2 กลไกการตอบสนองต่อความเครียดทางสรีรวิทยา 10
2.3 ปฏิกิริยาสนองต่อความเครียด 12
2.4 การเกิดคลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจเนื่องจากการทำงานของหัวใจ 13
2.5 แสดงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ปกติแบบ 12 ลีด 14
2.6 ส่วนประกอบของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจปกติ 15
2.7 การติดเซนเซอร์แบบ 3 อิเล็กโทรด 16
2.8 การติดเซนเซอร์แบบ 5 อิเล็กโทรด 17
2.9 ตำแหน่งการติดเซนเซอร์ V1-6 แบบ 12 ลีด 18
2.10 แสดงตัวอย่างของสัญญาณ PPG ที่นิ้วมือ 20
2.11 โหมดส่องผ่านและสะท้อนแสง (PPG) – ไดโอดเปล่งแสง (LED) และตัวตรวจจับแสง (PD) 21
2.12 การวัดระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นชีพจร (PTT) จาก ECG และ PPG 22
2.13 การกำหนดจุดเสมือนจุดฐาน หรือจุด p-base ในคลื่นชีพจร 22
2.14 แสดงการหาค่า PTT จากยอดสุงสุดของ R-wave ถึงยอดสูงสุดของสัญญาณ PPG 23
2.15 (ก.) การทดสอบความเครียดทางสังคม (TSST) (ข.) คณะผู้สังเกตการณ์ 25
2.16 ค่า HR และค่า SI จาก HealthPatch ข้อมูลจากอาสาสมัคร 9 คน 27
3.1 ขั้นตอนการทดลอง เพื่อกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ 28
3.2 ขั้นตอนก่อนการกระตุ้นให้เกิดสภาวะกดดัน 29
3.3 อาสาสมัครงานวิจัยนั่งพักและหลับตาเป็นเวลา 5 นาที 29
3.4 ขั้นตอนการกระตุ้นให้เกิดสภาวะกดดัน 30
3.5 กรรมการให้โจทย์แก่ผู้ที่ทำการทดลอง 30
3.6 แสดงตัวอย่างโจทย์ทางคณิตศาสตร์และนาฬิกาจับเวลา 31
3.7 แสดงการสร้างสถานการณ์การคำนวณทางคณิตศาสตร์ในใจ 32
3.8 ขั้นตอนหลังการกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ 32
3.9 แสดงสถานการณ์หลังการกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ 33
3.10 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรด (ECG) และเซนเซอร์ (PPG) 33
3.11 แสดงอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูล Biopac รุ่น MP 36 34
3.12 แสดงภาพด้านหน้าของอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูล Biopac รุ่น MP 36 34
3.13 แสดงภาพด้านหลังของอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูล Biopac รุ่น MP 36 35
3.14 แสดงภาพสายเชื่อมต่ออิเล็กโทรด 36
3.15 อิเล็กโทรดแบบเปียก 36
3.16 อิเล็กโทรดแบบแห้ง 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.1 ตำแหน่งติดขั้วไฟฟ้ารูปแบบที่ 2 (ลีด 2, 3 อิเล็กโทรด) ... 39
4.2 ตำแหน่งติดขั้วไฟฟ้าฟ้าตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่ตำแหน่ง Cz-Fz, จากรูปมุมมองด้านข้าง (ซ้าย) และจากมุมมองด้านบน (ขวา) ... 39
4.3 แสดงการติดเซ็นเซอร์ทั้งหมด 4 จุด ... 40
4.4 แสดงการต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับเครื่อง BiopacTM system MP36 เพื่อทำการทดสอบ ... 40
4.5 แสดงการบันทึกสัญญาณต่าง ๆ ขณะพัก ... 41
4.6 แสดงการให้โจทย์จากการทดลองสร้างสถานการณ์แรงกดดันทางจิตใจ ... 41
4.7 แสดงการนำเสนอการตอบคำถามเป็นเวลา 5 นาที ... 42
4.8 แสดงการตอบคำถามทางคณิตศาสตร์เป็นเวลา 5 นาที ... 43
4.9 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่บันทึกจากโปรแกรม Biopac Student Lab ... 44
4.10 ตัวอย่างรูปสัญญาณที่ใช้โปรแกรม Matlab ตรวจจับยอดสุงสุด R-Wave, PPG+, PPG- ... 46
5.1 แสดงขั้นตอนการทดสอบแรงกดดันทางจิตใจ ... 48
5.2 แสดงข้อมูลสัญญาณ ECG และ PPG ที่ได้จากโปรแกรม Biopac Student Lab ... 49
5.3 แสดงสัญญาณ ECG, PPG+, PPG- ช่วงที่ 1 (Baseline) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22 ... 50
5.4 แสดงสัญญาณ ECG, PPG+, PPG- ช่วงที่ 2 (Preparation) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22 ... 50
5.5 แสดงสัญญาณ ECG, PPG+, PPG- ช่วงที่ 3 (Speech) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22 ... 51
5.6 แสดงสัญญาณ ECG, PPG+, PPG- ช่วงที่ 4 (Math. Cal.) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22 ... 51
5.7 แสดงสัญญาณ ECG, PPG+, PPG- ช่วงที่ 5-6 (Recovery) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22 ... 52
5.8 แสดงค่า PTT+ และ PTT- ช่วงที่ 1-6 (Excel plot) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22 ... 52
5.9 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT- ระหว่าง Baseline Vs Preparation ... 55
5.10 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT- ระหว่าง Baseline Vs Speech ... 55
5.11 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT- ระหว่าง Baseline Vs Math. Cal. ... 56
5.12 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT- ระหว่าง Baseline Vs Recovery(1st half) ... 56
5.13 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT- ระหว่าง Baseline Vs Recovery(2nd half) ... 57
5.14 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT+ ระหว่าง Baseline Vs Preparation ... 57
5.15 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT+ ระหว่าง Baseline Vs Speech. ... 58
5.16 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT+ ระหว่าง Baseline Vs Math. Cal.. ... 58
5.17 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT+ ระหว่าง Baseline Vs Recovery(1st half) ... 59
5.18 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT+ระหว่าง Baseline Vs Recovery(2nd half) ... 59
5.19 แสดงความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT- และ PTT+ จากช่วงพักเริ่มต้น (Baseline) 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนผัง

แผนผัง หน้า

2.1 กระบวนการของความเครียด 7

2.2 ขั้นตอนการหาค่า PTT จากสัญญาณ ECG และ PPG 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย ขอบเขตงานวิจัย และโครงสร้างวิทยานิพนธ์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความเครียดเป็นภาวะของอารมณ์ หรือความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ ที่ทำให้รู้สึกไม่สบายใจ คับข้องใจ หรือถูกบีบคั้น กดดันจนทำให้เกิดความรู้สึกทุกข์ใจ สับสน โกรธ หรือเสียใจ ความเครียดที่มีไม่มากนัก จะเป็นแรงกระตุ้นให้คนเราเกิดแรงมุ่งมั่นที่จะเอาชนะปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ได้ คนที่มีความรับผิดชอบสูงจึงมักหนีความเครียดไปไม่พ้น ความเครียดที่เป็นอันตราย คือ ความเครียดในระดับสูงที่คงอยู่เป็นเวลานาน จะส่งผลเสียต่อสุขภาพกาย สุขภาพจิต พฤติกรรม ครอบครัว การทำงานและสังคมได้

ความเครียด คือการตอบสนองทางสรีรวิทยา (physiological) และทางจิตวิทยา (psychological) ต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยไม่คาดคิดหรือมีความสำคัญในการดำรงชีวิต ซึ่งเกิดได้จากทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกร่างกาย ประเภทของความเครียด แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) ความเครียดที่เกิดทันที (Acute stress) คือความเครียดที่เกิดขึ้นทันทีและร่างกายก็ตอบสนองต่อความเครียดนั้นทันที โดยมีการหลั่งฮอร์โมนความเครียด เมื่อความเครียดหายไปร่างกายก็จะกลับสู่ปกติเหมือนเดิมฮอร์โมนก็จะกลับสู่ปกติ ตัวอย่างความเครียด เสียง, อากาศเย็นหรือร้อน, ความกลัวตกใจ, หิวข้าว และ อันตราย เป็นต้น

2) ความเครียดเรื้อรัง (Chronis stress) เป็นความเครียดที่เกิดขึ้นทุกวันและร่างกายไม่สามารถตอบสนองหรือแสดงออกต่อความเครียดนั้น ซึ่งเมื่อนานวันเข้าความเครียดนั้นก็จะสะสมเป็นความเครียดเรื้อรัง เช่น ความเครียดที่ทำงาน, ความเครียดที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล, ความเครียดของแม่บ้าน และความเหงา เป็นต้น ความเครียดประเภทนี้อาการจะรุนแรงกว่าความเครียดชนิดที่ 1 หากเป็นมากต้องเข้าพบจิตแพทย์หรือนักจิตวิทยา เพื่อขอคำปรึกษา หากปล่อยทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย, ทางด้านอารมณ์และบุคลิกภาพ เนื่องจากร่างกายไม่สามารถรักษาดุลยภาพให้อยู่ในภาวะปกติเองได้

ความเครียดนั้นยังมีผลต่อสมองส่วนไฮโพทาลามัสจะกระตุ้นประสาทซิมพาเทติกทำให้ต่อมหมวกไตส่วนใน (adrenal medulla) หลั่งเอพิเนฟริน (epinephrine) และนอร์เอพิเนฟริน (Norepinephrine) ออกมา ทั้งนี้ปลายเส้นใยประสาทซิมพาเทติกเองยังหลั่งนอร์เอพิเนฟรินด้วย ทำให้ร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น หายใจเร็วขึ้น ม่านตาขยาย อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น แรงดันเลือดสูงขึ้น เลือดไปเลี้ยงที่กล้ามเนื้อลายมากขึ้น แต่หากความเครียดนั้นเกิดสะสมอยู่เป็นระยะเวลานานสมองส่วนไฮโพทาลามัสจะหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคโทรพิน รีลีสซิ่ง (corticotropin-releasing hormone (CRH)) ไปกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้หลั่งฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติโคโทรพิก (adrenocorticotropic hormone (ACTH)) ออกมา โดยฮอร์โมนนี้จะกระตุ้นต่อมหมวกไตส่วนนอก (adrenal cortex) ให้หลั่งคอร์ติซอล (cortisol) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ร่างกายค่อยๆ ปรับตัวเพื่อรักษาสภาพของร่างกายให้เป็นปกติโดยต่อต้านต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเครียด ส่งผลให้ร่างกายเปลี่ยนแปลง เช่น มีความดันเลือดสูงขึ้น กรดอะมิโนในเลือดมีความเข้มข้นมากขึ้น ร่างกายปล่อยกรดไขมันเพิ่มขึ้น สร้างกลูโคสจากสารที่ไม่ใช่กลุ่มคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ภูมิคุ้มกันในร่างกายลดลงจึงเจ็บป่วยได้ง่าย และหากมีคอร์ติซอลในปริมาณมากจะทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะหลอดเลือดตีบ และเป็นอีกหลายสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคอื่น ๆ ได้

การวัดความความเครียดในปัจจุบันจะวัดจากการความแปรปรวนอัตราการเต้นของหัวใจ,การหลั่งคอร์ติซอลจากน้ำลาย และการตอบสนองของต่อมเหงื่อบนผิวหนัง ถึงแม้ว่าวิธีนี้จะให้ผลการวัดโดยตรง ซึ่งถูกต้อง แม่นยำ แต่มักใช้เฉพาะในกรณีผู้ป่วยที่มีปัญหาความเครียดเรื้อรังหรือผู้ป่วยทางจิตเท่านั้น กระบวนการเหล่านี้ ค่อนข้างที่ยุ่งยากในการวัดสำหรับบุคคลทั่วไปที่ต้องการทราบถึงสภาวะความเครียดเบื้องต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอการวัดความความเครียดจากคลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อประเมินการทำงานของระบบกรทำงานของคลื่นสมอง โดยวิเคราะห์จากตำแหน่งด้านหน้าของสมอง ซึ่งมีผลต่อค่าแอลฟาที่ใช้ประเมินเมื่อบุคคลนั้นอยู่ในสภาวะกดดัน โดยผลการวิเคราะห์สามารถบ่งบอกความสมดุลของการทำงานของคลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของคลื่นสมองที่อยู่ในสภาวะก่อนถูกกดดันและในสภาวะหลังถูกกดดัน จากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ดังกล่าวจะนำไปประยุกต์ในการวินิจฉัยทางการทำงานของร่างกายทางประสาทกายวิภาคต่อไป

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยสรุปไว้เป็นประเด็นได้ดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการ การวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของพัลส์ทรานซิทไทม์ (Pulse Transit Time : PTT)

1.2.2 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำหรับในการประเมินระยะเวลาของพัลส์ทรานซิทไทม์ (PTT) ในสภาวะที่ได้รับแรงกดดันทางจิตใจ

1.2.3 เพื่อให้ทราบผลระยะเวลาของพัลส์ทรานซิทไทม์ (PTT) เมื่ออยู่ในสภาวะไม่ถูกกดัน ซึ่งอาจจะสามารถนำมาใช้วิเคราะห์อัตราเสี่ยงและป้องกันจากโรคที่เกิดจากสภาวะกดดันต่าง ๆ ได้

1.2.4 เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปเป็นข้อมูลในการเชื่อมโยงความเปลี่ยนแปลงของพัลส์ทรานซิทไทม์ (PTT) และนำไปสู่กระบวนการการลดสภาวะกดดันได้อย่างถูกต้อง

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

ในสภาวะที่มนุษย์เกิดแรงกดดันจากภายนอกสิ่งเหล่านี้จะกระตุ้นอารมณ์ในสมอง โดยจะสั่งการให้กระตุ้นการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติมากกว่าในสภาวะปกติ สำหรับการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของพัลส์ทรานซิทไทม์ (PTT) ที่อยู่ในสภาวะก่อนถูกกดดัน และในสภาวะหลังถูกกดดันนั้น ซึ่งสามารถประเมินการทำงานของร่างกายที่กำลังอยู่ในสภาวะกดดันอยู่ และยังวิเคราะห์หาระยะเวลาที่ร่างกายจะกลับสู่สภาวะปกติหลังจากที่ได้รับแรงกดดันจนเกิดความเครียด โดยวิเคราะห์การเกิดสมดุลของพัลส์ทรานซิทไทม์ (PTT) ได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปสู่ข้อมูลเพื่ออ้างอิงถึงผลของการลดความเครียดหลังจากเกิดแรงกดดัน และแสดงวิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของพัลส์ทรานซิทไทม์ (PTT) ที่เหมาะสำหรับการทดลองนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

จากสมมุติฐานดังกล่าวข้างต้น ในงานวิจัยได้นำทฤษฎีและแนวความคิดของการประมวลผลสัญญาณในรูปแบบต่างๆมาใช้เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวและหาความสัมพันธ์ของผลการวิเคราะห์โดยอาศัยองค์ความรู้ทางสถิติ

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

ออกแบบกระบวนการสร้างแรงกดดัน เพื่อวัดและวิเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจและปริมาณออกซิเจนที่ปลายนิ้วในสภาวะต่างๆ ซึ่งจะนำมาใช้ประเมินผลวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของพัลส์ทรานซิทไทม์ (พีทีที) ในสภาวะต่าง ๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงในทางการแพทย์

1.6 ขั้นตอนในการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของพัลส์ทรานซิทไทม์ (พีทีที) โดยอาศัยวิธีการเปรียบเทียบเวลาของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram : ECG) กับสัญญาณการเต้นของหัวใจ (Photoplethsmograph : PPG) ที่ปลายนิ้ว เพื่อนำไปวิเคราะห์ระยะเวลาพีทีที ที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งจะบันทึกข้อมูลสัญญาณทางชีวภาพและเก็บข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของฐานข้อมูล สำหรับการประมวลผลในแต่ละขั้นตอน ซึ่งการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของเวลาพีทีทีจะใช้โปรแกรมแมทแล็ป (MATLAB) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด จากนั้นจะทำการศึกษาผลกระทบของสภาวะแรงกดดันต่อระบบประสาทอัตโนมัติ และศึกษาผลของการลดความเครียดหลังจากที่ได้รับแรงกดดันที่มีผลต่อความเปลี่ยนแปลงของเวลาพีทีที ในแต่ละกลุ่มการทดลองโดยใช้ความรู้ทางสถิติต่อไป

1.7 โครงสร้างวิทยานิพนธ์

ผลการศึกษาและวิจัยได้นำมาเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้โดยทำการแบ่งเนื้อหาเป็นบทดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตของงานวิจัยและขั้นตอนในการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับโครงสร้างและระบบที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยแบ่งออกเป็นนิยามของความเครียด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องระบบประสาทส่วนกลาง, คลื่นไฟฟ้าหัวใจและสัญญาณการเต้นของหัวใจ, พัลส์ทรานซิทไทม์ (PTT), การทดสอบความเครียดทางสังคม (Trier Social Stress Test : TSST) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 กล่าวถึงหลักการในการออกแบบการทดลองการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าหัวใจและสัญญาณการเต้นของหัวใจ หลังจากเกิดสภาวะได้รับแรงกดดัน โดยใช้หลักการเปรียบเทียบระยะเวลา PTT ที่เกิดขึ้นและการแสดงออกในที่สาธารณะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงกระตุ้น

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดสอบกระบวนการของความเปลี่ยนแปลงของระยะเวลา PTT ที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดสภาวะที่ได้รับแรงกดดันโดยใช้หลักการทางสถิติและการแสดงออกในที่สาธารณะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงกระตุ้น

บทที่ 5 กล่าวถึงผลการการทดสอบกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลา PTT ที่เกิดขึ้นก่อน-หลังการเกิดสภาวะได้รับแรงกดดัน จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ผลเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลา PTT

บทที่ 6 กล่าวถึงบทสรุปและข้อเสนอแนะของวิทยานิพนธ์เล่มนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการนำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เช่น ปฏิกิริยาตอบสนองต่อความเครียดระบบสมองส่วนกลาง และการฝึกสมองต่อความเครียด รวมถึงทฤษฎีในการออกแบบงานวิจัย นอกจากนี้ในส่วนสุดท้ายของบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเครียด(Stress)

2.1.1 นิยามความเครียด(Stress)

ความเครียด[1] เป็นภาวะของอารมณ์หรือความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ และทำให้รู้สึกถูกกดดัน ไม่สบายใจ วุ่นวายใจ กลัว วิตกกังวล ตลอดจนถูกบีบคั้น เมื่อบุคคลรับรู้หรือประเมินว่าปัญหาเหล่านั้นเป็นสิ่งที่คุกคามจิตใจ หรืออาจจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกาย จะส่งผลให้สภาวะสมดุลของร่างกายและจิตใจเสียไป เมื่อเกิดความเครียด บุคคลจะแสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อความเครียดและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านร่างกาย ด้านจิตใจและอารมณ์ รวมทั้งด้านพฤติกรรม แต่เมื่อเวลาผ่านไป และความเครียดเหล่านั้นคลายลง ร่างกายจะกลับเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้งหนึ่ง ผลจากปฏิกิริยาตอบสนองที่มีต่อความเครียด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในตัวบุคคลนั้น โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

<u>1. ด้านร่างกาย</u> ภาวะที่เครียดเกิดขึ้นจะกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติ ทำให้เกิดอาการหน้ามืดเป็นลม เจ็บหน้าอก ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ หลอดเลือดอุดตัน โรคอ้วน แผลในกระเพาะอาหาร เมื่อบุคคลตกอยู่ในความเครียดเป็นเวลานาน จะทำให้สุขภาพร่างกายเลวลงเนื่องจากเกิดความไม่สมดุลของระบบฮอร์โมน ซึ่งเป็นชีวเคมีที่สำคัญต่อมนุษย์ เพราะทำหน้าที่ช่วยควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายใน ขณะเกิดความเครียดจะทำให้ต่อมใต้ถูกกระตุ้น ทำให้ต่อมหมวกไตหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอล (Cortisol) เพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดอาการทางกายหลายอย่างแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล ตั้งแต่ปวดศีรษะ ปวดหลัง อ่อนเพลีย หากบุคคลนั้นต้องเผชิญกับความเครียดที่รุนแรงมาก ๆ อาจส่งผลให้บุคคลเสียชีวิตได้ เนื่องจากระบบการทำงานที่ล้มเหลวของร่างกาย เช่นคนที่มีโรคเบาหวานเป็นโรคประจำตัวอยู่แล้ว หากเกิดความเครียดอย่างรุนแรง ฮอร์โมนคอร์ติซอลจะไปกระตุ้นระดับน้ำตาลในเลือดให้สูงขึ้นหรือลดลงต่ำอย่างผิดปกติ และทำให้เกิดอาการช็อกได้ หรือในบางรายที่ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำงานได้ไม่เต็มที่ส่งผลให้เกิดเป็นอาการของโรคหอบหืด โรคภูมิแพ้ต่าง ๆ โรคผิวหนัง อาจมีอาการผมร่วงและมีอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งได้ง่ายกว่าเมื่อเทียบกับคนปกติ

<u>2. ด้านจิตใจและอารมณ์</u> จิตใจของบุคคลที่เครียดจะเต็มไปด้วยการหมกมุ่นครุ่นคิด ไม่สนใจสิ่งรอบตัว ใจลอย ขาดสมาธิ ความระมัดระวังในการทำงานเสียไปเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย จิตใจขุ่นมัวโมโหโกรธง่าย สูญเสียความเชื่อมั่นในความสามารถที่จะจัดการกับชีวิตของตนเอง เศร้าซึม คับข้องใจ วิตกกังวล ขาดความภูมิใจในตนเอง ในบางรายที่ตกอยู่ในภาวะเครียดอย่างยาวนานมาก อาจก่อให้เกิดอาการทางจิต จนกลายเป็นโรคจิตโรคประสาทได้ เนื่องจากการเผชิญต่อภาวะเครียดเป็นเวลานานฮอร์โมนคอร์ติซอลที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น จะทำให้เซลล์ประสาทฝ่อและลดจำนวนลง โดยเฉพาะในสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับกับความจำและสติปัญญา ความเครียดจึงทำให้ทำให้ความจำและสติปัญญาลดลง และยังมีผลต่อการทำงานของระบบสารสื่อประสาทที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับอารมณ์และพฤติกรรมโดยเฉพาะสารสื่อประสาท จึงทำให้เกิดอาการซึมเศร้าและวิตกกังวลกว่าเวลาปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ด้านพฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงทางร่างกายดังที่กล่าวในข้างต้น ไม่เพียงแต่จะทำให้ระบบการทำงานของร่างกายผิดเพี้ยนไป แต่ยังทำให้พฤติกรรมการแสดงออกของบุคคลเปลี่ยนแปลงด้วย ยกตัวอย่างเช่น บุคคลที่เครียดมาก ๆ บางรายจะมีอาการเบื่ออาหารหรือบางรายอาจจะรู้สึกว่าตัวเองหิวอยู่ตลอดเวลาและทำให้มีการบริโภคอาหารมากกว่าปกติ มีอาการนอนหลับยากหรือนอนไม่หลับหลายคืนติดต่อกัน ประสิทธิภาพในการทำงานน้อยลง เริ่มปลีกตัวจากสังคม และเผชิญกับความเครียดอย่างโดดเดี่ยว บ่อยครั้งบุคคลจะมีพฤติกรรมการปรับตัวต่อความเครียดในทางที่ผิด เช่น สูบบุหรี่ ติดเหล้า ติดยา เล่นการพนัน การเปลี่ยนแปลงของสารเคมีบางอย่างในสมองทำให้บุคคลมีพฤติกรรมก้าวร้าวมากขึ้น ความอดทนเริ่มลดลง พร้อมที่จะเป็นศัตรูกับผู้อื่นได้ง่าย อาจมีการอาละวาดขว้างปาข้าวของ ทำร้ายผู้อื่น ทำร้ายร่างกายตนเอง หรือหากบางรายที่เครียดมากอาจเกิดอาการหลงผิดและตัดสินใจแบบชั่ววูบนำไปสู่การฆ่าตัวตายในที่สุด

ความเครียด[2] ตามนิยามของกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข ความเครียดเป็นเรื่องของร่างกายและจิตใจ ที่เกิดจากการตื่นตัวเตรียมรับกับเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง ซึ่งเราคิดว่าไม่น่าพอใจเป็นเรื่องที่หนักหนาสาหัสเกินกำลังทรัพยากรที่เรามีอยู่ หรือเกินความสามารถของเราที่จะแก้ไขได้ ทำให้รู้สึกหนักใจเป็นทุกข์ และพลอยทำให้เกิดอาการผิดปกติของร่างกายและพฤติกรรมตามไปด้วย จากผลการสำรวจสุขภาพจิตของคนไทย[3] จากโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ สรุปได้ว่าจากการสำรวจเดือนกรกฎาคม 2558 พบประชากรรอายุ 15 ปีขึ้นไปมีคะแนนสุขภาพจิตเฉลี่ยร้อยละ 31.38 เมื่อเปรียบเทียบผลการสำรวจ ครั้งที่ผ่านมาในเดือนพฤษภาคม 2558 พบว่า ในเดือนกรกฎาคม 2558 คนไทยมีคะแนนเฉลี่ยสุขภาพจิตลดลงร้อยละ 0.13 หากพิจารณาข้อมูลดังกล่าวจะพบว่าปัจจัยที่ทำให้คนไทยเกิดความเครียดได้มากขึ้นจากสภาวการณ์ภัยพิบัติ และสภาวะเศรษฐกิจของประเทศไทย จากข้อมูลทางสถิติดังกล่าวความเครียดนั้นมีผลต่อการดำรงชีวิตของประชากรโลกอย่างมาก โดยสาเหตุสำคัญที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเครียดมี 2 ประการคือ

1. สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เช่นปัญหาการเงิน ปัญหาครอบครัว ปัญหาการเรียน ปัญหาสุขภาพ ปัญหามลพา ปัญหาครอบครัว ปัญหาการเรียน ปัญหาความคัดแย้งระหว่างบุคคล ฯลฯ ปัญหาต่าง ๆ นี้จะเป็นตัวกระตุ้นและส่งเสริมให้เกิดความเครียดได้

2. การประเมินสถานการณ์และความคิดของแต่ละบุคคล เราสังเกตคนที่อยู่รอบ ๆ ตัวเราได้หรือไม่ว่า คนเหล่านั้นที่ชอบมองโลกในแง่ดี, มีอารมณ์ขัน, ใจเย็น และไม่โกรธง่าย จะมีความเครียดเกิดขึ้นน้อยกว่าคนที่ชอบมองโลกในแง่ร้ายจริงจังกับชีวิต, ใจร้อนและโกรธง่าย นอกจากนี้คนที่คิดหรือรู้สึกว่าตัวเอง มีคนคอยให้ความช่วยเหลือหรือช่วยแก้ไขปัญหาให้ เช่น มีพ่อแม่ ญาติพี่น้อง มีสามี/ภรรยา มีเพื่อนสนิทที่มีความไว้วางใจกได้ จะเกิดความเครียดได้น้อยกว่าคนที่อยู่คนเดียวตามลำพังโดยไม่มีครอบครัว หรือเพื่อนสนิทอยู่ด้วย

2.1.2 ประเภทของความเครียด

ประเภทของความเครียด[4] แบ่งออกได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับตัวแปรที่ที่ส่งผลกระทบต่อร่างกายความเครียด แบ่งออกได้ 2 ประเภทดังนี้

1.ความเครียดที่เกิดทันที (Acute stress) คือความเครียดที่เกิดขึ้นทันทีและร่างกายก็ตอบสนองต่อความเครียดนั้นทันที โดยมีการหลั่งฮอร์โมนความเครียด เมื่อความเครียดหายไปร่างกายก็จะกลับสู่ปกติเหมือนเดิมฮอร์โมนก็จะกลับสู่ปกติ ตัวอย่างความเครียด เสียง, อากาศเย็นหรือร้อน, ความกลัวตกใจ, หิวข้าว และ อันตราย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเครียดเรื้อรัง (Chronis stress) เป็นความเครียดที่เกิดขึ้นทุกวันและร่างกายไม่สามารถตอบสนองหรือแสดงออกต่อความเครียดนั้น ซึ่งเมื่อนานวันเข้าความเครียดนั้นก็จะสะสมเป็นความเครียดเรื้อรัง เช่น ความเครียดที่ทำงาน, ความเครียดที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล, ความเครียดของแม่บ้าน และความเหงา เป็นต้น ความเครียดประเภทนี้อาการจะรุนแรงกว่าความเครียดชนิดที่ 1 หากเป็นมากต้องเข้าพบจิตแพทย์หรือนักจิตวิทยา เพื่อขอคำปรึกษา หากทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย, ทางด้านอารมณ์และบุคลิกภาพ เนื่องจากร่างกายไม่สามารถรักษาสมดุลให้อยู่ในภาวะปกติเองได้

ตาราง 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติก กับอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย

อวัยวะ	ระบบประสาทซิมพาเทติก	ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก
ต่อมน้ำลาย	ยับยั้งการหลั่งน้ำลาย	มีการหลั่งมาก
รูม่านตา	ขยาย	หด
ต่อมน้ำตา	กระตุ้นการหลั่งมากกว่าปกติ	กระตุ้นการหลั่งปกติ
ต่อมเหงื่อ	เกิดการกระตุ้น	หด
สมอง	หด	ขยาย
หัวใจ	อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น	อัตราการเต้นของหัวใจลดลง
	การหดตัวเพิ่มขึ้น	การเผาพลาญพลังงานลดลง
	อัตราการเต้นของหัวใจในเวนตริเคิล เพิ่มขึ้น	
ปอด: หลอดลม	ขยาย	หด
กล้ามเนื้อลาย	ขยาย	
ไต	หด	
อวัยวะภายในช่องท้อง	ส่วนมากจะหด	
ผิวหนังและเนื้อเยื่อ	หด	
ตับ	กระบวนการเปลี่ยนแป้ง ไกลโคเจน ไปเป็นน้ำตาล กลูโคส	ขับน้ำดี
ม้าม	เม็ดเลือดแดงในเลือดสูง	
ต่อมหมวกไต	หลั่งอะดรีนาลีนและนอร์อิพิเนฟริน	
ระบบทางเดินอาหาร	ยับยั้งการย่อยอาหาร	เพิ่มการย่อยอาหาร
	ลดการบีบตัว	เพิ่มการบีบตัว
ไต	ปัสสาวะลดลง	
รูขุมขน	อาการขนลุก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

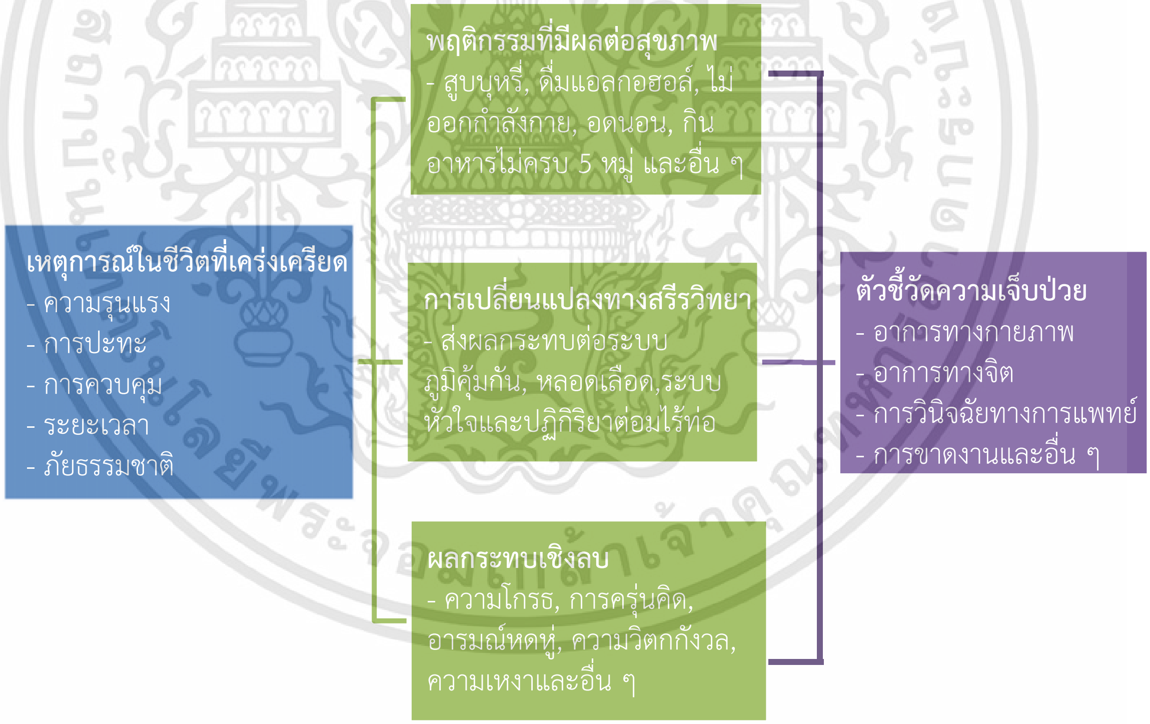
2.1.3 ปฏิกิริยาตอบสนองทางร่างกายต่อความเครียด

ระบบประสาทส่วนปลาย (Peripheral nervous system : PNS) [5] แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบประสาทโซมาติกเป็นเซลล์ประสาทสั่งการและจะใช้เพียง 1 เซลล์ สื่อสัญญาณจากระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system : CNS) ตามลำดับ หลังจากนั้นสมองจะประมวลผล แล้วส่งกระแสประสาทกลับไปให้กล้ามเนื้อลายเพื่อตอบสนอง และระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic Nervous System : ANS) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะที่ประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบหรือกล้ามเนื้อหัวใจและต่อมต่าง ๆ

ระบบประสาทอัตโนมัติแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบประสาทซิมพาเทติก (Sympathetic nervous system) จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นอันตรายหรือสถานการณ์ที่ตึงเครียด และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (Parasympathetic nervous system) จะทำงานเมื่อร่างกายรู้สึกผ่อนคลายหรือกำลังพัก ทั้ง 2 ระบบนี้จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการตอบสนองความเครียดของมนุษย์ อธิบายได้ตามตาราง 2.1

2.1.4 ผลกระทบของความเครียด

ความเครียดเป็นการตอบสนองหรือการเตือนภัยของร่างกาย ให้มีการเตรียมพร้อมเพื่อที่กระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง การมีความเครียดน้อยเกินไปหรือมากเกินไปไม่ส่งผลดีต่อสุขภาพ ส่วนใหญ่มีเข้าใจว่าความเครียดเป็นสิ่งไม่ดีที่ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมาดังแสดงในแผนภาพ[6] ดังนี้



แผนผังที่ 2.1 กระบวนการของความเครียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การคลายความเครียด

การคลายเครียด[2] มีหลายวิธี แต่ละวิธีมีรายละเอียดแตกต่างกันออกไป แต่วิธีที่นักวิชาการและนักวิจัยหลายท่านนิยมใช้ในงานวิจัยทางการแพทย์ มีด้วยกัน 6 วิธีดังนี้

1. การผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ให้ผู้ประสบปัญหาที่ต้องการคลายเครียดนั่งบริเวณที่มีความเงียบสงบ โดยให้นั่งท่าที่ผ่อนคลายที่สุดและคลายเสื้อผ้าให้หลวม ถอดรองเท้า จากนั้นหลับตา ทำใจให้ว่างและตั้งสมาธิไปอยู่ที่กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ เพื่อบริหารกล้ามเนื้อส่วนนั้นด้วยการฝึกเกร็งและคลายกล้ามเนื้อต่าง ๆ ประมาณ 10 กลุ่ม เพื่อคลายความเครียดไปทีละกลุ่ม เช่น คอ โดยก้มหน้าให้คางจดคอแล้วคลายออก เงยหน้าจนสุดแล้วคลาย เป็นต้น โดยระยะเวลาที่เกร็งกล้ามเนื้อให้ใช้เวลาน้อยกว่าระยะเวลาผ่อนคลาย เช่น ใช้เวลาในช่วงเกร็งประมาณ 3-5 วินาที และใช้เวลาผ่อนคลายประมาณ 10-15 วินาที

2. การฝึกหายใจ ตามปกติคนทั่วไปจะหายใจตื้นๆ โดยใช้กล้ามเนื้อหน้าอกเป็นหลัก โดยเฉพาะในเวลาเครียดจะยิ่งหายใจถี่และตื้นมากขึ้นกว่าเดิม ทำให้เกิดอาการถอนหายใจเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ได้ออกซิเจนมากขึ้น ดังนั้นต้องให้ผู้ที่มีปัญหาจากความเครียดไปนั่งบริเวณที่เงียบสงบหลังจากเกิดสภาวะกดดันมาแล้ว จากนั้นให้นั่งท่าที่ผ่อนคลายที่สุด ฝึกหายใจเข้า-ออกช้า ๆ เช่น นับ1-5 หายใจเข้า จากนั้นนับ1-5 หายใจออก เป็นต้น ควรทำการฝึกติดต่อกันประมาณ 4-5 ครั้ง ควรฝึกทุกครั้งเมื่อรู้สึกเครียด, รู้สึกโกรธ, รู้สึกไม่สบายใจ หรือฝึกทุกครั้งเมื่อนึกได้ ในแต่ละวัน ควรฝึกการหายใจที่ถูกวิธีให้ได้ประมาณ 40 ครั้ง แต่ไม่จำเป็นต้องทำติดต่อกันในคราวเดียว

3.การทำสมาธิ ถือเป็นวิธีการผ่อนคลายความเครียดที่ลึกซึ้งที่สุด เพราะจะทำให้จิตใจสงบและปลอดจากความคิดที่ซ้ำซาก, ฟุ้งซ่าน, วิตกกังวล, เศร้า, โกรธ และทุกคนสามารถทำได้เพื่อคลายความเครียด หลักการคือการเอาใจไปจดจ่อกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะใช้วิธีการนับลมหายใจเป็นหลักและยุติการคิดเรื่องอื่น ๆ อย่างสิ้นเชิง โดยผู้ที่มีปัญหาจากความเครียด นั่งท่าที่ผ่อนคลายบริเวณที่เงียบสงบ จากนั้นนำมือประสานกันแล้วหลับตาเพื่อทำสมาธิ เช่น นับ 1 หายใจเข้า นับ 2 หายใจออก นับไปเรื่อย ๆ จนกว่าเราจะออกจากสมาธิ เป็นต้น วิธีจะทำให้จิตใจสงบและใจเย็นขึ้น

4.การจินตนาการ การใช้จินตนาการเป็นกลวิธีหนึ่งที่ใช้เบี่ยงเบนความสนใจจากสถานการณ์ความเครียดหรือความกดดันที่กำลังเกิดขึ้น ไปสู่ประสบการณ์เดิมในอดีตที่เคยทำให้จิตใจสงบและเป็นสุขมาก่อน โดยใช้หลักการ รูป รส กลิ่น เสียง ในการผ่อนคลายความเครียด เป็นการคลายเครียดได้เพียงชั่วขณะ เช่น การนั่งฟังเพลงเมื่อเกิดวามเครียด, การได้ดมกลิ่นที่พึงใจแล้วรู้สึกผ่อนคลาย เป็นต้น การใช้จินตนาการเป็นวิธีการคลายเครียดได้ชั่วคราวไม่ใช่วิธีการแก้ปัญหาที่สาเหตุ จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้บ่อย ๆ และอาจจะทำให้สามารถคลายเครียดได้เพียงระยะสั้นเท่านั้น

5.การคลายเครียดจากใจสู่กาย เป็นวิธีที่ผู้ฝึกสามารถผ่อนคลายได้โดยการใช้ใจสั่งหรือบอกกับตัวเองด้วยคำพูดง่ายๆ แต่จะได้ผลถึงการผ่อนคลายในระดับจิตใต้สำนึก วิธีนี้เหมือนการสะกดจิต โดยผู้จะใช้วิธีนี้ต้องมีพื้นฐานการฝึกการหายใจที่ถูกวิธีก่อน ซึ่งผู้ปฏิบัติต้องหายใจเข้าออกเพื่อผ่อนคลายความเครียดก่อน จากนั้นจิตนาการถึงอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย โดยบอกอวัยวะนั้นซ้ำ ๆ กัน 3 ครั้ง แล้วค่อยๆพูดว่า แขนขวาของฉันหนัก อุ่น ซ้ำหัน 3 ครั้ง จากนั้นค่อยไปที่ส่วนอื่น ๆ

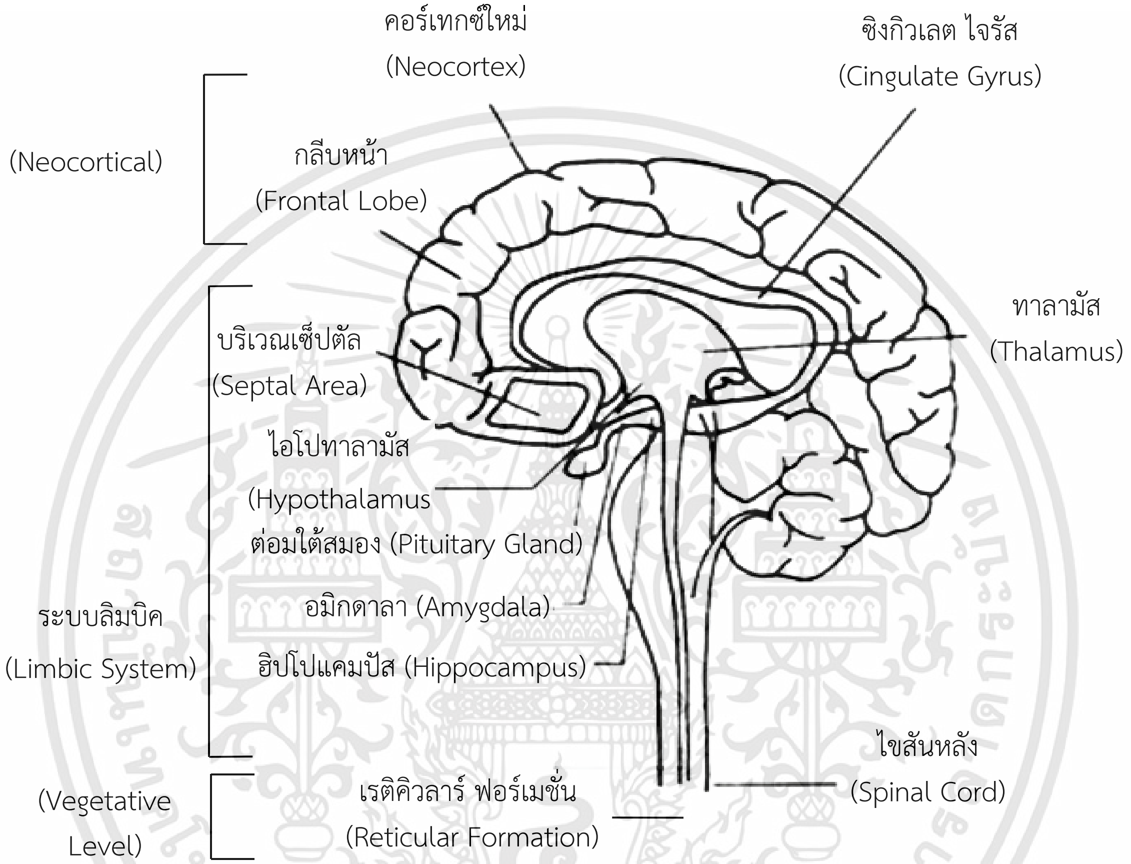
6.การนวดคลายเครียด เป็นการคลายกล้ามเนื้ออย่างหนึ่ง เนื่องจากความเครียดเป็นสาเหตุทำให้กล้ามเนื้อหดเกร็ง เหมาะสำหรับผู้ที่มีอาการปวด เกร็งตามอวัยวะต่าง ๆ การนวดจะช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อกระตุ้นการไหลเวียนของเลือด ทำให้รู้สึกปลอดโปร่ง สบายตัว หายเครียด และลดอาการเจ็บปวดต่าง ๆ ลง การนวดในปัจจุบันมีหลายแบบ ซึ่งผู้ที่ประสบปัญหาดังกล่าวสามารถใช้วิธีนี้คลายเครียดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบสมองส่วนกลาง (Central nervous system : CNS)

2.2.1 ระบบสมองส่วนกลาง (Central nervous system : CNS)

ระบบประสาทส่วนกลาง[5] ประกอบไปด้วยระบบสมองและเส้นประสาทไขสันหลัง นายแพทย์ พอล แมคลีน (Paul Maclean) ได้กำหนดนิยามระบบสมองไว้ อีกชื่อหนึ่งว่า สมองสามระบบ (Triune brain) 3 ระดับ ตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงระบบสมองส่วนกลาง (Central nervous system : CNS)

คอร์เทกซ์ใหม่ (neocortex) ชั้นบนสุดของระบบสมองและสมองส่วนนี้มีความสลับซับซ้อนมากที่สุด มีหน้าที่หลายอย่างอาทิ เช่น ถอดรหัสและตีความจากสัญญาณของประสาทสัมผัส, การสื่อสารและควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (กระดูกและกล้ามเนื้อ) ส่วนบริเวณกลีบหน้า (Frontal Lobe) หน้าที่หลักของสองส่วนนี้เกี่ยวกับจิตนาการ, ตรรกะ, การตัดสินใจ, ความจำ, การแก้ปัญหา, การวางแผนและการทำความเข้าใจ

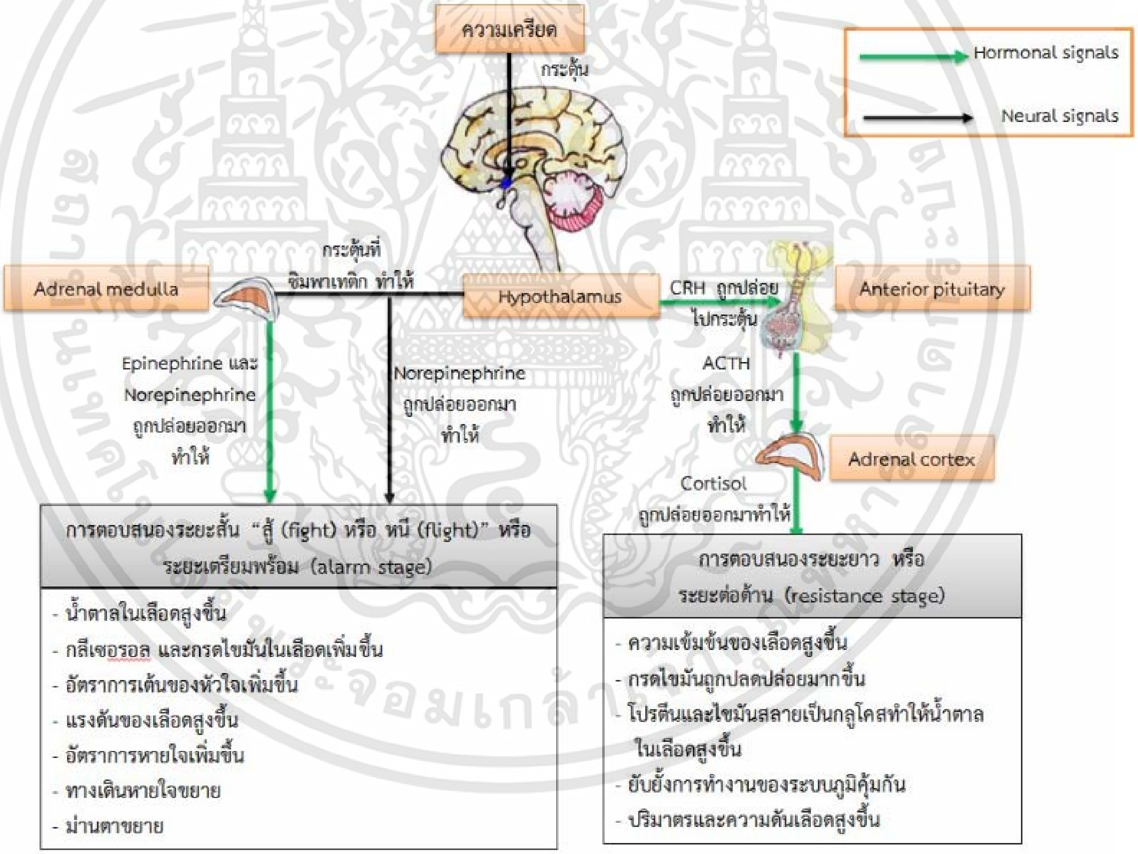
ระบบลิมบิค (Limbic System) เป็นสมองลำดับที่สองของสมองสามระบบ (Triune brain) สมองส่วนลิมบิคนี้เป็นส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกับความเครียดเพราะสมองส่วนนี้เป็นศูนย์กลางในการควบคุมอารมณ์ของระบบสมองมนุษย์ประกอบด้วยโครงสร้างประสาทหลายอย่างอาทิเช่น ไฮโปทาลามัส (Hypothalamus), ฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) และบริเวณเซ็ปตัล (Septal Area) เป็นต้น ส่วนต่อมใต้สมอง (Pituitary Gland) เป็นระบบที่มีบทบาทสำคัญอีกต่อมหนึ่งเพราะมีผลกับกับต่อมไร้ท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสุดท้ายของระบบสมองสามระบบ (Triune brain) เป็นส่วนที่อยู่ล่างสุดของสมอง หน้าที่สำคัญของระบบนี้คือดำรงซึ่งเซลล์ต่าง ๆ (การเต้นของหัวใจ, หารหายใจ, หน้าที่ต่าง ๆ ของหลอดเลือด) และทำหน้าที่นำแรงกระตุ้นผ่านเส้นใยต่าง ๆ และเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดของทาลามัส (Thalamus) เพื่อไปยังจุดบนสุดของระบบสมอง ส่วนเส้นประสาทไขสันหลังเป็นศูนย์กลางของเซลล์ประสาทเพื่อนำสัญญาณไปและกลับจากสมอง นอกจากนี้ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการตอบสนองที่ได้รับการควบคุมโดยอัตโนมัติ

2.2.2 ปฏิกิริยาตอบสนองของสมองต่อความเครียด

เมื่อคนเรามีความเครียดไม่ว่าจะเป็นความเครียดเฉียบพลันหรือความเครียดเรื้อรังเกิดขึ้น จะส่งผลให้ร่างกายมีการตอบสนองต่อความเครียด[7] ทางสรีรวิทยา (Physiological stress response) ในแบบต่าง ๆ ซึ่งกลไกการตอบสนองนี้ถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system) และฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อ (Endocrine gland hormone) แสดงได้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กลไกการตอบสนองต่อความเครียดทางสรีรวิทยา [7]

การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อความเครียดเกิดจากปฏิกิริยาที่เรียกว่า "การตอบสนองต่อความเครียด (Stress response)"หรือ "การปรับตัว (General adaptation syndrome)" ปฏิกิริยาดังกล่าวประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ระยะเตรียมพร้อม (Alarm stage) เกิดร่างกายรับรู้ถึงอันตรายนั้น โดยร่างกายจะเตรียมพร้อมสำหรับจัดการกับอันตรายแบบอัตโนมัติ ทำให้ร่างกายเกิดอาการที่เรียกว่า“สู้ หรือ หนี (fight or flight)” ซึ่งควบคุมด้วยฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและระบบประสาท

2. ระยะต่อต้าน (Resistance stage) ร่างกายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาเพื่อพยายามต่อต้านกับความเครียดเพื่อให้ร่างกายอยู่ในภาวะสมดุล

3. ขั้นหยุดการทำงาน (Exhaustion stage) ถ้าร่างกายตกอยู่ภายใต้ภาวะความเครียดเป็นระยะเวลานาน การปรับสมดุลในขั้นตอนที่ 2 ไม่สามารถทำให้ร่างกายรักษาภาวะสมดุลได้ ระบบต่าง ๆ ในร่างกายจะทำงานหนักอาจทำให้เกิดการเจ็บป่วยหรือมีการพัฒนาไปสู่โรคซึมเศร้าได้ เมื่อเกิดความเครียดขึ้น สมองส่วนไฮโพทาลามัสจะกระตุ้นประสาทซิมพาเทติกทำให้ต่อมหมวกไตส่วนใน (Adrenal medulla) หลั่งเอพิเนฟริน (Epinephrine) และนอร์เอพิเนฟริน (Norepinephrine) ออกมา ทั้งนี้ปลายเส้นใยประสาทซิมพาเทติกเองยังหลั่งนอร์เอพิเนฟรินด้วย ทำให้ร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น หายใจเร็วขึ้น ม่านตาขยาย อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น แรงดันเลือดสูงขึ้น เลือดไปเลี้ยงที่กล้ามเนื้อลายมากขึ้น เป็นการเตรียมร่างกายให้พร้อมที่จะสู้หรือหนี แต่หากความเครียดนั้นเกิดสะสมอยู่เป็นระยะเวลานานสมองส่วนไฮโพทาลามัสจะหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคโทรพิน รีลีสซิ่ง (Corticotropin-releasing hormone : CRH) ไปกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้หลั่งฮอร์โมนอะดรีโนคอร์ติโคโทรพิก (Adrenocorticotropic hormone : ACTH) ออกมา โดยฮอร์โมนนี้จะกระตุ้นต่อมหมวกไตส่วนนอก (Adrenal cortex) ให้หลั่งคอร์ติซอล (Cortisol) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ร่างกายค่อยๆ ปรับตัวเพื่อรักษาสภาพของร่างกายให้เป็นปกติโดยต่อต้านต่อความเครียด ส่งผลให้ร่างกายเปลี่ยนแปลง เช่น มีความดันเลือดสูงขึ้น กรดอะมิโนในเลือดมีความเข้มข้นมากขึ้น ร่างกายปล่อยกรดไขมันเพิ่มขึ้น สร้างกลูโคสจากสารที่ไม่ใช่กลุ่มคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ภูมิคุ้มกันในร่างกายลดลงจึงเจ็บป่วยได้ง่าย และหากมีคอร์ติซอลในปริมาณมากจะทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะหลอดเลือดตีบ และเกิดแผลในทางเดินอาหารหรือโรคอื่น ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาสนองต่อความเครียด

2.2.3 ความเครียดกับการทำงานของหัวใจ[8]

ในสภาวะปัจจุบันเราทุกคนจะอยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีแนวโน้มทำให้เกิดความเครียดได้ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นการทำงานในหน้าที่ การแข่งขันกันทางธุรกิจ ปัญหาการจราจร ความสัมพันธ์ของบุคคลในครอบครัวที่มีเวลาให้กันและกันน้อยลงไป การพักผ่อนและการออกกำลังกายที่ไม่เพียงพอและเหมาะสม สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ ล้วนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเครียดและความวิตกกังวล เมื่อมีความเครียดเกิดขึ้นก็จะมีผลต่อร่างกายของคนเรา โดยมีการสร้างสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า อะดรีนาลีน (Adrenaline) ซึ่งมีฤทธิ์ทำให้หัวใจเต้นเร็วและแรงขึ้น ทำให้หลอดเลือดตีบตัวเช่นเดียวกับการสูบบุหรี่ นอกจากนี้ความเครียดอาจก่อให้เกิดความดันโลหิตสูง และเพิ่มปริมาณไขมันในเลือดให้สูงขึ้น

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าความเครียดมีผลทำให้เกิดอาการเจ็บหน้าอก จากการที่เลือดไปเลี้ยงหัวใจลดลงได้ จากผลของสารอะดรีนาลีนดังกล่าวข้างต้น ที่ทำให้หลอดเลือดหัวใจตีบตัวลงได้

2.3 การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram : ECG หรือ EKG)

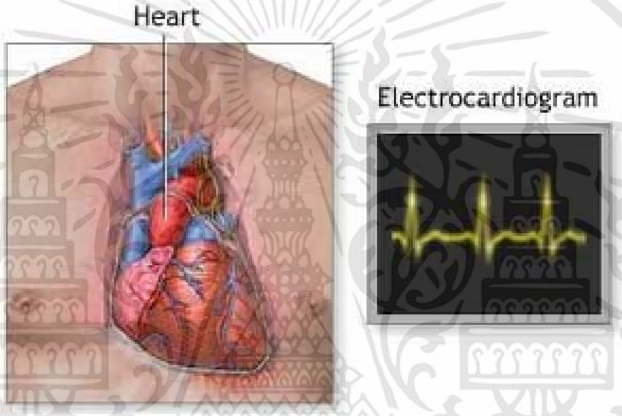
การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG หรือ EKG) [9] เป็นเครื่องมือวินิจฉัยที่โดยทั่วไปจะใช้เพื่อประเมินการทำงานของระบบไฟฟ้าและกล้ามเนื้อของหัวใจ แม้ว่าการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) จะทำได้ไม่ยากนัก แต่การแปลความหมายของสัญญาณ ECG ต้องใช้ทักษะความชำนาญเป็นอย่างมาก ซึ่งมีตำราจำนวนมากได้อธิบายเกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้ไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวใจเป็นปั๊มไฟฟ้าแบบสองสภาวะ และสัญญาณไฟฟ้าของการทำงานของหัวใจสามารถวัดด้วยอิเล็กโทรดที่ติดไว้บริเวณผิวหนัง การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจสามารถวัดอัตราและจังหวะของการเต้นของหัวใจ รวมทั้งแสดงให้เห็นการไหลเวียนของเลือดไปยังกล้ามเนื้อหัวใจ

ได้มีการพัฒนามาตรฐานสำหรับการวางตำแหน่งของอิเล็กโทรดสำหรับการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ จะมี 10 จุด เพื่อสร้างมุมมองทางไฟฟ้า 12 สัญญาณของหัวใจ โดยติดขั้วไฟฟ้าบนแขนและขา โดยขั้วไฟฟ้า 6 ขั้วจะติดอยู่บนทรวงอก บันทึกสัญญาณที่ได้รับจากแต่ละขั้วไฟฟ้า สัญญาณที่ถูกบันทึกเหล่านี้คือคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

โดยการเปรียบเทียบ การตรวจสัญญาณไฟฟ้าของหัวใจที่ใช้สายอิเล็กโทรดเพียง 3 จุด โดยแต่ละตัวจะอยู่ที่แขนขวา, แขนซ้ายและหน้าอกด้านซ้าย วัดอัตราและจังหวะการเต้นของหัวใจเท่านั้น การตรวจวัดแบบนี้ไม่ถือเป็นการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบสมบูรณ์



รูปที่ 2.4 การเกิดคลื่นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจเนื่องจากการทำงานของหัวใจ [10]

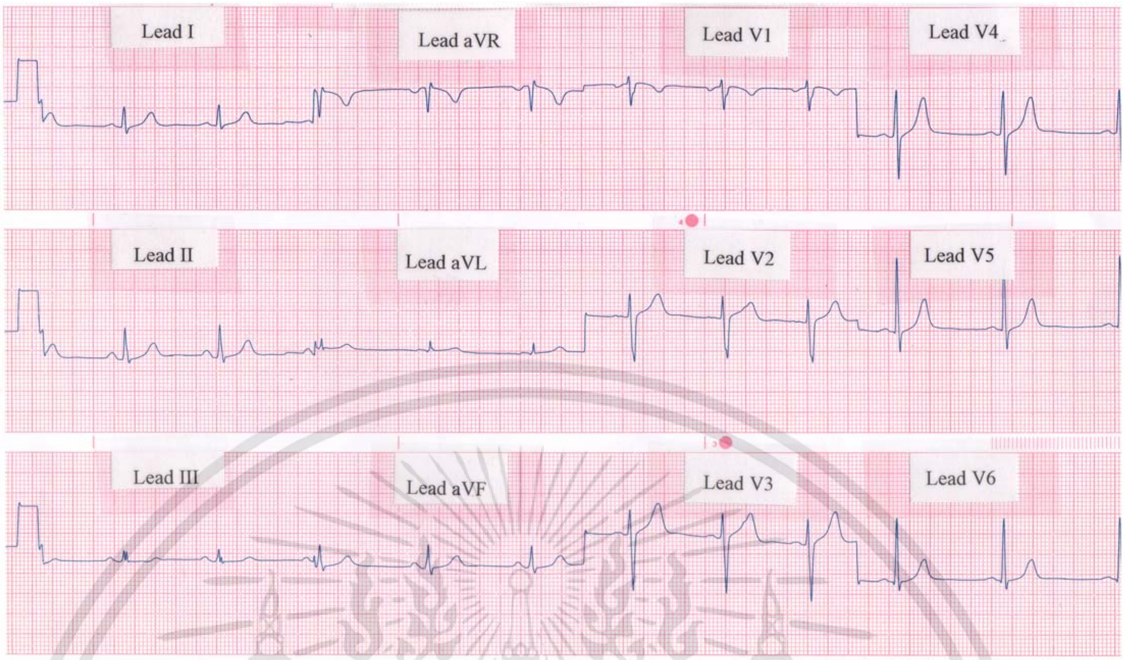
2.3.1 การทำงานของหัวใจและคลื่นไฟฟ้าหัวใจ [9]

ตัวนำอิเล็กโทรดที่ติดบนแผ่นหน้าอกสามารถตรวจจับแรงกระตุ้นไฟฟ้าที่เกิดจากหัวใจได้ จำนวนอิเล็กโทรดมากขึ้นจะให้มุมมองทางไฟฟ้าของหัวใจที่มากขึ้น โดยการแปลความหมายจากสัญญาณ ECG ที่ได้ แพทย์สามารถได้รู้ข้อมูลทางอ้อมของอัตราการเต้นของหัวใจและจังหวะการไหลเวียนของเลือดไปยังหัวใจห้องล่าง (Ventricles)

อัตรา (Rate) หมายถึงความเร็วที่หัวใจเต้น โดยทั่วไป โหนด SA จะสร้างแรงกระตุ้นไฟฟ้า 50-100 ครั้งต่อนาที เบรดดี้คาเดีย (Bradycardia) (brady = slow + cardia = heart) อธิบายถึงอัตราการเต้นของหัวใจน้อยกว่า 50 ครั้งต่อนาที แทคชิคาเดีย (Tachycardia) (tachy = fast + cardia = heart) อธิบายถึงอัตราการเต้นของหัวใจที่เร็วกว่า 100 ครั้งต่อนาที

จังหวะ (Rhythm) หมายถึงประเภทของการเต้นของหัวใจ โดยปกติหัวใจจะเต้นตามจังหวะไซนัสด้วยแรงกระตุ้นไฟฟ้าแต่ละตัวที่สร้างขึ้นโดยโหนด SA ทำให้เกิดการบีบตัวของหัวใจห้องล่างหรือการเต้นของหัวใจ จังหวะไฟฟ้าที่ผิดปกติบางอย่างอาจเป็นอันตราย จังหวะไฟฟ้าบางอย่างไม่สามารถทำให้เกิดการเต้นของหัวใจและเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตอย่างกะทันหัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ปกติแบบ 12 ลีด

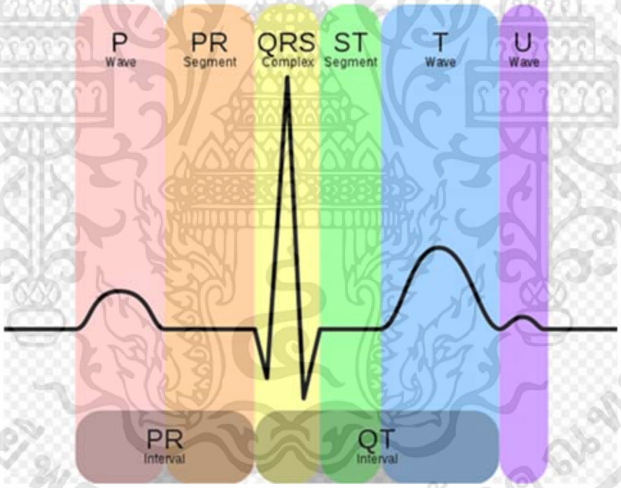
2.3.2 ส่วนประกอบของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ [10]

1. คลื่น P คือ คลื่นที่เกิดจากการบีบตัวของหัวใจห้องบน (Atrial Depolarization)
   - รูปร่างกลมเรียบกว้างไม่เกิน 0.12 วินาที
   - ความสูงไม่เกิน 2.5 มม.
   - จะมี P wave 1 คลื่น ต่อ QRS Complex 1 คลื่น
2. คลื่น QRS Complex คือ คลื่นที่เกิดจากการบีบตัวของหัวใจห้องล่าง
   - ปกติ 60 -100 ครั้ง/นาที จังหวะสม่ำเสมอ
   - ลักษณะคลื่นสูงแคบ 0.04 - 0.10 วินาที
   - ถ้ากว้างกว่า 0.12 แสดงว่ามีการผิดปกติ
   - Q Wave ลึกและกว้างแสดงถึงการตายของกล้ามเนื้อหัวใจ
3. คลื่น T คือ คลื่นที่เกิดจากระยะพักของหัวใจห้องล่าง
   -หัวตั้ง กลมเรียบ ใหญ่กว่า P Wave
   -หัวกลับในรายที่มีกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด ขาด Electrolyte
4. ช่วง PR บอกถึงเวลาของการนำสัญญาณไฟฟ้า วัดได้จากคลื่น P จนถึงจุดเริ่มต้นของคลื่น QRS
5. คลื่น Q เป็นคลื่นลบคลื่นแรกที่ตามหลังคลื่น P และช่วง P–R อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ และความสูงต้องน้อยกว่า 1/3 ของความสูงของคลื่น R
6. คลื่น R เป็นคลื่นบวกคลื่นแรกที่ตามหลังคลื่น Q ในกรณีที่ไม่มีคลื่น Q จะพบว่าคลื่น R เป็นคลื่น บวก คลื่นแรกที่ตามหลังช่วง P–R
7. คลื่น S เป็นคลื่นลบคลื่นแรกที่ตามหลังคลื่น R คลื่น QRS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. คลื่น S-T เป็นส่วนที่อยู่ระหว่างจุดสิ้นสุดของคลื่น QRS และจุดเริ่มต้นของคลื่น T ระยะนี้จะไม่มีความแตกต่างของประจุไฟฟ้าที่ขั้วบวกและขั้วลบจึงบันทึกได้เป็นเส้นราบ
    -ปกติจะเป็นแนวราบ (Isoelectric)
    -ยกสูงในรายที่มีการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหัวใจ เช่น ภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน
    -ต่ำในรายที่ได้รับยา Digitalis ภาวะ Potassium ในเลือดต่ำ หัวใจ ห้องล่างซ้ายโต
9. คลื่น T เป็นคลื่นที่ตามหลังคลื่น S และส่วน S-T
10. ช่วง Q-T วัดจากจุดเริ่มต้นของคลื่น QRS จนถึงจุดสิ้นสุดของคลื่น T
    -ความยาวปกติ 0.35 - 0.40 วินาที
    -ยาวกว่าปกติในรายที่กล้ามเนื้อหัวใจอักเสบ หัวใจล้มเหลว
11. คลื่น U เป็นคลื่นบวกตามหลังคลื่น T ปกติ พบได้น้อย
    -ปกติจะไม่พบความสูงไม่เกิน 1 มม.

การทำงานของหัวใจเป็นไปอย่างอัตโนมัติเพื่อสร้างแรงดันโลหิตกระจายไปทั้งในระบบ อย่างไรก็ดี การเต้นของหัวใจ จะอยู่ภายใต้การควบคุมของระบบประสาทอัตโนมัติ เพื่อรักษาความดันให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายในขณะนั้น ๆ

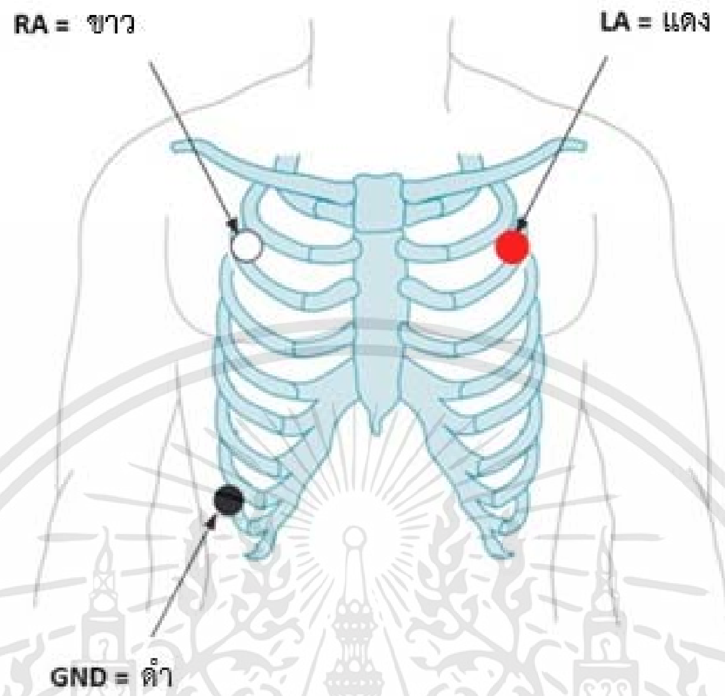


รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจปกติ [11]

2.3.3 ตำแหน่งการติดเซนเซอร์ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) [12]

การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) เป็นหนึ่งในวิธีการตรวจสอบทางการแพทย์ที่มีประโยชน์มาก โดยอิเล็กโทรดเซนเซอร์ที่ติดอยู่บริเวณหน้าอกและ / หรือบริเวณแขนขา จะบันทึกการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นความแตกต่างที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นรูปสัญญาณเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การติดเซนเซอร์แบบ 3 อิเล็กโทรด

2.3.3.1 การติดเซนเซอร์แบบ 3 อิเล็กโทรด

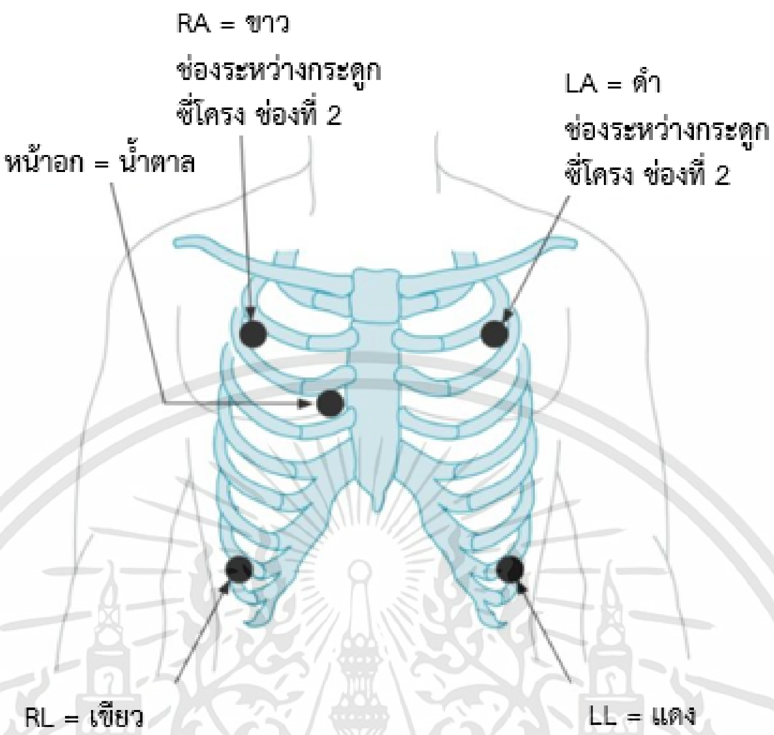
- ใช้อิเล็กโทรด 3 ตัว (RA, LA และ LL) ที่ 3 ตำแหน่ง แสดงตามรูปที่ 2.7
- แสดงผลเป็นแบบ ไบโพลาลีด (Bipolar leads) (I, II และ III)

เพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุด - ควรติดอิเล็กโทรดบนแผ่นหน้าอกให้มีระยะห่างจากหัวใจที่เท่ากัน (ได้ผลดีกว่าติดในตำแหน่งเฉพาะบริเวณแขนขา)

2.3.3.2 การติดเซนเซอร์แบบ 5 อิเล็กโทรด

- ใช้อิเล็กโทรด 5 ตัว (RA, RL, LA, LL และ หน้าอก) ที่ 5 ตำแหน่ง ตามรูปที่ 2.8
- แสดงผลเป็นแบบ ไบโพลาลีด (Bipolar leads) (I, II และ III)
- และลีดเดี่ยวที่ไม่เป็นแบบไบโพลา (ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของลีดสีน้ำตาล ที่ติดหน้าอก : ตำแหน่ง V1-6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

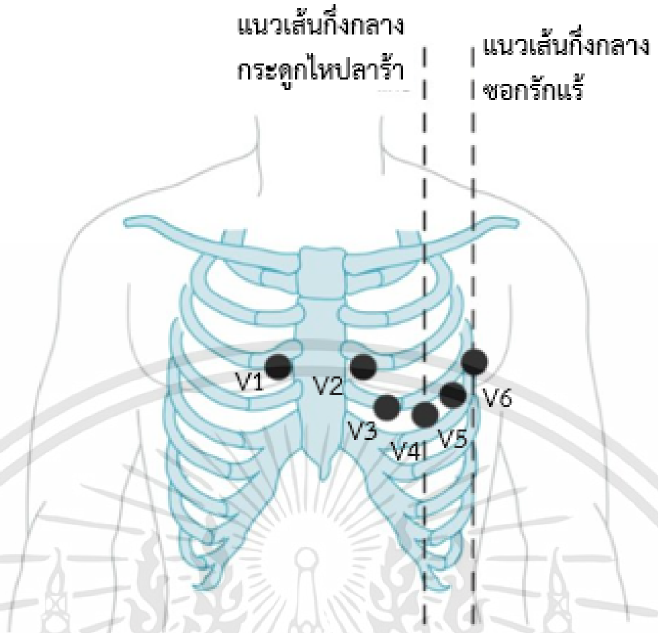


รูปที่ 2.8 การติดเซนเซอร์แบบ 5 อิเล็กโทรด [11]

2.3.3.3 การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) แบบ 12 ลีด

- ใช้อิเล็กโทรดทั้งหมด 10 ตัว สำหรับการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) แบบ 12 ลีด
    - อิเล็กโทรด 4 ตัว ติดที่บริเวณแขนขา (RA, LL, LA, RL) และอีก 6 ตัว ติดที่บริเวณตำแหน่งใกล้หัวใจ (V1-6) ตามรูปที่ 2.9
- แสดงผลเป็นแบบ 12 ลีด ประกอบด้วย (V1-6), (I, II, III) และ (aVR, aVF, aVL)
- ใช้แปลความหมายของพื้นที่เฉพาะในส่วนของหัวใจ
    - ด้านล่าง (II, III, aVF) ด้านข้าง (I, aVL, V5, V6) ด้านหน้า (V1-4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งการติดเซนเซอร์ V1-6 แบบ 12 ลีด [11]

2.3.3.4 ตำแหน่งของเซนเซอร์(ลีด)หน้าของหัวใจ แบบ 12 ลีด (รูปที่ 2.9 และตาราง 2.2)

V1 : ช่องระหว่างกระดูกซี่โครง (Intercostal space : ICS) ช่องที่ 4, แนวขอบด้านขวาของกระดูกสันอก

V2 : ช่องระหว่างกระดูกซี่โครง (ICS) ช่องที่ 4 แนวขอบด้านซ้ายของกระดูกสันอก

V4 : ช่องระหว่างกระดูกซี่โครง (ICS) ช่องที่ 5, แนวเส้นกึ่งกลางกระดูกไหปลาร้าด้านซ้ายมือ

V3 : กึ่งกลางระหว่าง V2 และ V4

V5 : ช่องระหว่างกระดูกซี่โครง (ICS) ช่องที่ 5, ก่อนหน้าแนวเส้นกึ่งกลางซอกรักแร้ (ระดับเดียวกันและถัดมาจาก V4)

V6 : ช่องระหว่างกระดูกซี่โครง (ICS) ช่องที่ 5, แนวเส้นกึ่งกลางซอกรักแร้ (ระดับเดียวกับ V4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2 ตำแหน่งการติดเซนเซอร์(อิเล็กโทรด)ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และสัญลักษณ์สี [11]

อิเล็กโทรด	สัญลักษณ์สี	ตำแหน่ง	ระบบที่ใช้
RA	สีขาว (หิมะ)	แขนขวา	3-อิเล็กโทรด, 5-อิเล็กโทรด, ECG 12 ลีด
LA	สีดำ (ควัน)	แขนซ้าย	3-อิเล็กโทรด, 5-อิเล็กโทรด, ECG 12 ลีด
LL	สีแดง (เพลิง)	ขาซ้าย	3-อิเล็กโทรด, 5-อิเล็กโทรด, ECG 12 ลีด
RL	สีเขียว (หญ้า)	ขาขวา	5-อิเล็กโทรด, ECG 12 ลีด
C	สีน้ำตาล	กลางอกเหนือกระดูกสันอก	5-อิเล็กโทรด
V1	สีแดง	ช่องกระดูกซี่โครง (ICS) ช่องที่ 4 แนวขอบด้านขวาของกระดูกสันอก	ECG 12 ลีด
V2	สีเหลือง	ช่องกระดูกซี่โครง (ICS) ช่องที่ 4 แนวขอบด้านซ้ายของกระดูกสันอก	ECG 12 ลีด
V3	สีเขียว	ระหว่าง V2 และ V4	ECG 12 ลีด
V4	สีฟ้า	ช่องกระดูกซี่โครง (ICS) ช่องที่ 5 แนวเส้นกึ่งกลางกระดูกไหปลาร้า ด้านซ้ายลำตัว	ECG 12 ลีด
V5	สีส้ม	ช่องกระดูกซี่โครง (ICS) ช่องที่ 5 ด้านซ้ายลำตัว ระหว่าง V4 และ V6	ECG 12 ลีด
V6	สีม่วง	ช่องกระดูกซี่โครง (ICS) ช่องที่ แนวเส้นกึ่งกลางซอกรักแร้ ด้านซ้ายลำตัว	ECG 12 ลีด

2.4 การวัดสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้ว (Photoplethysmogram : PPG) [13]

พีพีจี (PPG) คือการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของเลือด โดยเฉพาะที่บริเวณส่วนปลายของร่างกาย (เช่นปลายนิ้วมือ, นิ้วเท้า ฯลฯ) การตรวจนี้ทำโดยการดูดซึมคลื่นแสงความเข้มต่ำ (สีแดงหรืออินฟาเรด) ที่ผิวของผิวหนังโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า พัลส์ ออกซิเมทริ (Pulse oximetry) อุปกรณ์นี้ประกอบด้วยสองส่วน :

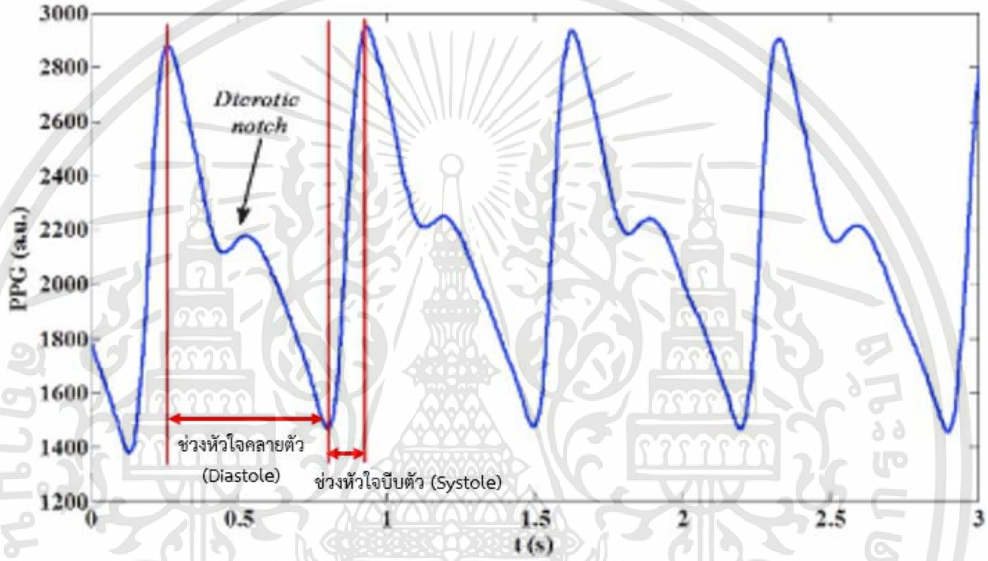
1. ออปติคอล ทรานสดิวเซอร์ (Optical Transducer) : ตัวแปลงสัญญาณเป็นกลไกในการแปลงข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลลอิเล็กทรอนิกส์ให้เป็นข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ เทอร์มิสเตอร์เป็นหนึ่งในตัวอย่างที่พบได้บ่อยที่สุดของตัวแปลงสัญญาณ เทอร์มิสเตอร์ทำงานโดยการแปลงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นค่าความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าซึ่งสามารถนำมาปรับเทียบกับอุณหภูมิอื่น ๆ ได้ เนื่องจากรูปคลื่นของ PPG ถูกจับโดยการดูดกลืนแสงดังนั้นตัวแปลงแสงจึงใช้พลังงานจากโฟตอน (อนุภาคแสง) เพื่อสร้างการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า ส่วนใหญ่มีสองส่วนของตัวแปลงสัญญาณแสง: ประกอบด้วยไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งปล่อยแสงทั้งสีแดงหรือสีแดงเข้มขึ้นอยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอพพลิเคชั่นและเครื่องตรวจจับแสง (Photo Detector : PD) เพื่อตรวจจับว่าแสงถูกส่งหรือสะท้อนหรือไม่ [14]

2. วงจรการประมวลผลเบื้องต้น (Pre-Processing Circuits) : ส่วนใหญ่ประกอบด้วยตัวแปลงสัญญาณเพื่อสร้างรูปคลื่น PPG จากแสงที่ถ่ายโดยใช้เครื่องตรวจจับรูปตัวขยายสัญญาณโดยการแปลงกระแสเป็นแรงดันไฟฟ้า

สัญญาณ PPG จะขึ้นอยู่กับจังหวะการทำงานของหัวใจ คือ ช่วงบีบตัวและคลายตัวของหัวใจ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างของสัญญาณ PPG ที่นิ้วมือ [13]

2.4.1 การประยุกต์ใช้งานสัญญาณ PPG

สัญญาณ PPG ส่วนใหญ่มักใช้ในการประเมินระบบหัวใจและหลอดเลือดต่าง ๆ บางส่วนของพารามิเตอร์ทางสรีรวิทยา ที่สัญญาณ PPG ถูกนำไปใช้ในการแพทย์ อาทิเช่น :

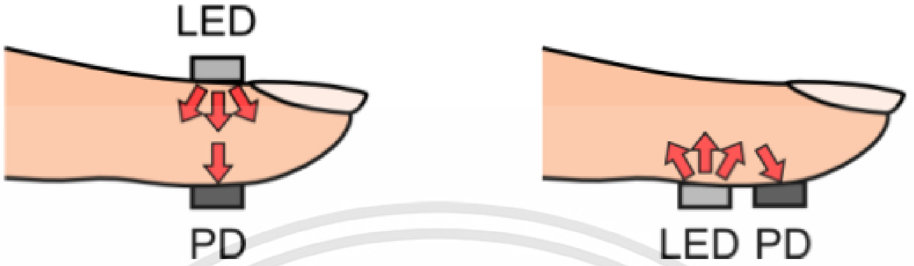
- การตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (HR)
- ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO2)
- การวัดความดันโลหิต (BP)
- การตรวจวัดการไหลเวียนโลหิต (CO)
- การประเมินความหนืดของเส้นเลือด

2.4.2 ลักษณะการสะท้อนและส่งสัญญาณ PPG

PPG แบบสวมได้มีสองโหมด [15] - การส่งผ่านและการสะท้อนแสง - ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ในโหมดการส่งสัญญาณแสงที่ส่งผ่านสื่อจะถูกตรวจจับโดย PD ตรงข้ามกับแหล่งกำเนิดแสง LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่อยู่ในโหมดการสะท้อนแสง PD จะตรวจจับแสงที่อยู่ด้านหลัง – การกระจัดกระจายหรือสะท้อนจากเนื้อเยื่อ, กระดูกและ / หรือเส้นเลือด



รูปที่ 2.11 โหมดส่องผ่านและสะท้อนแสง (PPG) – ไดโอดเปล่งแสง (LED) และตัวตรวจจับแสง(PD) [15]

โหมดการรับส่งสัญญาณสามารถรับสัญญาณได้ค่อนข้างดี แต่พื้นที่วัดอาจมีข้อจำกัด เพื่อให้มีประสิทธิภาพเซ็นเซอร์ต้องอยู่ในร่างกายในตำแหน่ง ซึ่งสามารถตรวจพบแสงที่ส่องได้ เช่นปลายนิ้ว, เยื่อบุโพรงจมูก, แก้ม, ลิ้น หรือใบหูส่วนล่าง การติดเซนเซอร์บริเวณเยื่อบุโพรงจมูก, แก้มหรือลิ้น จะใช้ได้ผลในสภาะที่ผู้เข้ารับการตรวจไม่รู้สึกตัว ปลายนิ้วและใบหูส่วนล่างเป็นตำแหน่งที่ต้องการใช้ตรวจสอบ อย่างไรก็ตามตำแหน่งเหล่านี้ก็มีข้อจำกัดของการกำซาบเลือด นอกจากนี้ปลายนิ้วและใบหูส่วนล่างยังไวต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง เช่น อุณหภูมิต่ำหรือสูง (เช่น บุคลากรทางทหารหรือนักกีฬาในระหว่างการฝึก) ข้อเสียที่เป็นประเด็นสำคัญ คือเซ็นเซอร์ปลายนิ้วถูกรบกวนจากการเคลื่อนไหว

โหมดการสะท้อนช่วยขจัดปัญหาเกี่ยวกับการติดเซนเซอร์และสามารถใช้วัดในตำแหน่งต่าง ๆ ได้ อย่างไรก็ตาม PPG ในโหมดสะท้อนจะได้รับผลกระทบจากการเคลื่อนไหวและความกดดันจากแรงกดดัน การเคลื่อนไหวใด ๆ เช่น การออกกำลังกายอาจนำไปสู่การเคลื่อนไหวที่ทำให้สัญญาณ PPG ถูกรบกวน และเป็นข้อจำกัดความถูกต้องแม่นยำในการวัดค่าพารามิเตอร์ทางสรีรวิทยา แรงดันที่เกิดขึ้นกับหัววัด เช่น แรงสัมผัสระหว่างเซ็นเซอร์ PPG กับตำแหน่งที่วัด สามารถทำให้รูปทรงของเส้นเลือดแดงเปลี่ยนไปเมื่อถูกบีบอัด ดังนั้นสัญญาณสะท้อน PPG, AC แอมพลิจูด อาจได้รับผลกระทบจากแรงดันที่เกิดขึ้นบนผิว

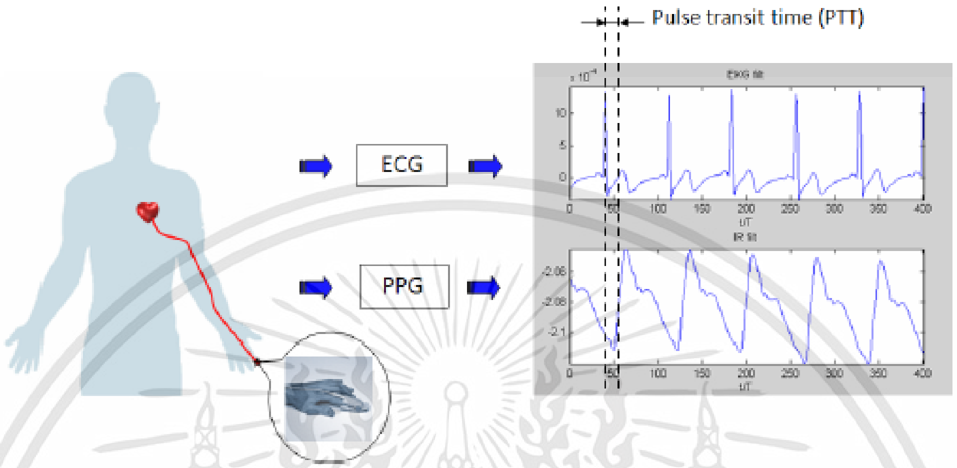
2.5 ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นชีพจร (Pulse Transit Time : PTT) [16]

ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นชีพจร (Pulse Transit Time : PTT) หมายถึงเวลาที่คลื่นชีพจรใช้เพื่อออกจากหัวใจและไปถึงตำแหน่งที่วัด PPG (Photoplethysmogram) นอกจากนี้ควรทราบว่าระยะทางระหว่างตำแหน่งที่วัดกับหัวใจมีผลกระทบน้อยมากกับความผิดพลาดในการวัด (ในโดเมนเวลา) เพื่อกำหนดเป็นค่า PTT ด้วยเหตุนี้คลื่นพัลส์จะถูกวัดที่ปลายนิ้ว [16]

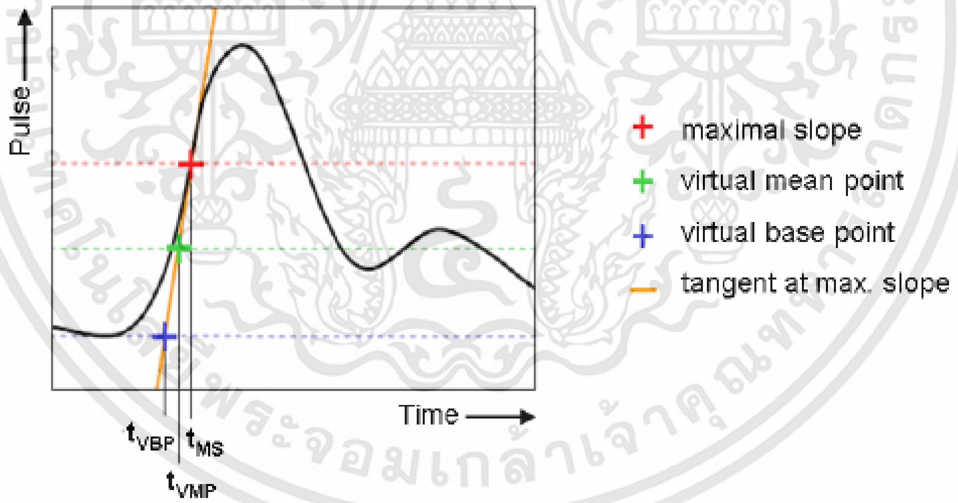
ดังแสดงในรูปที่ 2.12 สามารถหาค่า PTT ได้ โดยการคำนวณค่าความแตกต่างของเวลาระหว่างคลื่น R-Wave หรือ QRS Complex ของสัญญาณ ECG และจุดฐาน p-base หรือจุดฐานเสมือนของสัญญาณ PPG จุดระหว่างสัมผัสกับคลื่นชีพจรที่จุดที่มีความลาดชันสูงสุดระหว่างการเพิ่มขึ้นของช่วงหัวใจบีบตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Systolic) และเส้นแนวนอนจะผ่านจุดที่ต่ำสุด ตามรูปที่ 2.13 ข้อดีหลักของการใช้จุด p-base ในการคำนวณ PTT คือจุด p-base ที่กำหนดไว้สองจุดในคลื่นชีพจร, จะให้ความมั่นใจในเรื่องของสัญญาณรบกวนที่น้อยลงและความแน่นอนแม่นยำ



รูปที่ 2.12 การวัดระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นชีพจร (PTT) จาก ECG และ PPG [16]



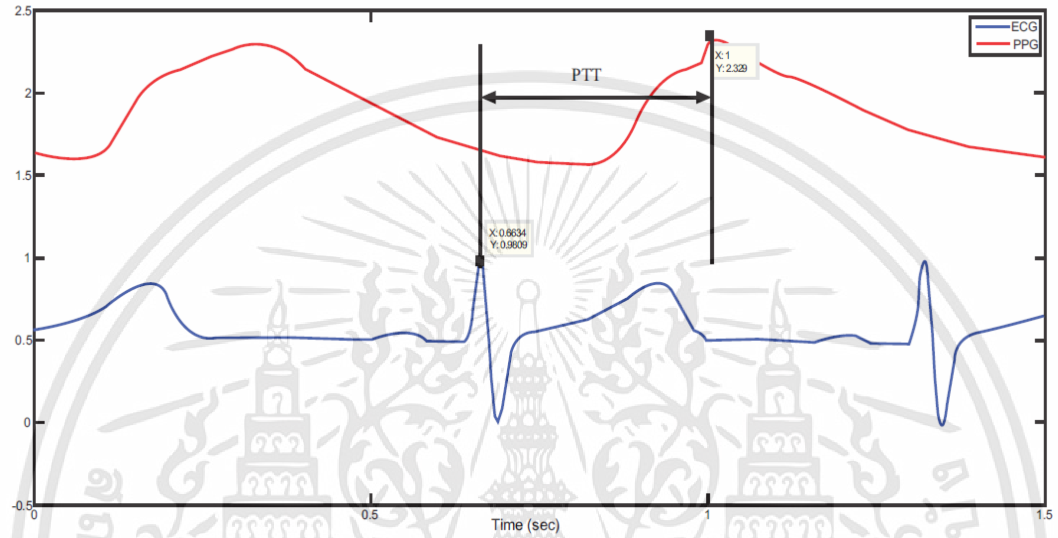
รูปที่ 2.13 การกำหนดจุดเสมือนจุดฐาน หรือจุด p-base ในคลื่นชีพจร [16]

เนื่องมาจากข้อจำกัดทางกายวิภาคและสรีรวิทยา เช่น ชีพจรที่ต่ำสุด / สูงสุด ความเร็วคลื่นหรือความยาวของเส้นเลือด, PTT จะถูกจำกัด ให้อยู่ในช่วงที่กำหนดระยะห่างไว้ อาจใช้เพื่อยกเลิก PTT ที่ไม่ถูกต้อง ค่าที่เกิดจากการวัดค่าเสมือน ถ้าเราพิจารณาความเร็วคลื่นชีพจรต่ำสุด / สูงสุด 4m/s และ 20m/s ตามลำดับ ความยาวน้อยที่สุด / สูงสุดของการวัด 0.2 เมตรและ 1.5 เมตร ตามลำดับ และ

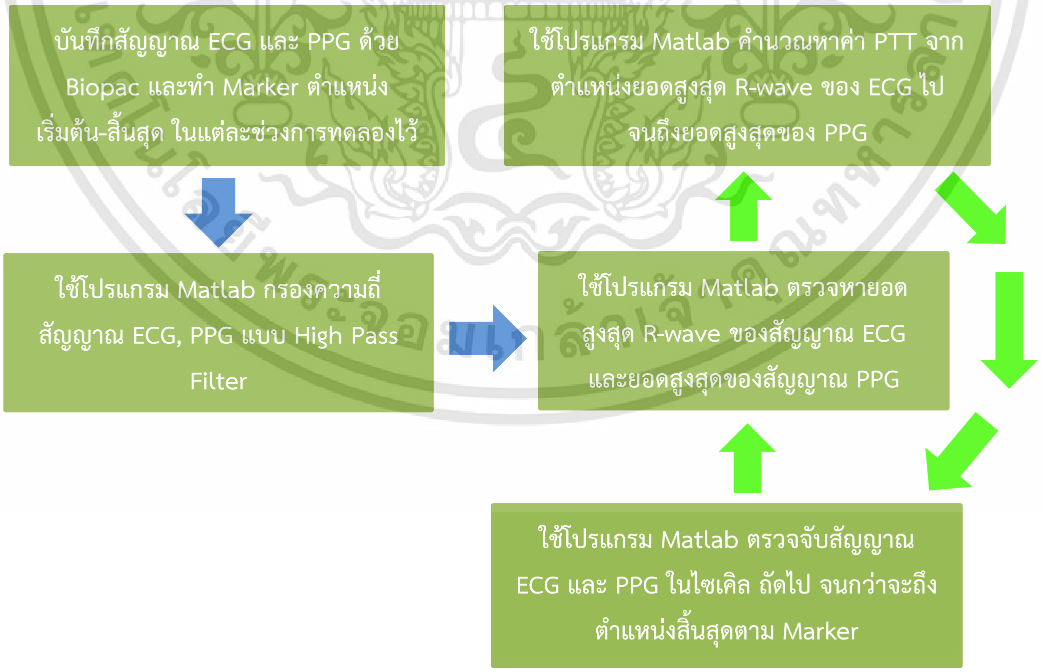
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาการพ่นออกล่วงหน้าสูงสุด (Pre Ejection Period : PEP) ซึ่งก็คือ PTT คำนวณจาก 0.1s แล้วเราจะได้รับ a ช่วงความถูกต้องของ PTT ตั้งแต่ 0.11 ถึง 0.475 วินาที [16]

ซึ่งการหาค่า PTT โดยทั่วไปสามารถหาได้ โดยการคำนวณค่าความแตกต่างของเวลาระหว่างคลื่น R-Wave ของสัญญาณ ECG จนถึงจุดสูงสุดระหว่างการเพิ่มขึ้นของช่วงหัวใจบีบตัว (Systolic) (จุดยอดสูงสุดของสัญญาณ PPG นั่นเอง) [32] ดังแสดงในรูปที่ 2.14 โดยมีขั้นตอนอธิบายได้ตามแผนผังที่ 2.2



รูปที่ 2.14 แสดงการหาค่า PTT จากยอดสูงสุดของ R-wave ถึงยอดสูงสุดของสัญญาณ PPG [32]



แผนผังที่ 2.2 ขั้นตอนการหาค่า PTT จากสัญญาณ ECG และ PPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การทดสอบความเครียดทางสังคม (Trier Social Stress Test : TSST) [17]

ปัจจุบันในชีวิตของเราเราต้องเผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ นับไม่ถ้วนซึ่ง เราได้รับการสังเกตและประเมินผลจากผู้ที่เรามีปฏิสัมพันธ์ด้วยและสังคมรอบข้าง การคุกคามที่เกิดจากการประเมินทางสังคมมักเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาความเครียดในทางสรีรวิทยาอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มระดับคอร์ติซอล อย่างไรก็ตามตัวแปรทางสังคมไม่เพียง แต่ทำให้เกิดความเครียดเท่านั้น แต่ยังสามารถยับยั้งการตอบสนองความเครียดทางระบบประสาทสรีรวิทยา นอกจากนี้ตัวแปรทางสังคมอาจได้รับผลกระทบจากภัยคุกคามหรือการตอบสนองต่อความเครียดทางระบบประสาทสรีรวิทยาที่เป็นภัยคุกคาม

เพื่อศึกษาความซับซ้อนของการคุกคามด้านการประเมินทางสังคมกระบวนการทางสังคมและการตอบสนองต่อความเครียดทางระบบประสาทสรีรวิทยาต้องใช้กระบวนทัศน์ที่ (ก) ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการประเมินทางสังคมในระดับสูงและ (ข) ปรับตัวได้อย่างมากกับความต้องการของนักวิจัย

การทดสอบความเครียดทางสังคม (TSST) เป็นกระบวนทัศน์ที่ดีในการรักษาโรคทางชีววิทยาที่ก่อให้เกิดภัยคุกคามทางสังคมในห้องปฏิบัติการ โดยการทำให้ผู้เข้าร่วมการสัมภาษณ์งานทำแบบจำลอง ในการทบทวนนี้เรามุ่งเน้นที่จะแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ TSST ในการศึกษาความซับซ้อนของการคุกคามทางสังคมการประเมินกระบวนการทางสังคมและการตอบสนองต่อความเครียดทางระบบประสาทสรีรวิทยา

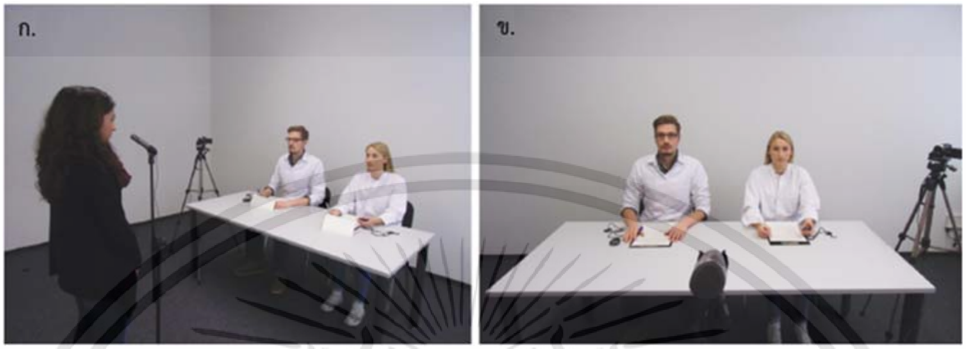
2.6.1 รูปแบบของการทดสอบความเครียดทางสังคม TSST

โดยสรุป TSST [18] สามารถอธิบายได้ว่าเป็นการสัมภาษณ์งาน ผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับคำแนะนำให้จินตนาการว่าได้มาสมัคร "งานในฝัน" ของตนและได้รับเชิญให้เข้าร่วมการสัมภาษณ์งาน (ดูรูปที่ 2.15) TSST ประกอบด้วยขั้นตอนต่อเนื่องสามช่วงคือ 1.) ระยะเวลาการเตรียมตัว (3 นาที), 2.) ให้การพูดแสดงความคิดเห็นทั่วไป ซึ่งผู้เข้าร่วมประชุมต้องแสดงความเห็นว่า “เหตุใดพวกเขาจึงเป็นผู้สมัครที่ดีที่สุดสำหรับงานที่พวกเขาต้องการสมัคร” (5 นาที) และ 3.) คิดคำนวณในใจ ซึ่งผู้เข้าร่วมต้องลบเลขสองหลักแปลก ๆ ออกจากเลขสี่หลักที่แปลก ๆ (เช่น 17 จาก 2023 ; 5 นาที) กิจกรรมทั้งสองอย่างนี้ จะต้องดำเนินการต่อหน้าคณะกรรมการคัดเลือก (สมาชิกหญิงและชายสองคนหรือสามคน) แต่งตัวโดยใส่เสื้อคลุมที่ใช้ในห้องแลปสีขาวทำหน้าที่ในลักษณะที่เป็นผู้สังเกตการณ์และไม่ต้องให้ข้อเสนอแนะหรือแสดงอาการใด ๆ ทางสีหน้าหรือวาจา นอกจากนี้ผู้เข้าอบรมจะต้องถูกบันทึกวิดีโอเทป และได้รับแจ้งว่าจะมีการประเมินผลการปฏิบัติและจะทำการวิเคราะห์เสียงของพวกเขาด้วย [18]

พบว่า TSST สามารถกระตุ้นแกนความเครียด (Hypothalamic-pituitary-adrenal : HPA) ได้อย่างน่าเชื่อถือและกระตุ้นการปล่อยฮอร์โมนความเครียดคอร์ติซอล 2-3 เท่า (เมื่อเปรียบเทียบกับสถาวะควบคุมที่ไม่เกิดความเครียด) ในผู้เข้าร่วมประมาณ 70-80% [18], [19] นอกจากนี้ตัวบ่งชี้อื่น ๆ ยังยืนยันความสามารถในการกระตุ้นความเครียดของ TSST : กิจกรรมซิมพาเทติค-อะเดรนอล-เมดดูลลารี (Sympathetic-Adrenal-Medullary : SAM) - ความเครียดหลักอื่น ๆ นอกเหนือจากแกนความเครียด HPA – สามารถประเมินได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับหัวใจและหลอดเลือด [20] หรือ เอนไซม์อัลฟาในน้ำลาย [21] นอกจากนี้ TSST ยังแสดงให้เห็นว่ามีผลต่อค่าภูมิคุ้มกัน และนำไปสู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเครียดและความวิตกกังวล อย่างไรก็ตามเนื่องจากคอร์ติซอล เป็นตัวบ่งชี้ที่โดดเด่นและได้รับการยอมรับมากที่สุดในการตอบสนองทางสรีรวิทยาในการวิจัยของ TSST [18] เราจะเน้นที่คอร์ติซอล เป็นตัวบ่งชี้การตอบสนองต่อความเครียดทางระบบประสาทสรีรวิทยา



รูปที่ 2.15 (ก.) การทดสอบความเครียดทางสังคม (TSST) (ข.) คณะผู้สังเกตการณ์ [17]

นอกจากนี้ TSST ยังได้รับการปรับให้เข้ากับกลุ่มอายุที่ต่างกัน Buske-Kirschbaum A. และคณะได้พัฒนา TSST [22] สำหรับเด็กอายุระหว่าง 7 ถึง 14 ปี แทนที่การสมมติสถานการณ์สัมภาษณ์งาน เด็กจะได้รับการบอกกล่าวถึงจุดเริ่มต้นของเรื่อง แล้วจากนั้นเด็ก ๆ จะถูกร้องขอให้บอกจุดสิ้นสุดต่อหน้าคณะกรรมการ ซึ่งตรงกันข้ามกับ TSST ฉบับดั้งเดิม โดยให้ใช้คำพูดที่เป็นเชิงบวกกับเด็กและไม่ใช้คำพูดในเชิงว่ากล่าว การคำนวณคณิตศาสตร์ในใจ ยังสามารถปรับให้เข้ากับทักษะการคำนวณของเด็ก ในการตรวจสอบผู้ใหญ่ที่อายุมากขึ้น (วัยเกษียณ) โจทย์ในการสัมภาษณ์งานอาจเปลี่ยนไปเล็กน้อย เช่น เพื่อเป็นสมัครงานนอกเวลา (การดูแลเด็กดูแลทำความสะอาด) [18] ในกลุ่มอายุสองกลุ่มนี้ TSST ยังช่วยเพิ่มคอร์ติซอล [22], [23] อย่างไรก็ตามในเด็กพบว่าระดับการตอบสนองของคอร์ติซอล ลดลง 30-50% เมื่อเทียบกับการตอบสนองคอร์-ติซอล ในผู้ใหญ่ [22]

2.6.2 การใช้ TSST เพื่อศึกษาการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางสังคมและระบบประสาท

การศึกษาที่ใช้ TSST เพื่อทดสอบการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางสังคมและทางสรีรวิทยา เพื่อตอบสนองต่อภัยคุกคาม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือการตรวจสอบแบบแรก เป็นการตรวจสอบที่ใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรทางสังคม (หรือการแสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับตัวแปรทางสังคม) ปฏิกิริยาความเครียดทางระบบประสาทสรีรวิทยาจะตอบสนองต่อภัยคุกคามทางสังคม ในการศึกษาเหล่านี้การตอบสนองของคอร์ติซอล ไปยัง TSST จะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลัก การตรวจสอบแบบที่สองจะมุ่งเน้นไปที่ทิศทางย้อนกลับ ที่ใช้ TSST ในการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงในการตอบสนองทางระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการคุกคาม - ส่วนใหญ่จะเพิ่มระดับของคอร์ติซอล เพื่อตรวจสอบผลกระทบของกระบวนการทางสังคมเช่นพฤติกรรมของบุคคลหรือความรู้ความเข้าใจทางสังคม (เช่น "การคุกคามที่เกิดขึ้นจะยกระดับคอร์ติซอล ซึ่งมีผลต่อความทรงจำทางสังคมหรือพฤติกรรมทางสังคมหรือไม่? ") ดังนั้นในการศึกษานี้ พฤติกรรมของบุคคลหรือความรู้ความเข้าใจทางสังคมจะเป็นตัวแปรตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 การวัด PTT แบบไม่รุกรานอย่างต่อเนื่องสำหรับการเฝ้าระวังความกดดันทางจิตใจ (Continuous noninvasive Pulse Transit Time Measurement for Psycho-physiological Stress Monitoring) [16]

ในปี ค.ศ. 2009 นักวิจัยชาวเยอรมัน คุณสเตฟาน เฮย์ (Stefan Hey) และคณะ ได้ทำการวัด PTT โดยการวิเคราะห์ช่วงเวลาที่แตกต่างกันระหว่างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) กับสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) ในระหว่างที่ทำการทดสอบความเครียดทางสังคม (Trier Social Stress Test : TSST) กับ นักเรียนมัธยมปลาย 20 คน และมีข้อมูลที่มีปัญหาเป็นสัญญาณเสียไม่สามารถนำมาใช้ได้ถึง 8 ชุด ซึ่งปัญหาหลัก ๆ มาจากสัญญาณ PPG ที่มีผลกระทบมาจากการขยับมือของอาสาสมัคร ซึ่งเหลือข้อมูลของอาสาสมัครที่สามารถนำว่าวิเคราะห์ได้ 12 คน (เพศชาย 6 คน และเพศหญิง 6 คน)

ในการทดลองมีการแบ่งการบันทึกสัญญาณต่าง ๆ (ECG, PPG, GSR และการหายใจ) เป็นช่วงการทดลองในแต่ละเฟส ดังนี้ 1.) พัก 5 นาที (Baseline phase), 2.) 20 นาที สำหรับช่วงเตรียมตัวและช่วงทำการทดสอบ TSST และ 3.) กลับมาอีกพัก 3 นาที (Recovery phase) โดยมีผลการทดลองที่ผ่านการทดสอบทางสถิติแบบ Paired samples t-test แบบมีนัยสำคัญ ระหว่าง Baseline และ TSST ($t=8.77$, $p=.001$)

ผลการทดลองที่ผู้วิจัยสนใจและเกี่ยวของกับงานวิจัยนี้ คือค่าเฉลี่ยของ PTT ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเฟส เมื่อเทียบกับ Baseline พอจะสรุปได้ใน ตาราง 2.3

ตาราง 2.3 ค่า %ของการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย PTT ในแต่ละเฟสเมื่อเปรียบเทียบกับ Baseline [16]

	Baseline	Anticipation	TSST	Recovery
Heart Rate(bpm)	92.54	99.89	106.73	92.48
PTT (ms)	201.20	191.30	178.30	200.00

	Baseline	Anticipation	TSST	Recovery
Delta Heart Rate from Baseline		7.94%	15.33%	-0.06%
Delta PTT from Baseline		-4.92%	-11.38%	-0.60%

จากตาราง 2.3 ทำให้เห็นว่า ช่วงเตรียมตัว (Anticipation) ค่าเฉลี่ยของ PTT จะลดลงจากช่วงพัก 5 นาที (Baseline) ประมาณ 4.92% และ ช่วงทำการทดสอบ TSST จะลดลงประมาณ 11.38% ส่วนช่วงพัก 3 นาที หลังจากทำการทดสอบ TSST (Recovery) จะลดลงประมาณ 0.60% เท่านั้น

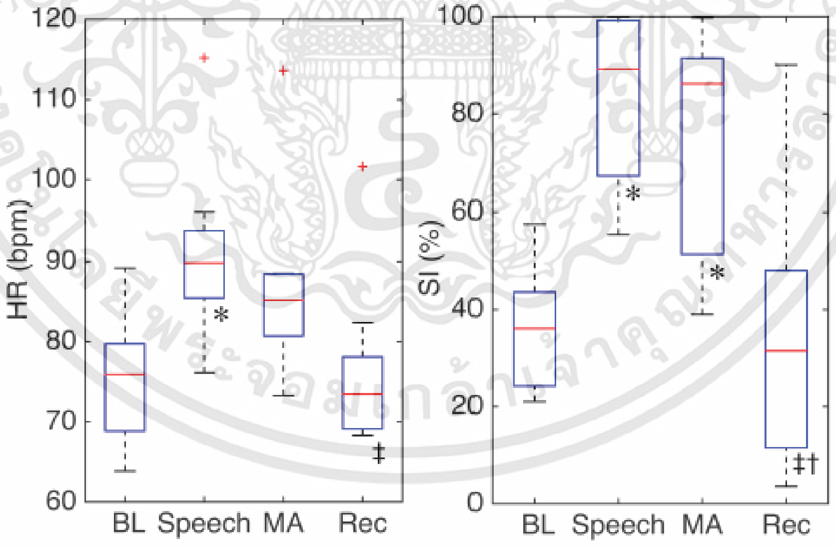
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การวัดแรงกดดันทางด้านจิตใจด้วยไบโอเซนเซอร์ไร้สายแบบแปะติด (Psychological acute stress measurement using a wireless adhesive biosensor) [24]

ในปี ค.ศ. 2015 นักวิจัยในประเทศสหรัฐอเมริกาคุณนานดาคูมาร์ เสวราจ (Nandakumar Selvaraj) และคณะได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ เฮล์ทแพทช์ เซนเซอร์ (HealthPatch Sensor) วัดค่าดัชนีความเครียด (Stress Index : SI) กับอาสาสมัครจำนวน 11 คน อายุระหว่าง 30-64 ปี (เพศหญิง 6 คน, เพศชาย 5 คน) โดยติด HealthPatch Sensor ไว้ที่หน้าอก ตามแนวแกนคาดิแอค (Cardiac axis) เพื่อใช้บันทึกสัญญาณ ECG (Lead II) ในระหว่างการทำการทดสอบความเครียดทางสังคม (Trier Social Stress Test : TSST)

ในขั้นตอนในการทำการทดลองต้องมีการกรอกแบบฟอร์ม State anxiety-Y1 และทำแบบสอบถาม State Anxiety Inventory questionnaire (sSTAI), เก็บน้ำลายเพื่อตรวจค่าเอนไซม์อัลฟ่า (sAA) และฮอร์โมนความเครียดคอร์ติซอล (sC) โดย HealthPatch Sensor จะบันทึกข้อมูลเป็นแบบไร้สาย

การวิเคราะห์ข้อมูลผ่านคะแนนแบบสอบถาม sSTAI ระหว่างการทดสอบ TSST เมื่อเปรียบเทียบกับ Baseline เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ค่า $p<0.001$) แต่ในค่าเอนไซม์อัลฟ่า (sAA) และ ฮอร์โมนความเครียดคอร์ติซอล (sC) ไม่เห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ค่า $p=0.281$ และค่า $p=0.792$ ตามลำดับ) แต่ในขณะเดียวกันค่าดัชนีความเครียด (SI Metric) ของ HealthPatch Sensor ในระหว่างการทดสอบ TSST เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ค่า $p<0.001$) (เพิ่มขึ้นประมาณ 50%) ดังแสดงในรูป 2.16



Note : *, P< 0:05 compared to BL;

‡, P< 0:05 compared to speech;

†, P< 0:05 compared to MA.

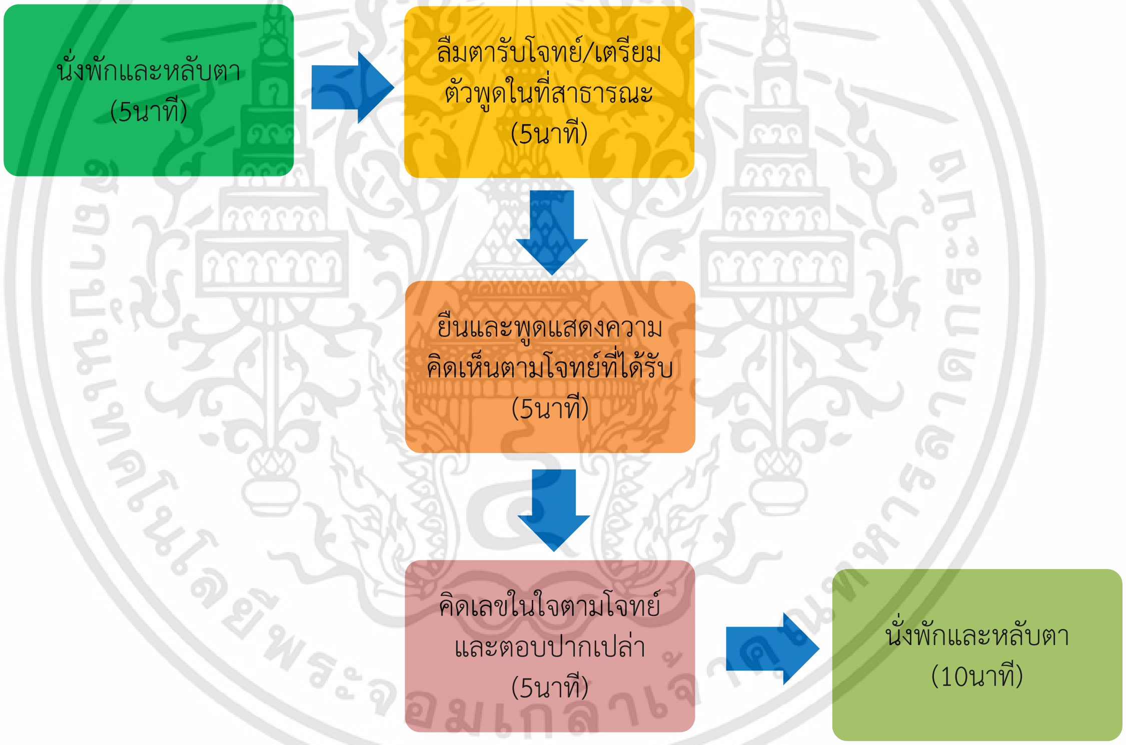
รูปที่ 2.16 ค่า HR และค่า SI จาก HealthPatch ข้อมูลจากอาสาสมัคร 9 คน [24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบการทดลอง

ในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบการทดลองการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นชีพจร (Pulse Transit Time : PTT) หลังจากเกิดสภาวะกดดันทางจิตใจ โดยใช้การทดสอบความเครียดทางสังคม (Trier Social Stress Test : TSST) เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงกระตุ้น โดยบันทึกข้อมูลผ่านเครื่องวัดสัญญาณทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (BiopacTM System MP36) เพื่อนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์ (Matlab) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของ PTT ในแต่ละสภาวะของการทดลอง เพื่อสรุปผลการทดลองต่อไป

3.1 ขั้นตอนในการทดลองทั้งหมด

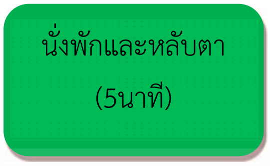


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลอง เพื่อกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ

กระบวนการการกระตุ้นให้เกิดสภาวะกดดันออกแบบขึ้นมาแสดงในรูป 3.1 ระบบใช้หลักการของการทดสอบความเครียดทางสังคม (Trier Social Stress Test : TSST) ที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 (ข้อ 2.6) โดยสัญญาณที่ได้จากเครื่องวัดสัญญาณทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (BiopacTM system MP36) จากนั้นนำมาประมวลผลและวิเคราะห์ผ่านคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม ทางคณิตศาสตร์ (Matlab)

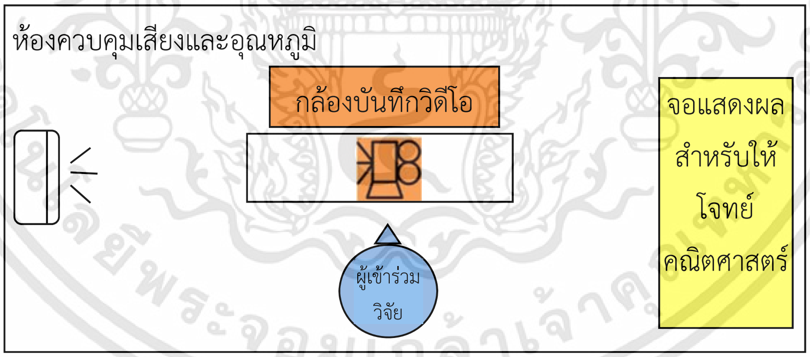
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนก่อนการกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนก่อนการกระตุ้นให้เกิดสภาวะกดดัน

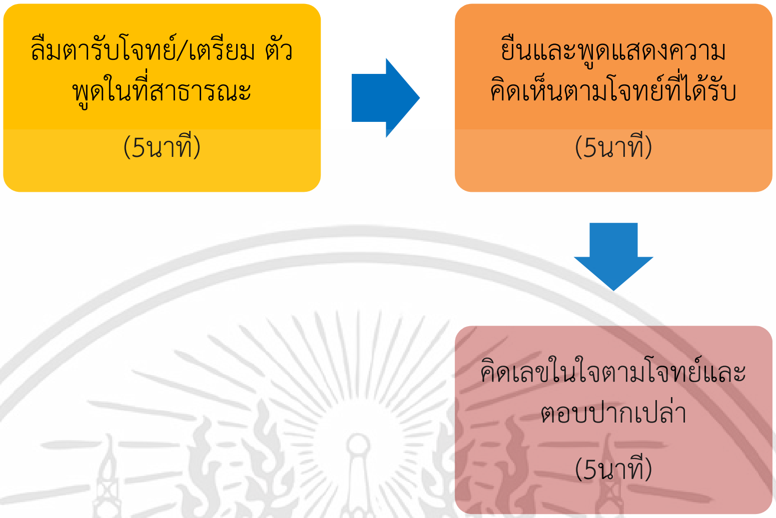
จากรูป 3.2 ก่อนการกระตุ้นให้เกิดสภาวะกดดันจะให้ผู้ที่เข้าร่วมการทดลองนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที [16] เพื่อบันทึกข้อมูลสัญญาณทางชีวภาพ (ECG, PPG) ในสภาวะ Baseline ในการทำการทดลองของอาสาสมัครแต่ละคน ในขณะที่อยู่ในขั้นตอนนี้ อาสาสมัครต้องไม่หลับและให้นั่งบนเก้าอี้ในท่าที่สบายที่สุดในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมไม่ร้อนหรือไม่หนาวจนเกินไป [17] ตามรูป3.3 ในระหว่างที่เก็บผลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และ สัญญาณออกซิเจนที่ปลายนิ้ว (PPG) อาสาสมัครจะต้องผ่อนคลายมากที่สุด เพื่อให้อาสาสมัครมีความพร้อมที่จะรับแรงกดดันต่อไปในขั้นตอนถัดไป การใช้ระยะเวลา 5 นาที [16] นั้นได้พัฒนามาจากการทดลองต่าง ๆ บางการทดลองใช้ระยะเวลาพัก เป็นเวลา 2-3 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่น้อยเกินไป เพราะระบบประสาทและระบบต่าง ๆ ในร่างกายยังไม่ได้รับการพักผ่อนอย่างเต็มที่ จึงต้องใช้ระยะเวลา 5 นาที ถ้าใช้ระยะเวลามากกว่านี้ผู้เข้าร่วมวิจัยอาจจะหลับได้ ซึ่งจะไม่เป็นผลดีต่อการเก็บสัญญาณ ECG, PPGเพื่อหาค่า PTT ที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป



รูปที่ 3.3 อาสาสมัครงานวิจัยนั่งพักและหลับตาเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ



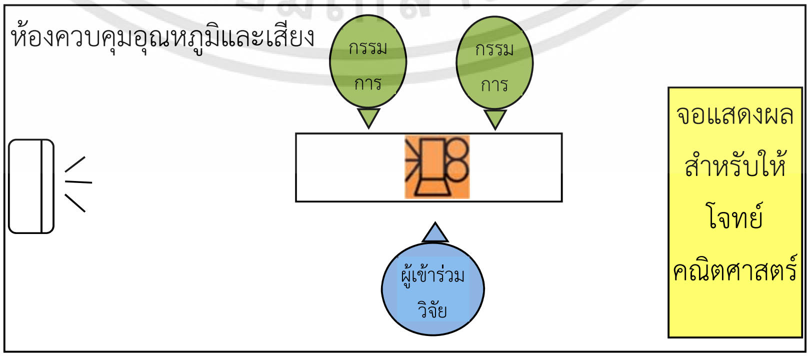
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการกระตุ้นให้เกิดสภาวะกดดัน

จากรูป 3.4 ในสภาวะการกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วงที่ทำให้อาสาสมัครเกิดแรงกระตุ้นดังนี้

3.3.1 การสร้างสถานการณ์การทดสอบความเครียดทางสังคม (TSST)

การทดสอบการสร้างความเครียดจากสังคม โดยหลักการที่ใช้ในการออกแบบอ้างอิงจากการทดลองจุลชีววิทยาของความเครียด [25] โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.เมื่ออาสาสมัครลืมตาและยังคงนั่งอยู่บนเก้าอี้ กรรมการจะนำกระดาษโจทย์ให้อาสาสมัคร 1 แผ่น โดยที่อาสาสมัครต้องใช้มือข้างที่ไม่ถนัด (ที่ไม่ได้ติดเซนเซอร์วัด PPG) จับกระดาษโจทย์ไว้ และ กรรมการจะทำการอ่านทวนโจทย์ เพื่อทำความเข้าใจกับอาสาสมัคร เมื่ออาสาสมัครเข้าใจแล้ว กรรมการทุกท่านจะออกจากห้องที่ทำการทดลองไป เพื่อให้อาสาสมัครได้คิด วิเคราะห์โจทย์ที่ให้ไป ตามรูป 3.5 จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.5 กรรมการให้โจทย์แก่ผู้ที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.จากนั้นจะให้อาสาสมัครนั่งเตรียมตัวพูด คิดและเรียบเรียงเรื่องที่จะพูดเพียงคนเดียวเป็นเวลา 5 นาที [26] ในระหว่างนี้จะต้องไม่มีผู้ใดมารบกวนอาสาสมัครเด็ดขาด เพราะจะได้สร้างสถานการณ์ให้เกิดความกดดันและอาสาสมัครก็ไม่สามารถจะถามคำถามใด ๆ ได้อีก เมื่อเกิดความสงสัยในโจทย์ที่ให้ไป และอาสาสมัครต้องเตรียมสิ่งที่จะพูดให้ได้ 5 นาที เมื่อครบ 5 นาทีในการเตรียมตัวจะมีเสียงเตือนจากนาฬิกาปลุก จากนั้นกรรมการจะเข้ามาให้ห้องที่ทำการทดลอง เพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

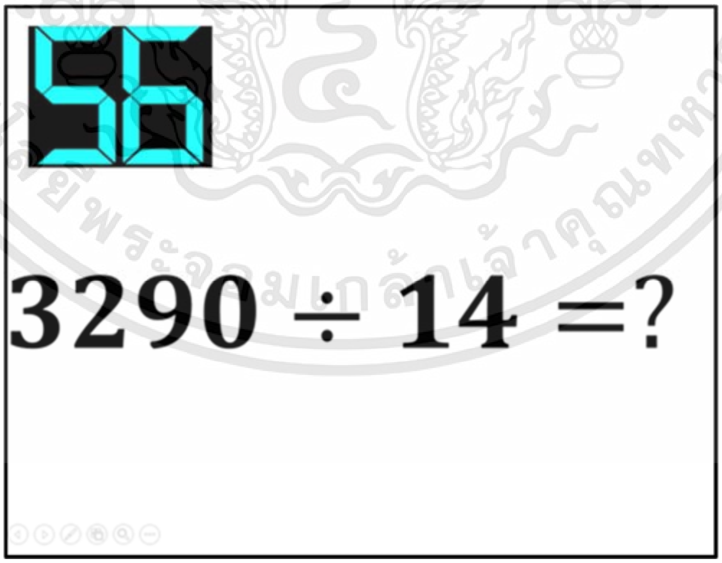
3.จากนั้นอาสาสมัครต้องยืนและคืนโจทย์ที่ถืออยู่ในมือ ณ เวลานี้อาสาสมัครไม่มีสิทธิ์ถามข้อมูลใด ๆ แล้ว ต้องจำโจทย์ที่ให้ไปให้ได้ เพื่อพูดตามโจทย์เป็นเวลา 5 นาที ในระหว่างที่พูด ถ้าผู้อาสาสมัครนิ่งหรือเงียบ กรรมการจะกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันเป็นระยะ เพื่อให้อาสาสมัครได้พยายามพูด โดยใช้ระยะเวลา 5 นาทีนั้นได้อย่างเต็มที่มากที่สุด หรือถ้าเมื่อไหร่อาสาสมัครพูดออกนอกเรื่อง กรรมการก็จะต้องเตือนให้อาสาสมัครพูดในโจทย์ที่ให้ไป เมื่อเสร็จขั้นตอนนี้ก็เป็นการจบการสร้างสถานการณ์การกดดันทางสังคม

3.3.2 การสร้างสถานการณ์การคำนวณคณิตศาสตร์ในใจ

หลังจากเสร็จขั้นตอนการสร้างสถานการณ์การกดดันทางสังคม ก็จะทำการเริ่มขั้นตอนการคำนวณคณิตศาสตร์ในใจทันที [27] เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดความกดดันอย่างต่อเนื่อง กรรมการจะอธิบายวิธีการคำนวณก่อนที่จะทำการคิดเลขจริงโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.กรรมการจะอธิบายการทำคณิตศาสตร์ก่อนการทำการทดลองจริงเพื่อให้อาสาสมัครเข้าใจ

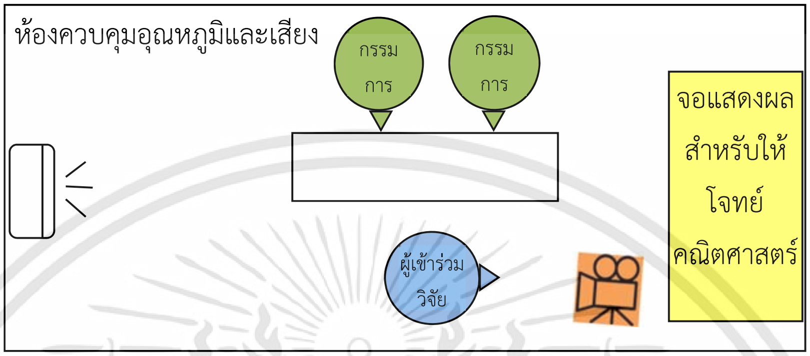
2.จากนั้นจะทำการฉายโจทย์ให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัยได้คิด โดยอาสาสมัครต้องคิดเลขในใจและพยายามตอบให้ได้อย่างน้อยข้อละ 1 ครั้ง โจทย์ที่ให้ไปจะเป็นโจทย์การหารที่ใช้เลขทั้งหมด 4 หลัก หารด้วยเลข 2 หลัก โดยในแต่ละข้อจะมีเวลาให้คิดและตอบ 60 วินาทีและมีนาฬิกานับเวลาถอยหลัง (10 วินาทีสุดท้ายเวลาที่หน้าจอจะเปลี่ยนสีเป็นสีแดงและกระพริบ) เพื่อสร้างแรงกดดันให้แก่อาสาสมัครดังแสดงตามรูป 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างโจทย์ทางคณิตศาสตร์และนาฬิกาจับเวลา

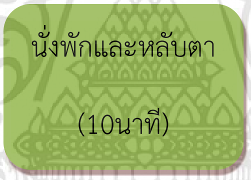
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อาสาสมัครจะต้องคำนวณโจทย์คณิตศาสตร์ให้ครบตามเวลาทั้งหมด 5 นาที ในแต่ละข้อมีเวลาให้ทั้งหมด 1 นาที ถ้าทำเสร็จก่อน (ตอบถูกก่อนครบ 1 นาที) จะเปลี่ยนโจทย์เป็นข้อถัดไปทันที ทางกรรมการจะเตรียมโจทย์ทางคณิตศาสตร์ไว้ทั้งหมด 20 ชุด เพื่อป้องกันไม่ให้อาสาสมัครนำโจทย์ไปบอกอาสาสมัครคนอื่น จากนั้นก็ถือว่าจบขั้นตอนการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในใจ ตามรูป 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงการสร้างสถานการณ์การคำนวณทางคณิตศาสตร์ในใจ

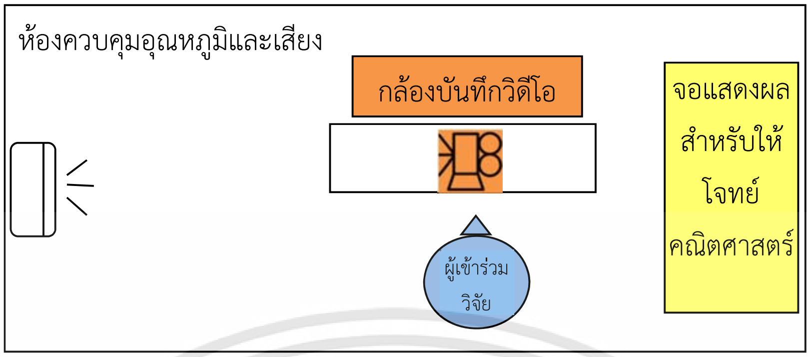
3.4 ขั้นตอนหลังการกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนหลังการกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ

หลังจากเสร็จขั้นตอนกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจแล้ว ต้องให้อาสาสมัครนั่งพักเป็นเวลา 10 นาที [28] เพื่อให้อาสาสมัคร มีความรู้สึกผ่อนคลาย เรียกขั้นตอนนี้ว่าการฟื้นฟูสภาวะร่างกายให้กลับสู่สภาวะปกติ (Recovery) โดยไม่มีการรบกวนใด ๆ ให้อยู่เพียงลำพังในห้องที่ทำการทดลอง ในขณะที่อยู่ในขั้นตอนนี้อาสาสมัครต้องไม่หลับและให้นั่งบนเก้าอี้ในท่าที่สบายที่สุด ในห้องที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมไม่ร้อนและไม่หนาวจนเกินไป [17] ในระหว่างที่บันทึกผลจะทำให้อาสาสมัครเกิดการผ่อนคลายมากที่สุด เพื่อให้กระบวนการทางสรีระวิทยาของอาสาสมัครกลับเข้าสู่สภาวะปกติ โดยใช้ระยะวลา 10 นาที ในการทดลองครั้งนี้ ถึงแม้ว่าการใช้ระยะเวลา 10 นาที นี้จะไม่สามารถทำให้กระบวนการทางสรีระวิทยากลับมาได้ 100 เปอร์เซ็นต์แต่ก็สามารถช่วยให้ อาสาสมัครมีความรู้สึกผ่อนนคลายในระดับหนึ่ง ถ้าใช้ระยะเวลามากกว่านี้อาสาสมัครในการทดลองอาจจะหลับได้ ซึ่งจะไม่เป็นผลดีต่อสัญญาณที่จะนำมาวิเคราะห์ ภาพจำลองสถาณการณ์ภายในห้องตามรูป 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

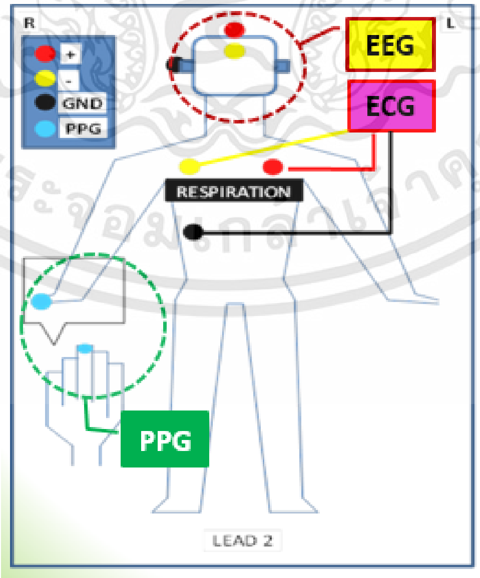


รูปที่ 3.9 แสดงสถานการณ์หลังการกระตุ้นให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ

3.5 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดวัดสัญญาณ ECG

3.5.1 จุดอ้างอิงของของการติดอิเล็กโทรด (ECG) และเซนเซอร์ (PPG)

จากในบทที่ 2 ทฤษฎีการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) (หัวข้อ 2.3) และ ทฤษฎีการวัดออกซิเจนที่นิ้วมือ (PPG) (หัวข้อ 2.4) ที่กล่าวไว้ข้างต้น ได้มีการออกแบบการวางอิเล็กโทรดแบบ ลีด 2 (3 อิเล็กโทรด) เพื่อบันทึกผลของการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และการติดเซนเซอร์เพื่อวัดสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) เพื่อนำทั้งสองสัญญาณ และมาเทียบเวลาเพื่อหาค่า PTT โดยค่า PTT นั้นต้องสามารถบอกถึงความแตกต่างของระยะเวลา ณ จุดใดจุดหนึ่ง เมื่อเกิดสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ แตกต่างกันออกไปได้ และสามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT ได้ ในการทดลองนี้ได้ออกแบบการทดลอง โดยใช้ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรด ลีด 2 (ECG) และเซนเซอร์ (PPG) แสดงตามรูป 3.10



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรด (ECG) และเซนเซอร์ (PPG)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง

3.6.1 การวัดและบันทึกข้อมูล โดยใช้ Biopac TM system MP 36

รูปที่ 3.11 แสดงอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูล Biopac รุ่น MP 36 [29]

เครื่องบันทึก Biopac TM system MP 36 [29] ตามรูป 3.11 เป็นอุปกรณ์สำคัญ ที่ใช้วัดและบันทึกข้อมูล ทั้งหมด โดยมี ไมโครโปรเซสเซอร์ภายในเพื่อควบคุมการรับข้อมูลและการสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ ซึ่ง จะรับสัญญาณขาเข้าและแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลที่สามารถประมวลผลได้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และมีช่องสัญญาณอนาล็อก (สี่ช่องในรุ่น MP36) เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังมีขั้วไฟฟ้า อุปกรณ์แปลงสัญญาณ และอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ต่างๆที่จะในหัวข้อถัดไป

รูปที่ 3.12 แสดงภาพด้านหน้าของอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูล Biopac รุ่น MP 36 [29]

จากรูป 3.12 ช่องสัญญาณตรวจสอบอิเล็กโทรด (Electrode Check) ใช้ในการตรวจสอบอิเล็กโทรด เป็นเครื่องมือวินิจฉัยที่ใช้กับซอฟต์แวร์ BSL PRO เพื่อตรวจสอบว่าขั้วไฟฟ้าติดอยู่กับวัตถุหรือไม่ ตัวตรวจวัดอิเล็กทรอนิกส์แบบ Stand alone เพื่อวัดการการเชื่อต่อระหว่าง ของขั้วไฟฟ้า / ผิวหนัง

ช่องสัญญาณ 1,2,3 และ4 (CH 1, CH 2, CH 3 และ CH 4) เป็นพอร์ตอินพุตแบบอะนาล็อก 9 ขา ในหน่วยเก็บข้อมูล MP จะเรียกเป็นช่องสัญญาณ โดยมีสี่ช่องที่ด้านหน้าของเครื่อง MP36

ตัวบ่งชี้สถานะต่าง ๆ สถานะไม่ว่าง (Busy) จะติดเมื่อเครื่อง MP36 กำลังได้รับข้อมูลและในช่วงต้นหลังจากเปิดเครื่องเพื่อแสดงว่ากำลังดำเนินการทดสอบตัวเอง เมื่อผ่านขั้นตอนการทดสอบแล้ว ไฟสถานะไม่ว่างจะดับลง สถานะเปิดเครื่อง(Power) ไฟแสดงสถานะสว่างขึ้นเมื่อเปิดเครื่อง MP36 และสถานะพร้อมทำงาน(Ready) จะสว่างขึ้นเมื่อเครื่อง MP45 เสียบปลั๊กไฟ และเชื่อมต่อพอร์ตสื่อสารแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 แสดงภาพด้านหลังของอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูล Biopac รุ่น MP 36 [29]

จากรูป 3.13 ช่องสัญญาณยูเอสบี (USB) โดยช่องนี้ใช้เชื่อมต่อระหว่างเครื่อง MP36 กับคอมพิวเตอร์ ผ่าน ช่องสัญญาณยูเอสบี ซึ่งอยู่ใต้สัญลักษณ์ USB (ใช้ขั้วต่อช่องสัญญาณยูเอสบีมาตรฐาน) และควรใช้เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เท่านั้น

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูล Biopac รุ่น MP 36

ช่วงแรงดันไฟฟ้าขาเข้า	สามารถปรับได้ตั้งแต่ ± 200 ไมโครโวลต์ ถึง ± 2 โวลต์
จำนวนช่องสัญญาณ	4 ช่อง
อินพุตแบบอนาล็อก	แผงด้านหน้า DSUB 9f มีข้อความว่า "CH #"
อัตราขยาย	5X ถึง 50,000X
อัตราส่วน S/N	มากกว่า 89 dB (Min)
ความละเอียดในการสุ่มตัวอย่าง	24 บิต
ตัวกรองซอฟต์แวร์	สามตัวกรองแบบดิจิตอล (IIR) ผู้ใช้สามารถเลือกปรับค่าหรือสั่งทำงานในโหมดอัตโนมัติ
ตัวกรองฮาร์ดแวร์	กรองความถี่ต่ำ - 20 กิโลเฮิร์ต
	กรองความถี่สูง - ไฟฟ้ากระแสตรง, 0.05 เฮิร์ต, 0.5 เฮิร์ต, 5 เฮิร์ต
ค่าความละเอียด	100,000 ตัวอย่าง / วินาที ในแต่ละช่องสัญญาณ

3.6.2 สายที่ใช้เชื่อมต่อกับอิเล็กโทรด (Shielded Electrode Adapter)

เป็นตัวเชื่อมต่อสำหรับอิเล็กโทรดตามรูป 3.14 แบบมีฉนวน ช่วยให้สามารถบันทึกสัญญาณไฟฟ้าชีวภาพได้ในระดับสูง สายอะแดปเตอร์ มีขนาด 2 เมตร รับขั้วต่อ Touchproof มาตรฐาน แยกประเภทตามการใช้งานได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 แสดงภาพสายเชื่อมต่ออิเล็กโทรด [29]

3.6.3 อิเล็กโทรด : ขั้วไฟฟ้าวัดศักย์ไฟฟ้าจากหัวใจ

อิเล็กโทรดเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการนำสัญญาณประจุไฟฟ้าจากจุดต่าง ๆ ของหัวใจ ผ่านออกมาทางแผ่นหน้าอก โดยใช้แผ่นอิเล็กโทรด ติดกับแผ่นหน้าอก เพื่อนำสัญญาณมาบันทึก โดยลักษณะของอิเล็กโทรดเรานำมาใช้งาน สามารถแบ่งออกเป็นสองลักษณะตามการใช้งานได้ดังนี้คือ

1. อิเล็กโทรดแบบเปียก (Wet type Surface electrode)

อิเล็กโทรดชนิดนี้จำเป็นใช้เจลอิเล็กโทรไลด์ (Electrolyte gel) เป็นเส้นทางการนำไอออนจากกล้ามเนื้อของผู้ทดลองมาสู่ตัวโลหะเงินที่อยู่ในแกนกลางของอิเล็กโทรดก่อนใช้อิเล็กโทรดชนิดนี้จำเป็นต้องทำความสะอาดผิวหนังของผู้ทดลองด้วยน้ำสบู่และบางกรณี อาจจำเป็นต้องโกนขนในบริเวณที่จะติดอิเล็กโทรดเข้ากับร่างกายผู้ทดลอง อิเล็กโทรดชนิดนี้มีจำหน่ายทั้งที่เป็นแบบใช้ครั้งเดียวทิ้งและแบบที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้สำหรับแบบใช้ครั้งเดียวทิ้งโดยมากผู้ผลิตมักออกแบบให้มีแผ่นกาวเพื่อติดเข้ากับผิวหนังให้มาด้วยดังตัวอย่างในรูป 3.15

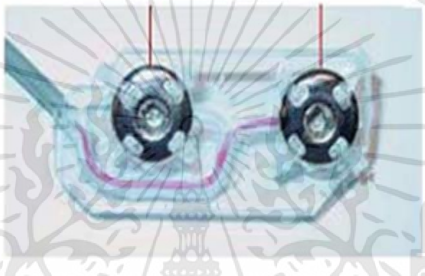
ข้อเสียของอิเล็กโทรดแบบเปียก คือ จำเป็นต้องใช้เจลอิเล็กโทรไลท์ ซึ่งหากเข้าติดกับผิวหนังเป็นระยะเวลานาน ๆ จะทำให้ผิวหนังเปลี่ยนสีและมีความยุ่งยากในการทำความสะอาดผิวหนังของผู้ร่วมการทดลองก่อนที่จะติดอิเล็กโทรดเข้าไปอีกด้วย อิเล็กโทรดแบบเปียกจึงไม่ค่อยเหมาะ ที่จะนำมาใช้เป็นเวลานาน ๆ

รูปที่ 3.15 อิเล็กโทรดแบบเปียก (Wet type Surface electrode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อิเล็กโทรดแบบแห้ง (Dry type Surface electrode)

อิเล็กโทรดแบบแห้งสร้างจากวัสดุที่ความแตกต่างไปจากอิเล็กโทรดแบบเปียก เช่นวัสดุประเภท อลูมิเนียม (Aluminum), เหล็กกล้ากันสนิม (Stainless steel), โลหะเงินหรือโลหะทอง เป็นต้น อิเล็กโทรดแบบแห้งนี้ อาศัยเหงื่อหรือความชื้นที่ผิวหนังเป็นเส้นทางนำไอออน โดยไม่จำเป็นต้องใช้เจลอิเล็กโทรไลท์เนื่องจากคุณสมบัติทางเคมี ของเหงื่อเองก็จัดเป็นสารละลายไอออน แต่มีความเข้มข้นของไอออนเพียง 0.1% - 0.6% เท่านั้นซึ่งน้อยกว่า เจลอิเล็กโทรไลท์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเป็นอย่างมาก ส่งผลให้ศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จากอิเล็กโทรดแบบแห้งที่มีค่าต่ำกว่าในกรณีอิเล็กโทรดแบบเปียกวงจรวัดสำหรับ อิเล็กโทรดประเภทนี้จึงต้องใช้อัตราขยายแรงดันที่สูงกว่าอิเล็กโทรดประเภทอื่น อิเล็กโทรดแบบแห้ง มีลักษณะตามรูป 3.16



รูปที่ 3.16 อิเล็กโทรดแบบแห้ง (Dry type Surface electrode)

3.7 สรุปการออกแบบการทดลอง

ในบทนี้เป็นการออกแบบการทดลองความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT หลังจากเกิดแรงกดดันทางจิตใจได้พัฒนาขึ้นโดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ช่วงระยะเวลาของการทดลอง (Baseline, Preparation, Speech, Math. Calculation และ Recovery) จากการออกแบบการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และการวัดสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) ด้วยเครื่องบันทึก Biopac TM system MP 36, ชนิดอิเล็กโทรด (ECG) และตำแหน่งการติดเซนเซอร์ (PPG) นั้นนั้นมีความสำคัญในการตรวจวัดสัญญาณ ECG และ PPG และเหมาะที่จะมีการนำไปใช้และทดสอบจริงในการวัดสัญญาณในระหว่างที่เกิดสภาวะกดดันทางจิตใจ โดยใช้หลักการของการแสดงออกในที่สาธารณะ (TSST) และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในใจ เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงกระตุ้นซึ่งเหมาะที่จะมีการนำไปใช้และทดสอบจริงในการวัดสัญญาณ ECG และ PPG เพื่อหาความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT ซึ่งจะกล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดสอบกระบวนการ

ในบทนี้กล่าวถึงการทดสอบกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงค่า PTT ที่ได้มาจากการเปรียบเทียบเวลาของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) กับสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) หลังจากเกิดแรงกดดันทางจิตใจ โดยใช้หลักการการแสดงออกในที่สาธารณะ (TSST) และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในใจ เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงกระตุ้น ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบกระบวนการดังกล่าวเป็นการทดสอบเพื่อยืนยันถึงความน่าเชื่อถือในการทดลองในครั้งนี้ จากนั้นจะนำค่า PTT มาเปรียบเทียบ โดยใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณต่อไป

4.1 การทดสอบกระบวนการกับ BiopacTM system MP36

สำหรับการทดลองในครั้งนี้จะทดลองกับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 (อายุ 20-22 ปี) จำนวน 36 ราย (แบ่งเป็นเพศหญิง 29 คน และ เพศชาย 7 คน) จากสาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับการทดลองเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของค่า PTT เมื่อเกิดแรงกดดันทางจิตใจ โดยในการทำการทดลองแต่ละครั้งใช้เวลาทั้งหมด 45 นาที รวมระยะเวลาตั้งแต่การติดตั้งอุปกรณ์, การทำการทดลอง และรวมไปถึงการถอดอุปกรณ์และทำความสะอาดอุปกรณ์การทดลองจากอาสาสมัคร รวมระยะเวลาในการทำการทดลองทั้งหมดประมาณ 3 สัปดาห์

4.1.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวของอาสาสมัครงานวิจัย

อาสาสมัครงานวิจัยจะได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการเตรียมตัวก่อนการเข้าร่วมการทดลอง ตั้งแต่ก่อนที่จะถึงวันที่ทำการทดลอง โดยจะแนะนำให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยปฏิบัติดังนี้

1.พักผ่อนนอนหลับให้เพียงพอ ประมาณ 6-8 ชั่วโมงก่อนวันที่จะทำการทดลอง เพื่อให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยมีความตื่นตัวตลอดเวลาขณะเข้าร่วมการทดลอง

2.งดเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์และคาเฟอีนทุกชนิด ในวันที่ต้องเข้าร่วมการทดลอง

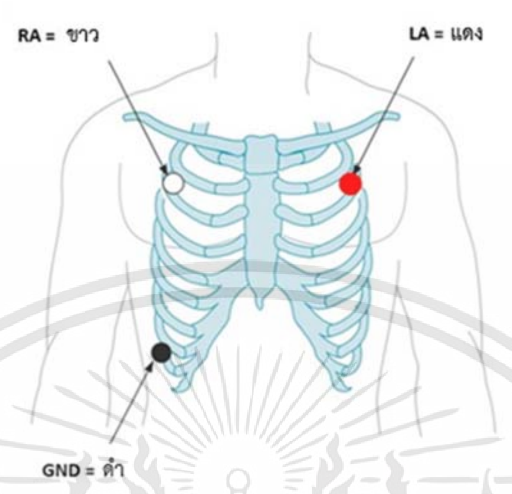
3.หากอาสาสมัครเป็นผู้หญิงที่กำลังมีรอบเดือน จะต้องเลื่อนนัดวันทำการทดลองเป็นภายหลังพ้นช่วงรอบเดือนไปแล้ว

4.1.2 ขั้นตอนก่อนการทดลอง

อาสาสมัครงานวิจัยทุกคนจะรับการชี้แจงการทดลองในงานวิจัยอย่างละเอียดอีกครั้งในแต่ละขั้นตอน จากนั้นคณะผู้ทำการวิจัยจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) บริเวณแผ่นหน้าอก และเซนเซอร์วัดสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) โดยอาสาสมัครจะต้องถูกทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่จะติดตั้งเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เพื่อคุณภาพของการนำสัญญาณที่ดี ตำแหน่งในการติดตั้งเซนเซอร์ เพื่อบันทึกสัญญาณทั้งหมด 4 จุด ดังต่อไปนี้

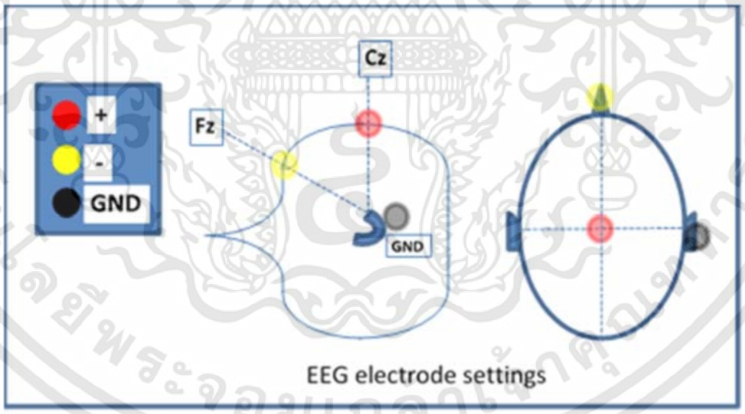
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ติดขั้วไฟฟ้ารูปแบบที่ 2 สำหรับคลื่นไฟฟ้าของหัวใจ ตามรูป 4.1



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งติดขั้วไฟฟ้ารูปแบบที่ 2 (ลีด 2, 3 อิเล็กโทรด)

2. ติดขั้วไฟฟ้าฟ้าแบบไบโพลาร์ สำหรับการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่ตำแหน่ง Cz-Fz ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานสากลของระบบ 10-20 ตามรูป 4.2

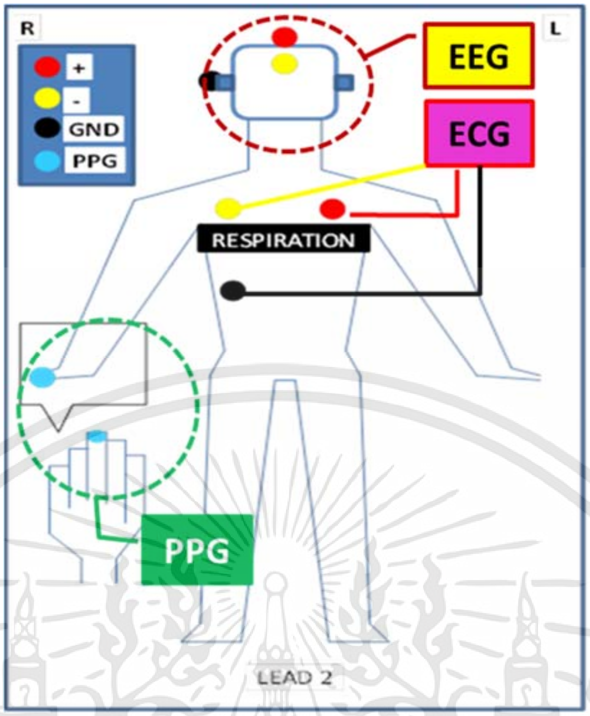


รูปที่ 4.2 ตำแหน่งติดขั้วไฟฟ้าฟ้าตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่ตำแหน่ง Cz-Fz, จากรูปมุมมองด้านข้าง (ซ้าย) และจากมุมมองด้านบน (ขวา)

3. เครื่องวัดอัตราการหายใจจะถูกพันรอบหน้าอก เพื่อใช้ในการตรวจสอบรูปแบบการหายใจ

4. ติดเซ็นเซอร์สัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (แสดงในรูป 4.3)

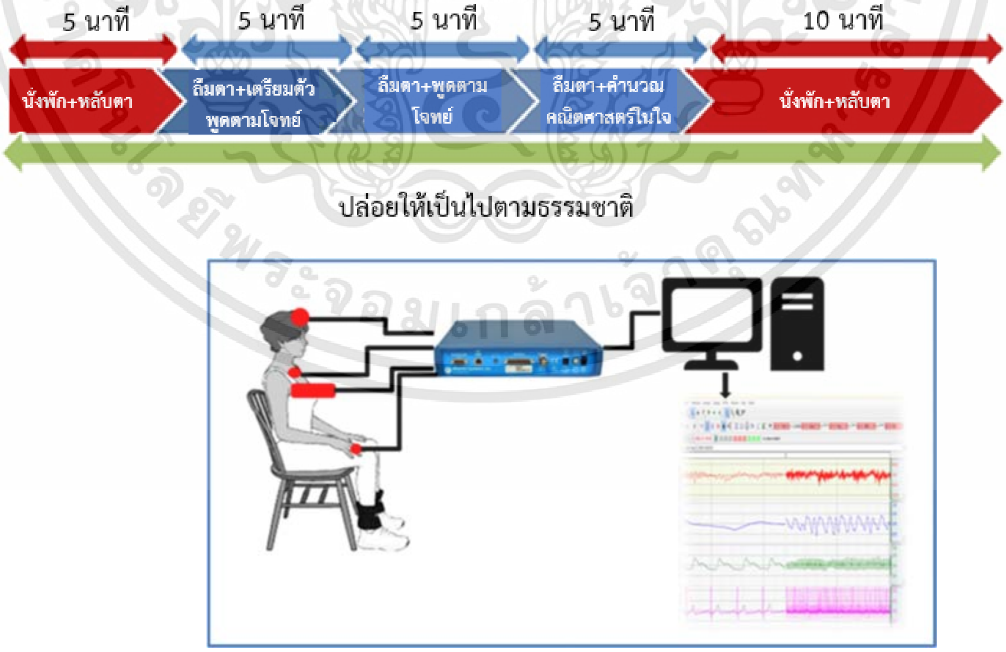
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงการติดเซ็นเซอร์ทั้งหมด 4 จุด

4.1.3 ขั้นตอนการทดลอง

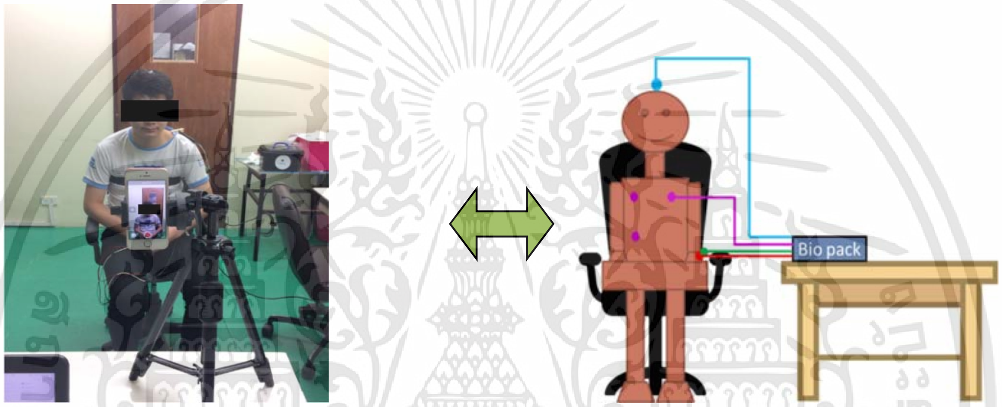
1.ต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับเครื่อง BiopacTM system MP36 เพื่อทำการบันทึกค่าในระหว่างการทำการดังรูป 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงการต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับเครื่อง BiopacTM system MP36 เพื่อทำการทดสอบ

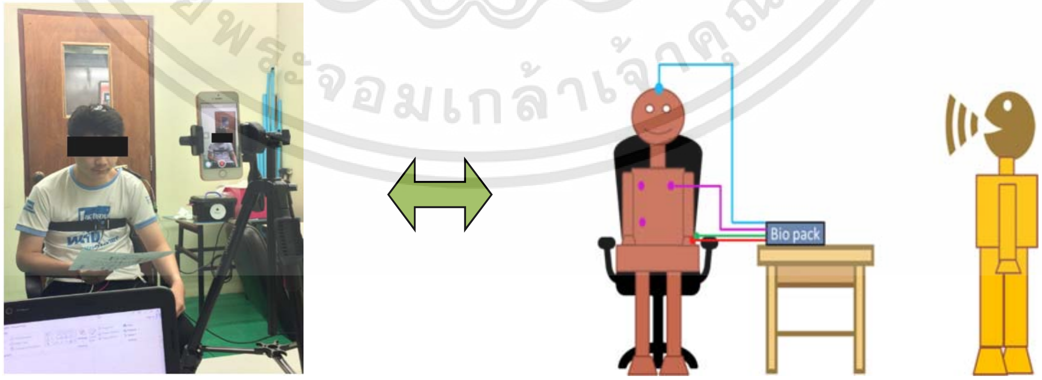
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อาสาสมัครงานวิจัยจะถูกบันทึกสัญญาณต่าง ๆ ในขณะพัก (Resting signal recording) ใช้ระยะเวลา 5 นาที โดยอาสาสมัครงานวิจัยหลับตา 5 นาที เพื่อประเมินลักษณะคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และสัญญาณออกซิเจนที่ปลายนิ้วมือ (PPG) ที่เกิดขึ้นในขณะพักโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นว่ามีลักษณะผิดปกติร่วมด้วยหรือไม่ หากอาสาสมัครงานวิจัยมีสัญญาณที่มีความผิดปกติจะถูกคัดออกจากงานวิจัย หากไม่พบความผิดปกติดังกล่าว ข้อมูลสัญญาณ ECG และ PPG ในขณะพักจะถูกนำไปวิเคราะห์ต่อ ซึ่งจะกล่าวถึงในขั้นตอนถัดไป ในขณะทำการบันทึกสัญญาณ ECG และ PPG อาสาสมัครงานวิจัย จะถูกร้องขอในนั่งในท่าที่สบาย เพื่อลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ อีกทั้งหลีกเลี่ยงการขยับตัว กระพริบตา และกรอกตา ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวน สัญญาณที่ต้องการบันทึก ตามรูป 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงการบันทึกสัญญาณต่าง ๆ ขณะพัก

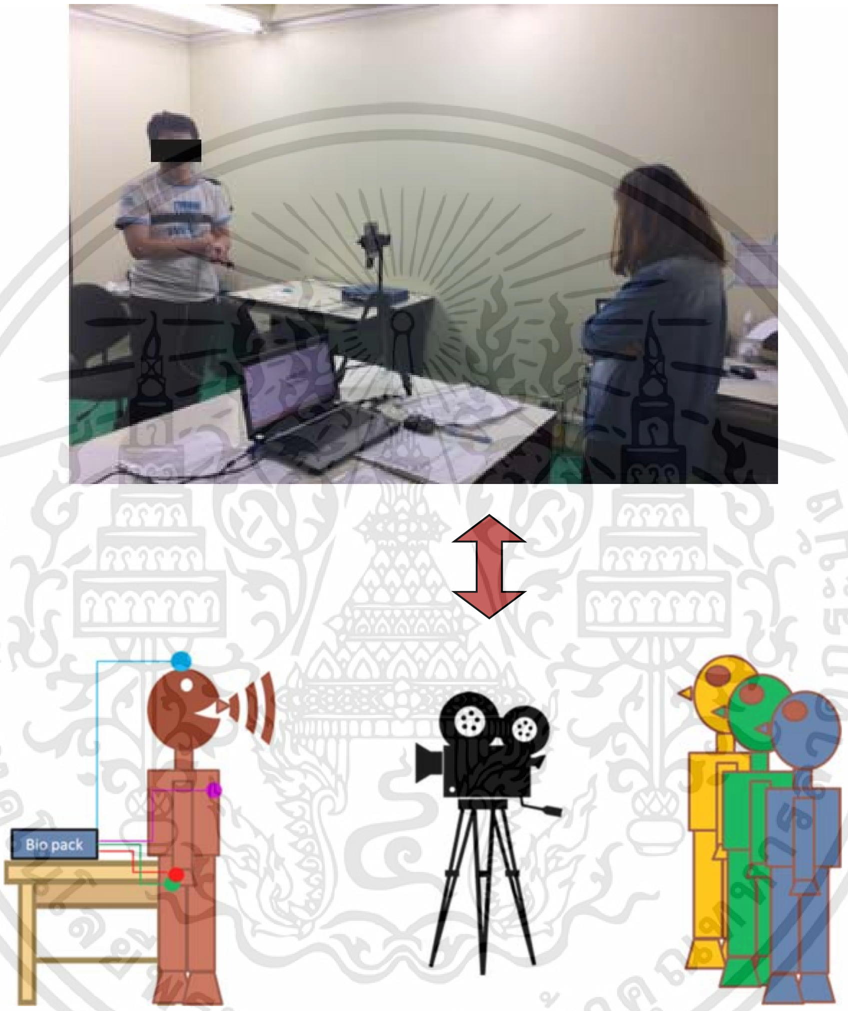
3. อาสาสมัครงานวิจัยลืมตา เพื่อฟังโจทย์ที่จะให้ในการทำการทดลองสร้างสถานการณ์แรงกดดันทางจิตใจจากสังคม จากคณะกรรมการที่อยู่ภายในห้อง จากนั้นให้อาสาสมัครงานวิจัย คิดวิเคราะห์ เพื่อเตรียมข้อมูล/คำตอบจากโจทย์ที่ให้ไป เป็นเวลา 5 นาที เพื่อนำเสนอในขั้นตอนต่อไป ตามรูป 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงการให้โจทย์จากการทดลองสร้างสถานการณ์แรงกดดันทางจิตใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

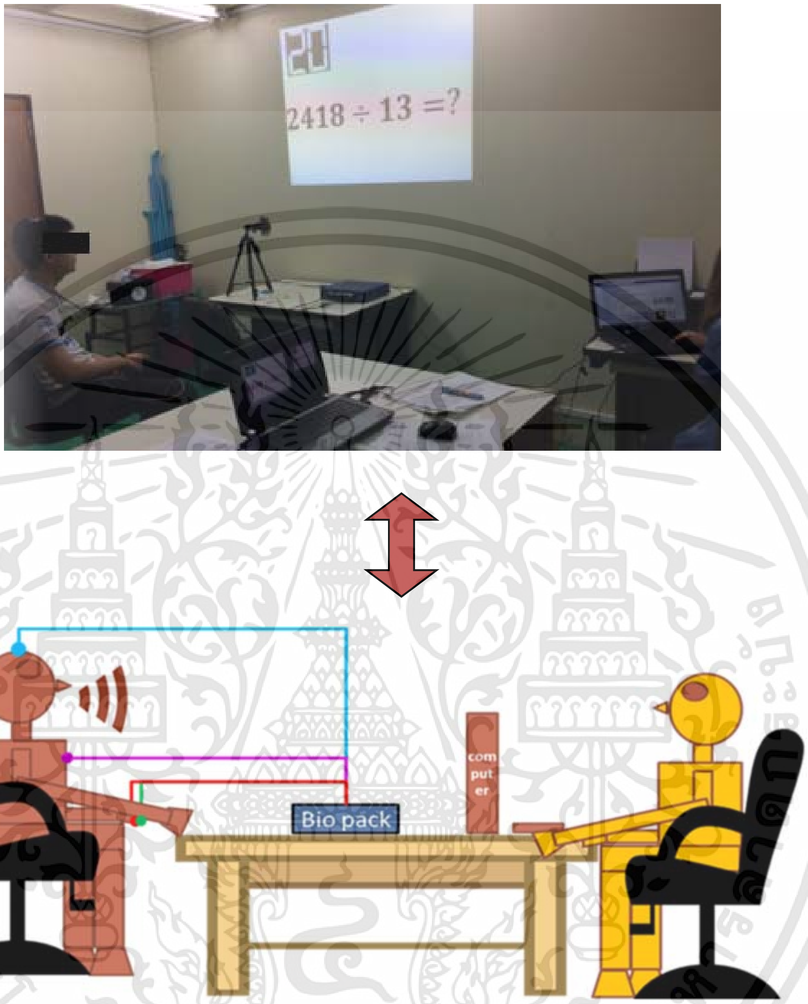
4. อาสาสมัครงานวิจัยลืมตาและยืนขึ้นเพื่อพูดตามความเข้าใจในโจทย์ที่จะให้ไปเป็นเวลา 5 นาที ต่อหน้าคณะกรรมการที่อยู่ภายในห้อง ระหว่างการทดลองกรรมการจะต้องกระตุ้นอาสาสมัครงานวิจัยให้เกิดความกดดันตลอดเวลา อาทิเช่น การกระตุ้นให้พูดให้ครบ 5 นาที, การซักถามเมื่ออาสาสมัครงานวิจัยหยุดพูด เพื่อให้เกิดความกดดัน เป็นต้น ตามรูป 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงการนำเสนอการตอบคำถามเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จากนั้นอาสาสมัครงานวิจัย จะนั่งลงเพื่อคำนวณโจทย์ทางคณิตศาสตร์ในใจ และตอบปากเปล่าเป็นเวลา 5 นาที ในแต่ละข้อมีเวลาให้ 60 วินาที ในการคิดและตอบ ตามรูป 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงการตอบคำถามทางคณิตศาสตร์เป็นเวลา 5 นาที

4.1.4 ขั้นตอนหลังการทดลอง

หลังจากขั้นตอนการสร้างสถานการณ์แรงกดดันทางสังคมและการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในใจเสร็จเรียบร้อยแล้ว อาสาสมัครงานวิจัยจะนั่งในท่าสบายและหลับตา 10 นาที เพื่อบันทึกสัญญาณต่าง ๆ ในขณะพัก (Recovery Signal recording) หลังการทดสอบ TSST แล้ว เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงความสามารถในการกลับคืนสู่สภาวะเริ่มต้น (Recovery) เมื่อเทียบกับช่วงแรก (Baseline)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ขั้นตอนการประมวลผล

การประมวลผลจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงนั้นก็คือช่วงก่อนเกิดการกระตุ้นสถาณการณ์กดดันและช่วงหลังจากเกิดการกระตุ้นสถาณการณ์กดดัน โดยสัญญาณ ECG และ PPG ที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม Matlab โดยมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1.จากรูปที่ 4.9 เป็นตัวอย่างสัญญาณ ECG และ PPG ที่ได้จากโปรแกรม Biopac Student Lab มีหน้าต่างเป็นเวลามีหน่วยเป็นนาทีและแรงดันเป็นหน่วยมิลลิโวลต์ ซึ่งสัญญาณบางช่วงหรือของอาสาสมัครงานวิจัยบางคน คลื่นสัญญาณยังไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ เนื่องจากมีสัญญาณรบกวน (Noise)

รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่บันทึกจากโปรแกรม Biopac Student Lab

2.กรองความถี่ของสัญญาณ ECG และ PPG โดยใช้วิธี High pass filter Butterworth ในโปรแกรม Matlab เพื่อกรองความถี่ที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้คำสั่งตามด้านล่าง

```
%% ECG signal
for E=1
y=Data(indexEVENT(E,1):indexEVENT(E,2),1); % ECG signal
ECG=hipass_butterworth(y,2,2000,1);

%% PPG signal
z=Data(indexEVENT(E,1):indexEVENT(E,2),2); % PPG signal
PPG=hipass_butterworth(z,5,2000,1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เขียนโปรแกรมเพื่อตรวจหายอดของ R-wave ของ สัญญาณ ECG และ ยอดสูงสุดสุดของสัญญาณ PPG ในช่วงหัวใจบีบตัว (Systole) เพื่อหาค่า PTT+ และจุดต่ำสุดในช่วงหัวใจคลายตัว (Diastole) เพื่อหาค่า PTT- (โดยใช้เทคนิคการกลับสัญญาณ PPG และใช้หายอดสูงสุดของสัญญาณในโปรแกรม Matlab) และในเทคนิคการกำหนดค่าต่ำสุดของความสูงของยอดสูงสุดของสัญญาณ (Threshold) ที่ต้องการตรวจหา โดยใช้คำสั่ง 'MinPeakHeight' และ กำหนดระยะทางต่ำสุดที่จะตรวจจับยอดสุงสุด โดยใช้คำสั่ง 'MinPeakDistance' ชุดคำสั่ง Matlab ที่ใช้แสดงตามด้านล่าง

```
%% peak detection of ECG
figure(1)
subplot(3,1,1);
findpeaks(ECG,'MinPeakHeight',0.100,'MinPeakDistance',890)
[ecg_val,ecg_peaks]=findpeaks(ECG,'MinPeakHeight',0.100,'MinPeakDistance',890);
title('ECG Peak' ,'fontSize',14,'color','k');
%% peak detection of PPG
figure(1)
subplot(3,1,2);
findpeaks(PPG,'MinPeakHeight',0.050,'MinPeakDistance',890)
[ppg_val,ppg_peaks]=findpeaks(PPG,'MinPeakHeight',0.050,'MinPeakDistance',890);
title('PPG+ Peak' ,'fontSize',14,'color','k');

PPGN=-PPG;
figure(1)
subplot(3,1,3);
findpeaks(PPGN,'MinPeakHeight',0.050,'MinPeakDistance',890)
[ppg_valN,ppg_peakNs]=findpeaks(PPGN,'MinPeakHeight',0.050,'MinPeakDistance',89
0);
title('PPG- Peak' ,'fontSize',14,'color','k');
```

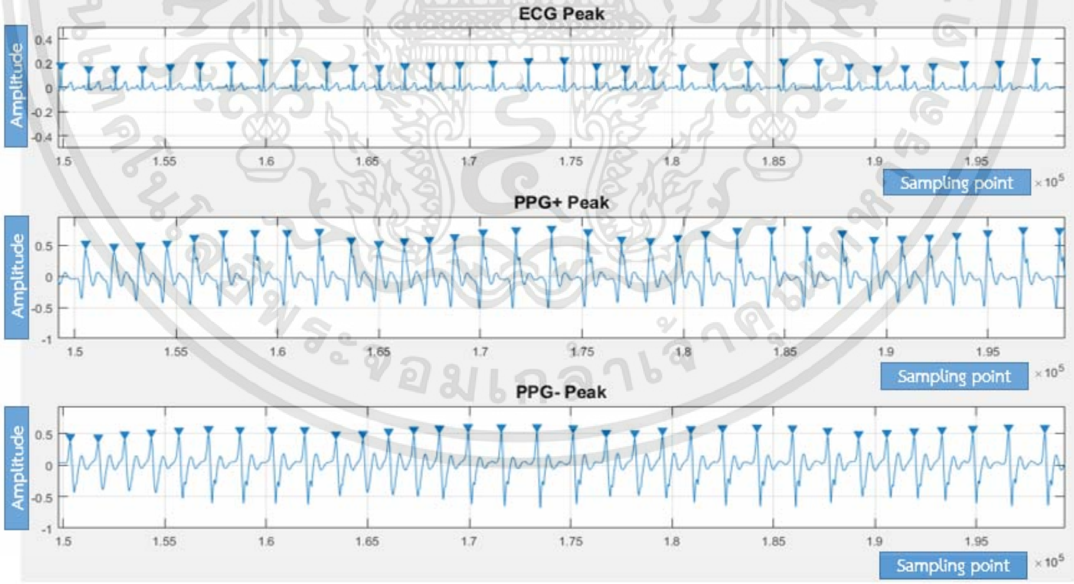
4. เขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณหาค่า PTT+ และ PTT- ในหน่วยของ 1/1000 วินาที (มิลลิเซคคั่น : ms) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของ PTT+ และ PTT- และนำมาทดสอบทางสถิติเพื่อหาค่าความน่าเชื่อถือต่อไป ชุดคำสั่ง Matlab ที่ใช้แสดงตามด้านล่าง

```
timePPG = (ppg_peaks/2);
timePPGN = (ppg_peakNs/2);
timeECG = (ecg_peaks/2);
%% PTT
KJ=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
s1=length(timePPG);
s2=length(timePPGN);
s3=length(timeECG);
com=min([s1,s2,s3]);
for i=10:com-10
    index1=find(timePPG(i:i+10)>timeECG(i),1);
    index2=find(timePPGN(i:i+10)>timeECG(i),1);
if index1>0
        PTTp(KJ,1)=timePPG(i-1+index1)-timeECG(i);
end
if index2>0
        PTTn(KJ,1)=timePPGN(i-1+index2)-timeECG(i);
end
        KJ=KJ+1;
 %      index1 = 0;
 %      index2 = 0;

end
```



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างรูปสัญญาณที่ใช้โปรแกรม Matlab ตรวจจับยอดสูงสุด R-Wave, PPG+, PPG-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สรุปการทดสอบกระบวนการ

บทนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ECG และ PPG หลังจากเกิดแรงกดดันทางจิตใจ โดยใช้หลักการการทดสอบการแสดงออกในที่สาธารณะ (TSST) และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในใจ เพื่อนำไปประมวลผลหาค่าการเปลี่ยนแปลงจากค่าทางเวลาและแรงดันของสัญญาณ ECG และ PPG ไปสู่การวิเคราะห์หาค่า PTT เพื่อตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT (PTT+ และ PTT-) ในแต่ละช่วงของการทดลอง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกระบวนการทั้งหมดซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดสอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบกระบวนการของความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT ที่ได้มาจากการเปรียบเทียบเวลาของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) กับสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) หลังจากเกิดแรงกดดันทางจิตใจ โดยใช้หลักการการแสดงออกในที่สาธารณะ (TSST) และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในใจ เพื่อนำสัญญาณมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบหาความเปลี่ยนแปลงระหว่างสภาวะเริ่มต้น(ก่อนการกระตุ้น) เปรียบเทียบกับสภาวะต่าง ๆ ระหว่างทำการทดสอบ TSST และสภาวะกลับสู่สภาวะเริ่มต้น (หลังการกระตุ้น) โดยการใช้อุปกรณ์ BiopacTM system MP36 ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์หาระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นชีพจร (Pulse Transit Time : PTT)

5.1 การทดลอง

ทดลองเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ลีด 2 กับสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) หลังจากเกิดแรงกดดันทางจิตใจ โดยใช้หลักการการแสดงออกในที่สาธารณะ (TSST) และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในใจ ช่วงเวลาที่เกิดสภาวะเริ่มต้น(ก่อนการกระตุ้น) เปรียบเทียบกับสภาวะต่าง ๆ ระหว่างทำการทดสอบ TSST และสภาวะกลับสู่สภาวะเริ่มต้น (หลังการกระตุ้น) โดยทำการทดลองกับอาสาสมัครร่วมวิจัยทั้งหมด 36 คน ใช้เวลาในการทดลองรวมต่อคนประมาณ 45 นาที (รวมระยะเวลาติดตั้งและถอดทำความสะอาดอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ ด้วย)

รูปที่ 5.1 แสดงขั้นตอนการทดสอบแรงกดดันทางจิตใจ

5.2 ผลการทดลอง

5.2.1 ผลการทดลองจากโปรแกรม Biopac Student Lab

จากรูป 5.2 แสดงหน้าต่างของค่าที่ได้จากโปรแกรม Biopac Student Lab ซึ่งมีแกน X เป็นแกนเวลามีหน่วยเป็นวินาที (เก็บข้อมูล 2,000 ค่าต่อ วินาที) และแกน Y เป็นแกนค่าแรงดันมีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ช่วงดังนี้

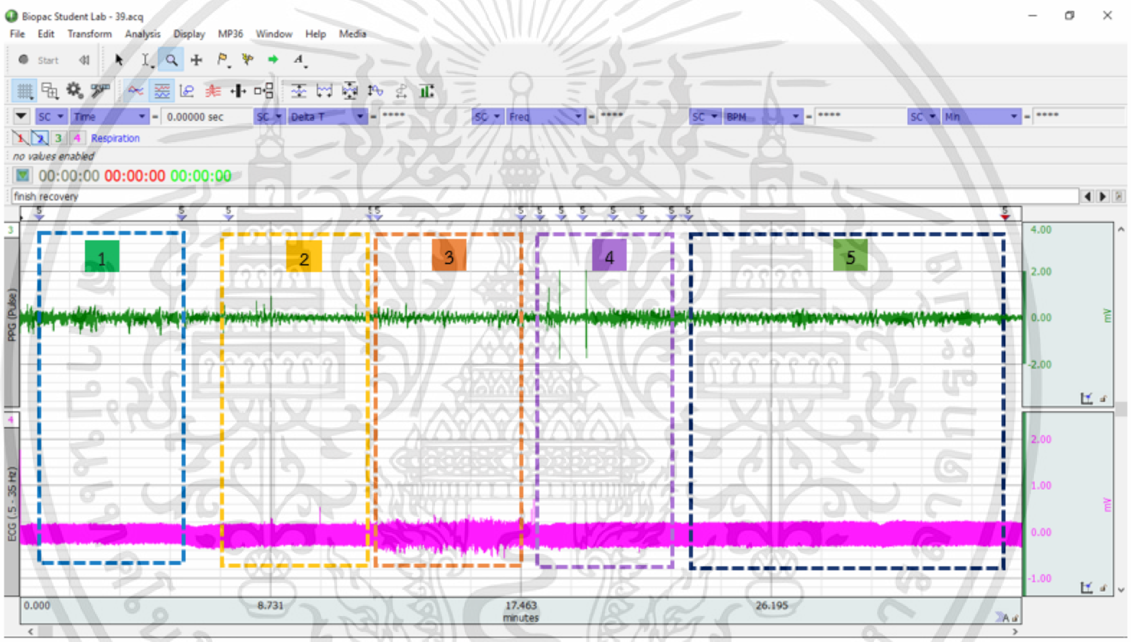
1. ช่วงที่อาสาสมัครงานวิจัยหลับตาและนั่งเพื่อผ่อนคลายเป็นเวลา 5 นาที โดยจะใช้จุดที่ทำเครื่องหมาย (Marker) ไว้สำหรับนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ยกตัวอย่าง อาสาสมัครงานวิจัยเริ่มหลับตาวินาที ที่ 120 ถึง วินาที ที่ 550 เพื่อทำการตัดสัญญาณ ช่วงของจุดนั้น ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป
2. ช่วงที่อาสาสมัครงานวิจัยลืมตาและรับฟังโจทย์ เพื่อเตรียมตัวพูดในที่สาธารณะตามโจทย์เป็นเวลา 5 นาที โดยจะใช้จุดที่ทำเครื่องหมายไว้สำหรับนำข้อมูลมาวิเคราะห์ เพื่อทำการตัดสัญญาณ ช่วงของจุดนั้น ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ช่วงที่อาสาสมัครงานวิจัยลืมตาและยืนเพื่อพูดในที่สาธารณะตามโจทย์เป็นเวลา 5 นาที โดยจะใช้จุดที่ทำเครื่องหมายไว้สำหรับนำข้อมูลมาวิเคราะห์ เพื่อทำการตัดสัญญาณ ช่วงของจุดนั้น ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4. ช่วงที่อาสาสมัครงานวิจัยลืมตาและนั่งลงเพื่อคำนวณโจทย์คณิตศาสตร์ในใจ เป็นเวลา 5 นาที (มีเวลาให้ข้อละ 60 วินาที) แต่ละข้อที่เริ่มคำนวณนั้นมีการทำเครื่องหมายไว้ทุกข้อ จากนั้นทำการตัดสัญญาณช่วง 5 นาที ช่วงของจุดเครื่องหมายนั้น ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

5. ช่วงที่อาสาสมัครงานวิจัยหลับตาและนั่งพักเพื่อให้เกิดการผ่อนคลายเป็นเวลา 10 นาที หลังจากผ่านการทดสอบ TSST โดยจะใช้จุดที่ทำเครื่องหมายเริ่มต้น และสิ้นสุดไว้ สำหรับนำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยจะทำการแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ นั่งพักเพื่อให้เกิดการผ่อนคลายช่วง 5 นาทีแรก และนั่งพักเพื่อให้เกิดการผ่อนคลายช่วง 5 นาทีหลัง เพื่อนำมาวิเคราะห์ในขั้นถัดไป



รูปที่ 5.2 แสดงข้อมูลสัญญาณ ECG และ PPG ที่ได้จากโปรแกรม Biopac Student Lab

5.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

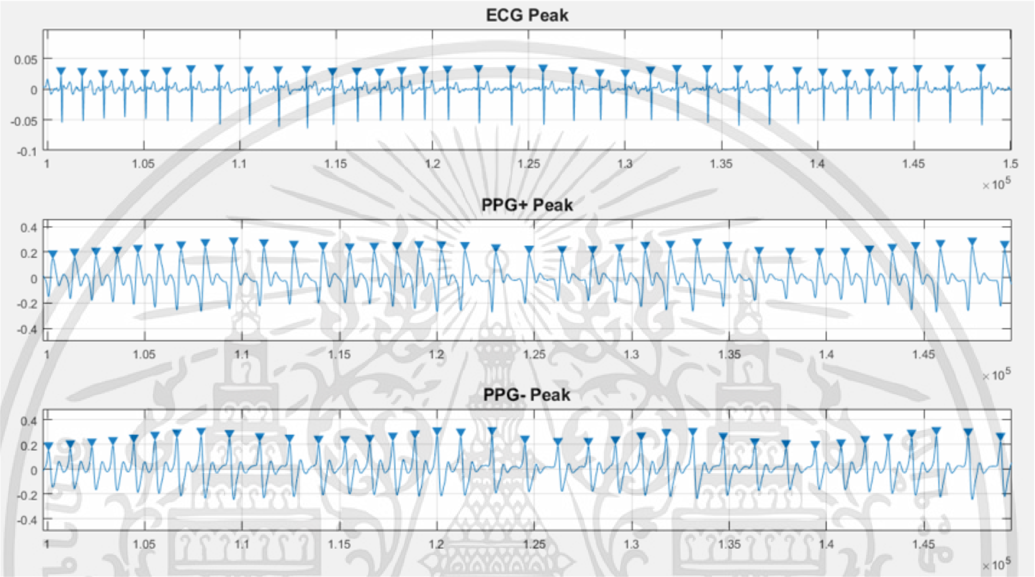
5.3.1 วิเคราะห์หาระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นชีพจร (PTT)

จากรูป 5.3-5.7 เป็นตัวอย่างของข้อมูลสัญญาณ ECG, PPG+ และ PPG- จากการใช้โปรแกรม Matlab วิเคราะห์หายอดสูงสุด เพื่อนำมาคำนวณหาค่าระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นชีพจร (PTT) ดังในรูป 5.8 ซึ่งจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นทั้งหมด 6 ช่วง ดังต่อไปนี้

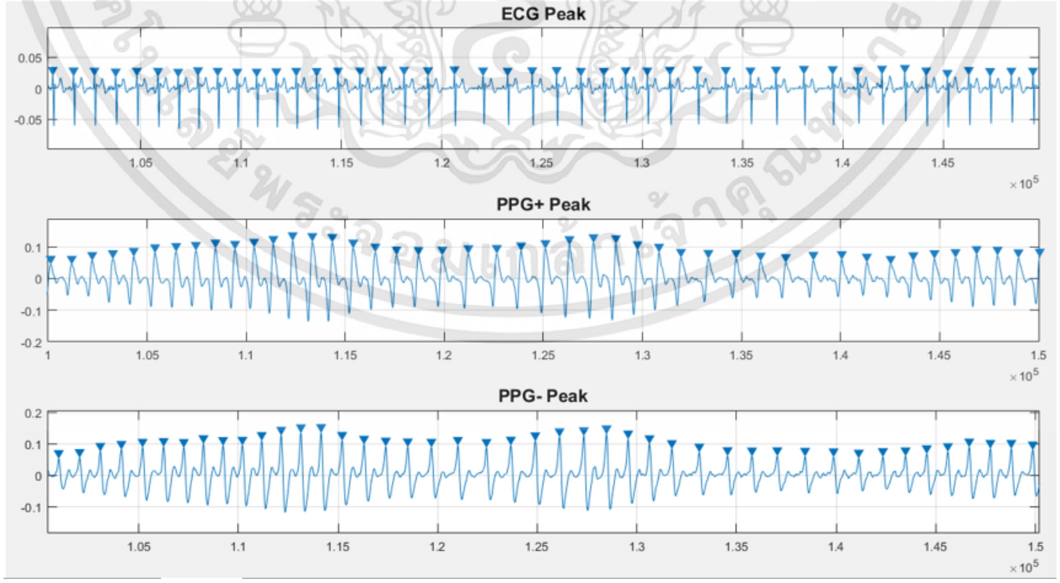
1. ช่วงพัก 5 นาที เพื่อนำมาเป็น Baseline เพื่อเปรียบเทียบกับช่วงอื่น ๆ
2. ช่วงรับโจทย์และเตรียมพูดตามโจทย์ 5 นาที
3. ช่วงพูดตามโจทย์ที่ได้รับ (จำลองสถานการณ์การได้รับแรงกดดันทางจิตใจ) 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ช่วงคำนวณคณิตศาสตร์ในใจ จับเวลาข้อละ 60 วินาที (นับเวลาถอยหลัง เพื่อให้เกิดแรงกดดันทางจิตใจ) เป็นเวลา 5 นาที
5.ช่วงพักเพื่อบันทึกความเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ECG และ PPG และหาค่า PTT หลังทดสอบ TSST ในช่วง 5 นาทีแรก
6.ช่วงพักเพื่อบันทึกความเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ECG และ PPG และหาค่า PTT หลังทดสอบ TSST ในช่วง 5 นาทีหลัง

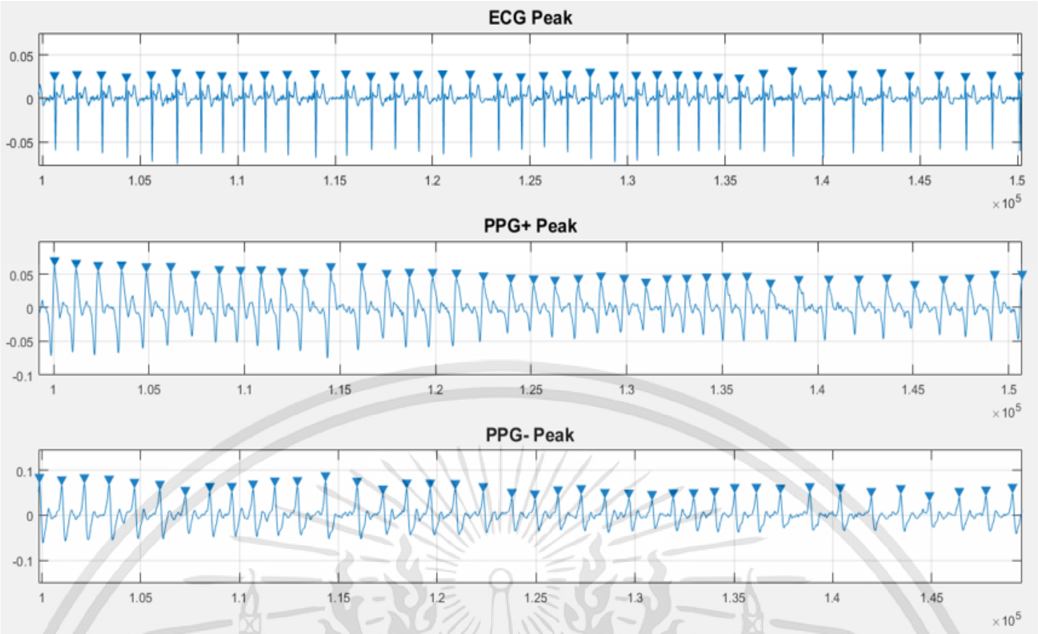


รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณ ECG, PPG+, PPG- ช่วงที่ 1 (Baseline) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22

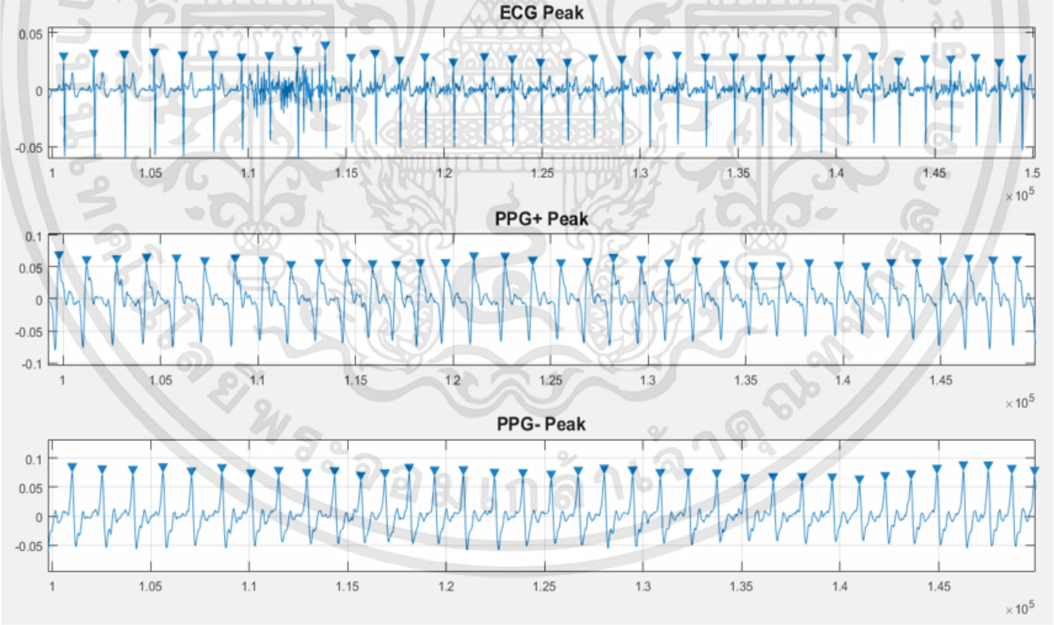


รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณ ECG, PPG+, PPG- ช่วงที่ 2(Preparation) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

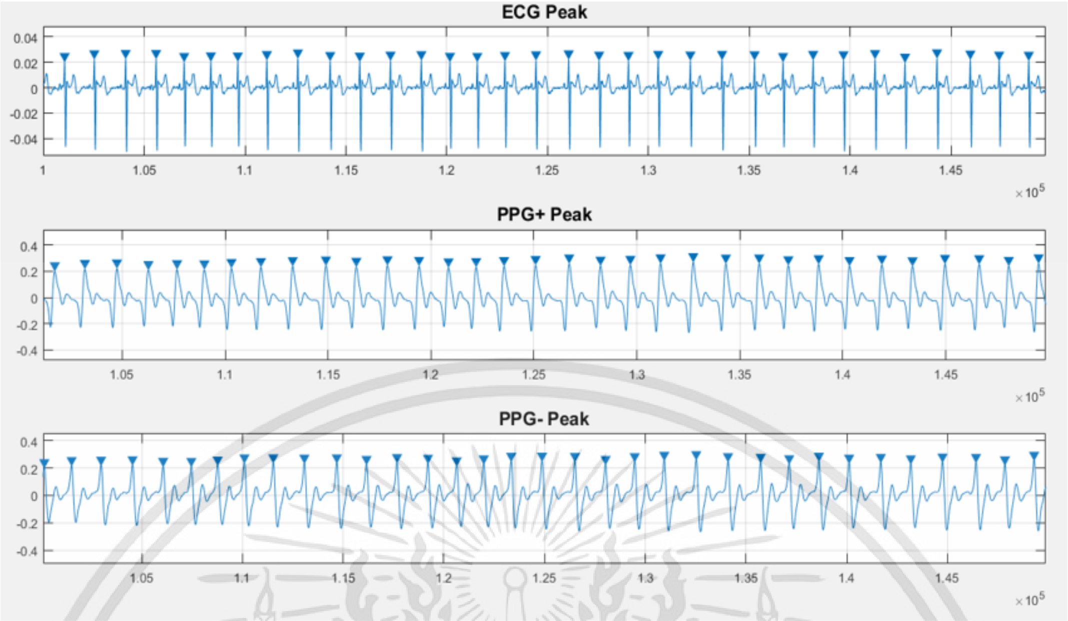


รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณ ECG, PPG+, PPG- ช่วงที่ 3 (Speech) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22

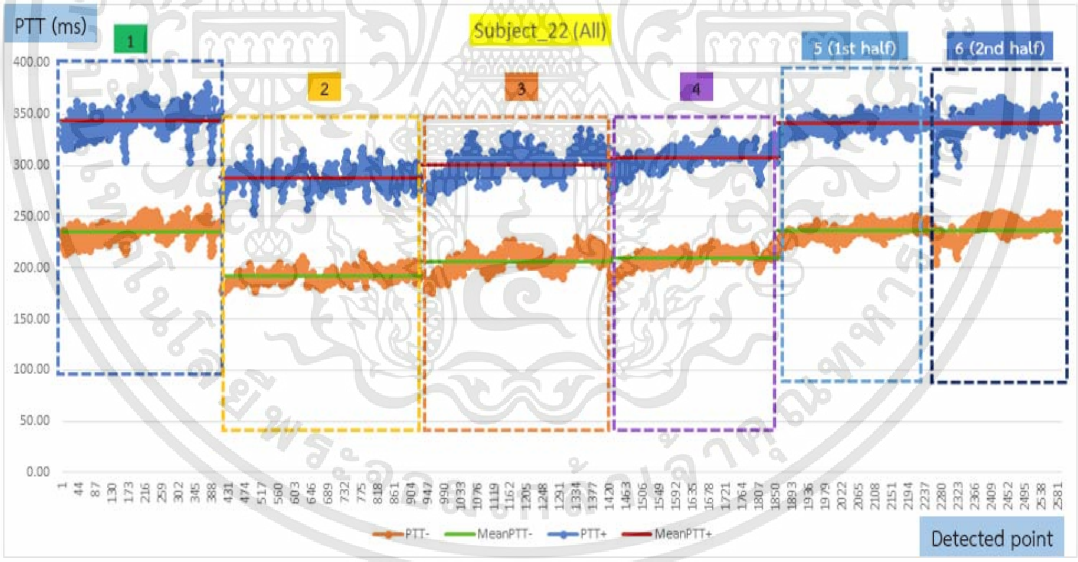


รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณ ECG, PPG+, PPG- ช่วงที่ 4 (Math. Cal.) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณ ECG, PPG+, PPG- ช่วงที่ 5-6 (Recovery) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22



รูปที่ 5.8 แสดงค่า PTT+ และ PTT- ช่วงที่ 1-6 (Excel plot) ของอาสาสมัครงานวิจัยคนที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะขั้นต้นนั้นสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงค่า PTT- (ms) ของอาสาสมัครงานวิจัย 34 คน แบ่งเป็น 6 ช่วงการทดลอง

ลำดับที่	รหัสอาสาสมัคร	พักเริ่มต้น (Baseline)	เตรียมพูด (Preparation)	พูด (Speech)	คำนวณในใจ (Math Cal.)	พัก 5 นาทีแรก (Recovery/ 1st. half)	พัก 5 นาทีหลัง (Recovery/ 2nd. half)
		BL_PTT-	PP_PTT-	SP_PTT-	MC_PTT-	RC_1st_PTT-	RC_2nd_PTT-
1	SJ04	187.36	158.90		160.79	188.24	192.49
2	SJ05	247.32	226.30			238.77	240.58
3	SJ06	224.56	193.30	187.57	193.31	213.97	217.84
4	SJ07	207.87	181.94	172.98	176.58	201.82	209.59
5	SJ08	224.50	198.10			192.42	
6	SJ09	279.43	244.49		242.42	258.98	261.07
7	SJ10	208.40	201.06		183.20	203.44	208.52
8	SJ11	246.98	191.48		199.74	233.61	238.89
9	SJ12	216.89	179.63			170.38	
10	SJ14	259.46	196.44			222.25	227.98
11	SJ15	184.44	159.44	147.09		179.01	189.86
12	SJ16	190.89	199.25	174.03		222.53	225.09
13	SJ18	221.47	188.76		189.88	221.02	222.12
14	SJ19	220.11	204.94			224.39	227.96
15	SJ20	194.14	173.16	154.78	148.49	185.73	196.19
16	SJ21	237.48	230.21			233.75	237.07
17	SJ22	235.61	192.41	206.33	209.00	234.68	238.00
18	SJ23	207.38	181.42		175.10	202.46	203.90
19	SJ24	214.60	208.56		190.38	205.74	205.79
20	SJ25	207.43	182.01		175.21	197.16	201.53
21	SJ26	206.10	194.93	181.75	187.26	205.39	209.64
22	SJ27	204.18	150.97			185.97	193.33
23	SJ28	207.57	183.37	176.64	190.91	212.93	212.09
24	SJ29	200.97	163.76		168.05	196.50	204.91
25	SJ30	207.43	198.66	174.16	176.18	215.76	235.51
26	SJ31	195.79	166.38	151.33	155.93	181.53	187.68
27	SJ32	214.45	206.15	187.79	187.67	217.45	217.37
28	SJ33	215.59	205.40		203.89	217.09	224.74
29	SJ34	244.72	215.04		210.11	228.51	235.00
30	SJ35	229.19	186.51		188.23	212.26	222.91
31	SJ36	241.37	219.87	195.62	207.97	242.05	240.14
32	SJ37	217.42	194.75	177.42	196.61	216.43	218.57
33	SJ38	219.02	171.56		156.28	196.94	200.76
34	SJ39	215.61	201.00	193.82	195.94	219.94	224.04

หมายเหตุ : [ช่องสีเทา] = ไม่มีข้อมูล หรือจำนวนข้อมูลน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงค่า PTT+ (ms) ของอาสาสมัครงานวิจัย 34 คน แบ่งเป็น 6 ช่วงการทดลอง

ลำดับที่	รหัสอาสาสมัคร	พักเริ่มต้น (Baseline)	เตรียมพูด (Preparation)	พูด (Speech)	คำนวณในใจ (Math Cal.)	พัก 5 นาทีแรก (Recovery/ 1st. half)	พัก 5 นาทีหลัง (Recovery/ 2nd. half)
		BL_PTT+	PP_PTT+	SP_PTT+	MC_PTT+	RC_1st_PTT+	RC_2nd_PTT+
1	SJ04	273.94	235.66	222.08	241.43	280.83	282.61
2	SJ05	351.40	327.57			351.07	353.60
3	SJ06	327.58	288.50	277.17	285.98	309.06	313.53
4	SJ07	320.57	279.55	257.89	272.44	310.08	322.82
5	SJ08	306.07	280.09		232.32	269.75	270.87
6	SJ09	392.26	363.27			369.86	374.72
7	SJ10	297.44	291.13		266.28	296.86	300.71
8	SJ11	353.58	297.15		286.90	332.82	338.68
9	SJ12	316.80	247.15			249.52	249.82
10	SJ14	376.82	298.40			312.49	318.67
11	SJ15	273.75	240.38	224.06	223.02	262.37	273.55
12	SJ16	284.45	303.06		279.70	322.36	324.11
13	SJ18	328.14	321.91	219.48	288.54	328.44	332.22
14	SJ19	326.98	321.04			337.69	342.25
15	SJ20	265.93	248.50	235.46	230.77	270.79	284.50
16	SJ21	337.25	347.68			333.13	340.08
17	SJ22	344.19	288.07	301.15	307.64	339.18	343.52
18	SJ23	304.29	275.03			295.68	297.61
19	SJ24	278.73	286.48		274.30	287.15	286.74
20	SJ25	297.22	268.82		265.34	285.44	293.01
21	SJ26	296.32	285.30	259.58	288.68	301.86	305.15
22	SJ27	313.88				301.92	306.51
23	SJ28	322.06	285.09	265.54	292.95	309.86	311.71
24	SJ29	291.55	234.43		222.26	284.59	294.93
25	SJ30	319.23	296.07	258.27	273.23	328.91	360.21
26	SJ31	304.07	264.18	231.56	243.25	274.45	283.18
27	SJ32	355.54	365.73	317.11	361.31	339.68	343.14
28	SJ33	306.49	303.65		295.73	313.12	322.28
29	SJ34	358.37	346.66		333.63	338.58	350.08
30	SJ35	348.97	280.33		274.24	320.47	337.11
31	SJ36	369.39	366.30	361.42	367.23	375.23	379.59
32	SJ37	318.06	308.66	270.18	303.24	322.16	324.71
33	SJ38	314.69	248.16	202.95	223.65	292.51	294.37
34	SJ39	315.20	290.99	278.00	285.38	315.13	319.26

หมายเหตุ : [ช่องสีเทา] = ไม่มีข้อมูล หรือจำนวนข้อมูลน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 การทดสอบทางสถิติในแต่ละช่วงการทดลองเปรียบเทียบกับช่วงเริ่มต้น โดยใช้ MS Excel

จากตาราง 5.1 และ 5.2 จะนำค่าเฉลี่ยของ PTT- และ PTT+ ที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละช่วงของการทดลองของอาสาสมัครงานวิจัยแต่ละคนมาทดสอบทางสถิติ เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยจะเปรียบเทียบค่า PTT- และ PTT+ กับช่วงพักเริ่มต้น (Baseline) โดยใช้ฟังก์ชันวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) t-Test: Paired Two Sample for Means ในโปรแกรม MS Excel เป็นเครื่องมือทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติ โดยข้อมูลของอาสาสมัครงานวิจัยแต่ละคนที่จะนำมาทดสอบจะต้องมีทั้งสองฝั่ง (ช่วงพักเริ่มต้น และ ช่วงของการทดลองที่จะนำมาเปรียบเทียบ) ถึงจะนำมาใช้ทดสอบทางสถิติ แต่ ถ้ามีเพียงฝั่งใดฝั่งหนึ่งเพียงค่าเดียว ก็จะถูกตัดทิ้งไปในการทดสอบครั้งนั้น ๆ

t-Test: Paired Two Sample for Means

	BL_PTT-	*PP_PTT-*
Mean	219.541	192.452
Variance	428.726	451.388
Observations	33	33
Pearson Correlation	0.754	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	32	
t Stat	10.579	
P(T<=t) one-tail	0.000	
t Critical one-tail	1.694	
P(T<=t) two-tail	0.000	
t Critical two-tail	2.037	

รูปที่ 5.9 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT- ระหว่าง Baseline Vs Preparation

t-Test: Paired Two Sample for Means

	BL_PTT-	*SP_PTT-*
Mean	211.720	177.482
Variance	254.932	317.473
Observations	13	13
Pearson Correlation	0.909	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	12	
t Stat	16.637	
P(T<=t) one-tail	0.000	
t Critical one-tail	1.782	
P(T<=t) two-tail	0.000	
t Critical two-tail	2.179	

รูปที่ 5.10 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT- ระหว่าง Baseline Vs Speech

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t-Test: Paired Two Sample for Means

	BL_PTT-	MC_PTT-
Mean	218.019	186.765
Variance	394.759	424.296
Observations	25	25
Pearson Correlation	0.857	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	24	
t Stat	14.420	
P(T<=t) one-tail	0.000	
t Critical one-tail	1.711	
P(T<=t) two-tail	0.000	
t Critical two-tail	2.064	

รูปที่ 5.11 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT- ระหว่าง Baseline Vs Math. Cal.

t-Test: Paired Two Sample for Means

	BL_PTT-	RC_1st_PTT-
Mean	219.624	212.068
Variance	442.322	368.414
Observations	32	32
Pearson Correlation	0.865	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	31	
t Stat	4.025	
P(T<=t) one-tail	0.000	
t Critical one-tail	1.696	
P(T<=t) two-tail	0.000	
t Critical two-tail	2.040	

รูปที่ 5.12 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT- ระหว่าง Baseline Vs Recovery (1sthalf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t-Test: Paired Two Sample for Means

	BL_PTT-	*RC_2nd_PTT-*
Mean	219.467	217.614
Variance	456.249	325.604
Observations	31	31
Pearson Correlation	0.872	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	30	
t Stat	0.985	
P(T<=t) one-tail	0.166	
t Critical one-tail	1.697	
P(T<=t) two-tail	0.332	
t Critical two-tail	2.042	

รูปที่ 5.13 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT- ระหว่าง Baseline Vs Recovery (2ndhalf)

จากรูป 5.9-5.13 ซึ่งแสดงผลการทดสอบทางสถิติ ของค่า PTT- ที่ได้จากการทดลอง 5 คู่เทียบ ซึ่งสามารถตีความผลทดสอบทางสถิติได้ว่า ระหว่าง Baseline Vs Preparation, Baseline Vs Speech, Baseline Vs Math. Cal. และ Baseline Vs Recovery (1st half) ค่า PTT- มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Significant Difference) (น้อยกว่าช่วง Baseline) ดูได้จาก ค่า p<0.0001 [24] และค่า t stat > t Critical (ค่า Mean ของ ตัวตั้งต้น มีค่ามากกว่า ตัวที่นำมาเป็นคู่เทียบ)

ส่วนผลทดสอบทางสถิติ ระหว่าง Baseline Vs Recovery (2nd half) ค่า PTT- ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Not Significant Difference) ดูได้จาก ค่า p>0.05 [24] และค่า t stat < t Critical (ค่า Mean ของ ตัวตั้งต้น มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ ตัวที่นำมาเป็นคู่เทียบ)

t-Test: Paired Two Sample for Means

	BL_PTT+	*PP_PTT+*
Mean	320.524	293.484
Variance	972.498	1338.675
Observations	33	33
Pearson Correlation	0.730	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	32	
t Stat	6.119	
P(T<=t) one-tail	0.000	
t Critical one-tail	1.694	
P(T<=t) two-tail	0.000	
t Critical two-tail	2.037	

รูปที่ 5.14 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT+ ระหว่าง Baseline Vs Preparation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t-Test: Paired Two Sample for Means

	BL_PTT+	*SP_PTT+*
Mean	315.541	261.371
Variance	810.162	1667.220
Observations	16	16
Pearson Correlation	0.765	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	15	
t Stat	8.197	
P(T<=t) one-tail	0.000	
t Critical one-tail	1.753	
P(T<=t) two-tail	0.000	
t Critical two-tail	2.131	

รูปที่ 5.15 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT+ ระหว่าง Baseline Vs Speech

t-Test: Paired Two Sample for Means

	BL_PTT+	*MC_PTT+*
Mean	314.289	277.670
Variance	809.693	1471.976
Observations	26	26
Pearson Correlation	0.749	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	25	
t Stat	7.349	
P(T<=t) one-tail	0.000	
t Critical one-tail	1.708	
P(T<=t) two-tail	0.000	
t Critical two-tail	2.060	

รูปที่ 5.16 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT+ ระหว่าง Baseline Vs Math. Cal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t-Test: Paired Two Sample for Means

	BL_PTT+	*RC_1st_PTT+*
Mean	320.329	310.676
Variance	944.326	873.242
Observations	34	34
Pearson Correlation	0.773	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	33	
t Stat	2.766	
P(T<=t) one-tail	0.005	
t Critical one-tail	1.692	
P(T<=t) two-tail	0.009	
t Critical two-tail	2.035	

รูปที่ 5.17 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT+ ระหว่าง Baseline Vs Recovery (1st half)

t-Test: Paired Two Sample for Means

	BL_PTT+	*RC_2nd_PTT+*
Mean	320.329	316.937
Variance	944.326	931.075
Observations	34	34
Pearson Correlation	0.751	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	33	
t Stat	0.916	
P(T<=t) one-tail	0.183	
t Critical one-tail	1.692	
P(T<=t) two-tail	0.366	
t Critical two-tail	2.035	

รูปที่ 5.18 แสดงผล t-Test: Paired Two Sample ค่า PTT+ระหว่าง Baseline Vs Recovery (2nd half)

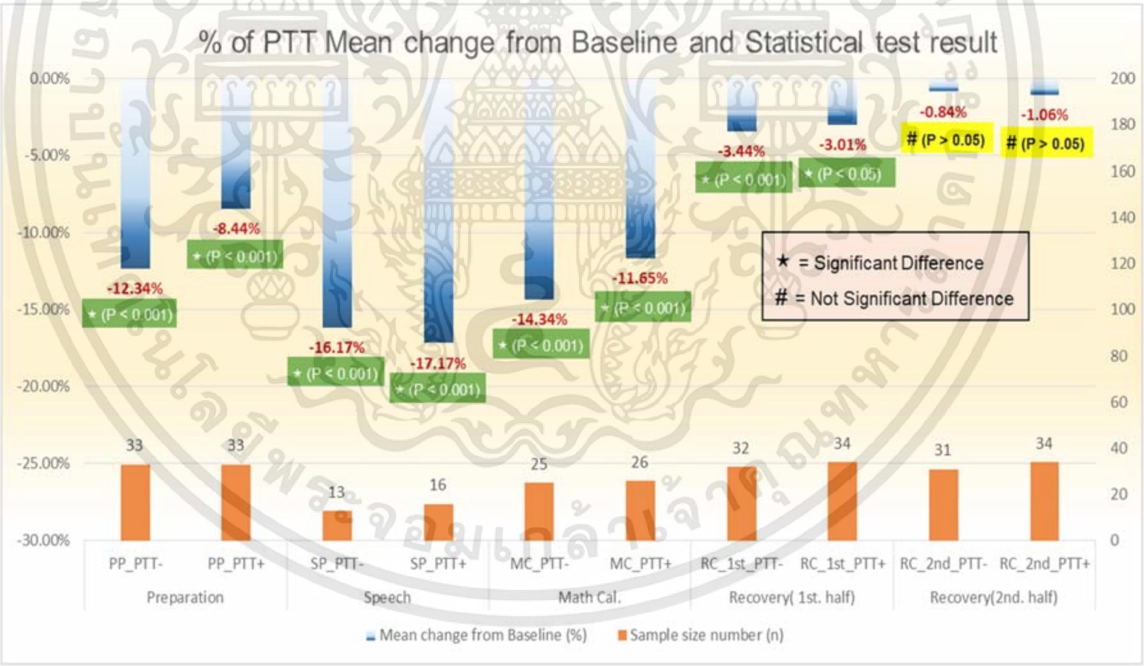
จากรูป 5.14-5.18 ซึ่งแสดงผลการทดสอบทางสถิติ ของค่า PTT+ ที่ได้จากการทดลอง 5 คู่เทียบ ซึ่งสามารถตีความผลทดสอบทางสถิติได้ว่า ระหว่าง Baseline Vs Preparation, Baseline Vs Speech, Baseline Vs Math. Cal. และ Baseline Vs Recovery (1st half) ค่า PTT+ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Significant Difference) (น้อยกว่าช่วง Baseline) ดูได้จาก ค่า $p<0.0001$ [24] สำหรับ 3 คู่แรก ส่วนคู่เทียบระหว่าง Baseline Vs Recovery (1st half) ค่า $p<0.05$ [24] และค่า t stat > t Critical (ค่า Mean ของ ตัวตั้งต้น มีค่ามากกว่า ตัวที่นำมาเป็นคู่เทียบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผลทดสอบทางสถิติ ระหว่าง Baseline Vs Recovery (2nd half) ค่า PTT+ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Not Significant Difference) ดูได้จาก ค่า p>0.05 [24] และค่า t stat < t Critical (ค่า Mean ของ ตัวตั้งต้น มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ ตัวที่นำมาเป็นคู่เทียบ)

5.3.3 ผลการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT- และ PTT+ จากช่วงพักเริ่มต้น

ตามรูป 5.19 และตาราง 5.3 การวิเคราะห์เพื่อหาเปอร์เซนต์ความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT- และ PTT+ จากช่วงพักเริ่มต้น แสดงให้เห็นว่าในช่วงการทดลองในแต่ละช่วงค่า PTT- และ PTT+ จะมีค่าที่ลดลง 8-18 เปอร์เซนต์ แต่ในช่วงพักเพื่อกลับสู่สภาวะเริ่มต้น (Recovery) ในช่วง 5 นาทีแรก ค่า PTT- และ PTT+ จะมีค่าต่ำกว่าช่วงพักเริ่มต้น (Baseline) อยู่ประมาณ 3-3.5 เปอร์เซนต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้เวลาในในช่วงพักเพื่อกลับสู่สภาวะเริ่มต้น (Recovery) 5 นาที ในอาสาสมัครงานวิจัยกลุ่มนี้ ยังไม่สามารถทำให้พวกเขากลับคืนสู่สภาวะปกติได้สมบูรณ์หลังจากที่ได้รับแรงกดดันทางจิตใจ ส่วนในช่วงพักเพื่อกลับสู่สภาวะเริ่มต้น (Recovery) ในช่วง 5 นาทีหลัง จะเห็นว่าค่า PTT- และ PTT+ จะมีค่าต่ำกว่าช่วงพักเริ่มต้น (Baseline) อยู่ประมาณ 0.8-1.5 เปอร์เซนต์ จากการทดสอบทางสถิติใน หัวข้อ 5.3.2 สามารถสรุปได้ว่า ในช่วงพักเพื่อกลับสู่สภาวะเริ่มต้น (Recovery) ในช่วง 5 นาทีหลัง ในอาสาสมัครงานวิจัยกลุ่มนี้ พวกเขาสามารถพักเพื่อกลับคืนสู่สภาวะปกติได้สมบูรณ์



รูปที่ 5.19 แสดงความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT- และ PTT+ จากช่วงพักเริ่มต้น (Baseline)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดง ความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT- และ PTT+ จากช่วงพักเริ่มต้น (Baseline) และค่าการทดสอบทางสถิติ

Parameter	Preparation		Speech		Math Cal.		Recovery(1st. half)		Recovery(2nd. half)	
	PP_PTT-	PP_PTT+	SP_PTT-	SP_PTT+	MC_PTT-	MC_PTT+	RC_1st_PTT-	RC_1st_PTT+	RC_2nd_PTT-	RC_2nd_PTT+
Mean change from	-12.34%	-8.44%	-16.17%	-17.17%	-14.34%	-11.65%	-3.44%	-3.01%	-0.84%	-1.06%
Sample size number (n)	33	33	13	16	25	26	32	34	31	34
P Value	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.005	0.166	0.183

5.4 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดลองวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) กับสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) หลังจากเกิดแรงกดดันทางจิตใจ โดยใช้หลักการการแสดงออกในที่สาธารณะ (TSST) และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในใจ เพื่อหาค่า PTT (PTT-, PTT+) และนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่า PTT ในช่วงการทดลองต่าง ๆ เปรียบเทียบกับช่วงพักเริ่มต้น (Baseline) โดยวัดสัญญาณกับอาสาสมัครงานวิจัย 36 คน โดยทดลองเหมือนกันทั้ง 36 ครั้งภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน คือ ช่วงพักเริ่มต้น 5 นาที หลังจากนั้นให้ พูดในสถานการณ์จำลองสภาวะแรงกดดันทางจิตใจ 5 นาที ตามด้วยคำนวณคณิตศาสตร์ในใจจับเวลาจำลองสถานการณ์สภาวะแรงกดดันทางจิตใจ 5 นาที และพักเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของสัญญาณต่าง ๆ หลังจากเกิดสภาวะแรงกดดันทางจิตใจ 10 นาที จากนั้นนำสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) กับสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) ที่ได้มาวิเคราะห์ หาค่า PTT (PTT-, PTT+) เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่า PTT (PTT-, PTT+) เปรียบเทียบกับ ช่วงพักเริ่มต้นก่อนเกิดการสร้างสถานการณ์สร้างแรงกดดันทางจิตใจกับช่วงหลังจากเกิดการสร้างสถานการณ์สร้างแรงกดดันทางจิตใจ ซึ่งพบว่า เปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงของค่า PTT- และ PTT+ ในช่วงการทดสอบแรงกดดันทางจิตใจจะลดลงจากช่วงพักเริ่มต้น (Baseline) ประมาณ 8-18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดลอง การบันทึกค่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) กับสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) ในช่วงเตรียมตัวพูด, ช่วงพูด และ ช่วงคำนวณคณิตศาสตร์ในใจ พบว่ามีปัญหาสัญญาณเสียหายไม่สามารถนำมาใช้งานได้ อาจจะมีสาเหตุการเคลื่อนไหวและขยับอวัยวะต่าง ๆ ของอาสาสมัครงานวิจัยจึงทำให้เกิดสัญญาณรบกวนและ/หรือ ทำให้สัญญาณที่ต้องการขาดหายไป ไม่สมบูรณ์ จึงเป็นปัญหาไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่า PTT- และ PTT+ ได้ครบถ้วนทุกช่วงการทดลองและครบถูกคน จากข้อมูลการทดสอบทางสถิตินั้นทำให้เชื่อมั่นว่า เราสามารถนำค่า PTT (PPT-, PTT+) มาใช้เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของร่างกายมนุษย์ เมื่อได้รับแรงกดดันทางจิตใจ และเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะใช้ทดสอบและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในร่างกายของบุคคลโดยทั่วไป เพื่อคิดค้นหาวิธีที่จะลดแรงกดดันทางจิตใจและ/หรือ สามารถหาวิธีผ่อนคลาย ที่จะทำให้ร่างกายกลับคืนสู่สภาวะปกติได้เร็วที่สุด หลังได้รับแรงกดดันทางจิตใจ เพื่อลดสภาวะแรงกดดันทางจิตใจสะสม ซึ่งอาจจะส่งผลต่อสุขภาพร่างกายในระยะยาวได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุปงานวิจัย

ในประเทศไทย การศึกษาในเรื่องการเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของร่างกาย เมื่อได้รับแรงกดดันทางจิตใจ โดยใช้วิธีการมองผ่านค่า PTT ยังมีอยู่ไม่มากนัก เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านเครื่องมือและทักษะความชำนาญของผู้วิเคราะห์ข้อมูลทางการแพทย์ โดยส่วนมากแล้วยังต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญอย่างสูงในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ๆ ซึ่งในการทำการวิจัยเกี่ยวกับค่า PTT เพื่อบ่งชี้ถึงสภาวะทางกายภาพของร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไปในสถานการณ์ต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงนั้นอาจจะมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย แต่จะปฏิเสธไม่ได้เลยว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายและการเจ็บป่วยของผู้ที่ประสบปัญหาในระยะยาว ในการศึกษาความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT สามารถทำให้เราทราบว่ามีความผิดปกติต่าง ๆ เกิดขึ้นแล้ว และเป็นการดีที่จะหาสาเหตุและรักษาให้กลับมาเป็นปกติได้โดยเร็ว ก่อนที่ระบบทางกายภาพ ในร่างกายจะได้รับผลกระทบในระยะยาว และจากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบว่า ช่วงเวลาในการพักเพื่อกลับคืนสู่สภาวะปกติหลังจากได้รับแรงกดดันทางจิตใจก็ต้องมีระยะเวลาที่เหมาะสม และต้องขึ้นอยู่ปัจจัยต่าง ๆ ด้วย เช่น วัย, สถานะทางสังคม, สภาวะทางสังคมและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาหาเครื่องมือหรือดัชนี ในการวัดและวิเคราะห์ สภาวะทางจิตใจเมื่อได้รับแรงกดดัน ซึ่งได้ใช้ค่า PTT (PPT-, PTT+) ที่ได้มาจากการเปรียบเทียบสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจกับสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ ซึ่งเป็นการใช้เครื่องมือและเซนเซอร์ในการวัดแบบไม่รุกราน และยังสามารถทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT (PPT-, PTT+) หลังจากเกิดแรงกดดันทางจิตใจ โดยใช้หลักการการแสดงออกในที่สาธารณะ (TSST) และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในใจ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องบันทึก Biopac TM system MP 36, สายที่ใช้เชื่อมต่อกับอิเล็กโทรด (Shielded Electrode Adapter), อิเล็กโทรด และเซนเซอร์วัดสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความสะดวกในการใช้งานและการติดตั้ง เพื่อใช้ในการวัดสัญญาณระหว่างการทำการทดลอง อุปกรณ์ดังกล่าวเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ภายนอกร่างกาย สามารถติดตั้งกับมนุษย์ได้อย่างปลอดภัย ไม่เกิดอันตรายกับอาสาสมัครงานวิจัย จากนั้นอุปกรณ์เหล่านี้ก็จะทำการแปลงค่าแรงดันที่วัดได้เป็นสัญญาณดิจิตอลผ่านตัวแปลงเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูล และนำไปวิเคราะห์หาค่าความเปลี่ยนแปลงจากค่าแรงดันต่อหน่วยเวลา ในพารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษา ในงานวิจัยนี้สนใจค่า PTT (PPT-, PTT+) ทั้งในช่วงก่อนการสร้างแรงกดดันทางจิตใจ และช่วงต่าง ๆ ในการทดลองกับช่วงหลังจากการสร้างแรงกดดันทางจิตใจ การวิเคราะห์ค่า PTT นี้ จะใช้โปรแกรมMATLAB® และ Microsoft Excel™

ในส่วนการทดสอบกระบวนการของการทดลอง โดยใช้เครื่องบันทึก Biopac TM system MP 36, อิเล็กโทรด เพื่อวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และเซนเซอร์สัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) เป็นหลัก โดยจะวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และ สัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) เพื่อนำมาคำนวณหาค่า PTT ในแต่ละคาบเวลาการทำงานของหัวใจ เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT (PTT-, PTT+) ทั้งในช่วงก่อนการสร้างแรงกดดันทางจิตใจ และช่วงต่าง ๆ ในการทดลองกับช่วงหลังจากการสร้างแรงกดดันทางจิตใจ เพื่อทดสอบตำแหน่งความถูกต้องของการติดอิเล็กโทรด ในการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ, ตำแหน่งเซนเซอร์ที่ใช้วัดสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ และการทำงานของเครื่องบันทึก Biopac TM system MP 36 ที่ใช้ในการบันทึกในแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และ วัดสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) กับอาสาสมัครงานวิจัย 36 คน เพื่อวิเคราะห์หาค่า PTT (PTT-, PTT+) พร้อมกับสร้างสถานการณ์จำลองเพื่อสร้างแรงกดดันทางจิตใจ มีขั้นตอนในการทำการทดลองดังนี้ ช่วงพักเริ่มต้น 5 นาที, ช่วงรับฟังโจทย์และทำความเข้าใจเพื่อเตรียมตัวพูด 5 นาที, พูดตามโจทย์ 5 นาที ตามด้วยทำการคำนวณคณิตศาสตร์ในใจ (จับเวลานับถอยหลัง ข้อละ 60 วินาที) 5 นาที และพักเพื่อกลับสู่สภาวะเริ่มต้นหลังจากได้รับแรงกดดันทางจิตใจ 10 นาที จากการทดลองสามารถนำสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และ สัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) ดังกล่าว มาหาค่า PTT (PTT-, PTT+) เพื่อนำมาเปรียบเทียบร้อยละของความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT (PTT-, PTT+) ในช่วงก่อนการสร้างแรงกดดันทางจิตใจ และช่วงต่าง ๆ ในการทดลองกับช่วงหลังจากการสร้างแรงกดดันทางจิตใจ สรุปได้ว่าค่า PTT (PTT-, PTT+) ของอาสาสมัครงานวิจัย รวม 34 คน จากทั้งหมด 36 คน พบความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT- และ PTT+ ในช่วงการทดสอบแรงกดดันทางจิตใจจะลดลงจากช่วงพักเริ่มต้น (Baseline) ประมาณร้อยละ 8-18

จากการทดลองนี้ การบันทึกค่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) กับสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) ในช่วงเตรียมตัวพูด, ช่วงพูด และ ช่วงคำนวณคณิตศาสตร์ในใจ พบว่ามีปัญหาสัญญาณเสียหายไม่สามารถนำมาใช้งานได้บางช่วง อาจจะมีสาเหตุมาจากการเคลื่อนไหวและขยับอวัยวะต่าง ๆ ของอาสาสมัครงานวิจัย และจากข้อมูลผลการทดสอบทางสถิตินั้น ทำให้มีความเชื่อมั่นว่า เราสามารถนำค่า PTT (PTT-, PTT+) มาใช้เพื่อเฝ้าระวังความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของร่างกายมนุษย์เมื่อได้รับแรงกดดันทางจิตใจ เพื่อหาวิธีการผ่อนคลายที่จะทำให้ร่างกายกลับคืนสู่สภาวะปกติได้เร็วที่สุดหลังที่ได้รับแรงกดดันทางจิตใจ เพื่อลดสภาวะแรงกดดันทางจิตใจสะสม ซึ่งอาจจะส่งผลต่อสุขภาพร่างกายในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

จากระบบการวัดและวิเคราะห์ค่า PTT (PTT-, PTT+) จากสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และสัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) แบบไม่รุกราน ทำการวัดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถแสดงให้เห็น ความเปลี่ยนแปลงของค่า PTT (PTT-, PTT+) เพื่อพัฒนาให้เป็นค่าพารามิเตอร์สำหรับใช้วิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของร่างกายมนุษย์นั้น ได้พบปัญหาในระหว่างทำการทดลอง ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

6.2.1 การวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และ สัญญาณการเต้นของหัวใจที่ปลายนิ้วมือ (PPG) พบการรบกวนของสัญญาณรบกวน (Noise) ค่อนข้างมาก ทำให้สัญญาณที่ได้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งมีผลต่อการนำมาวิเคราะห์หาค่า PTT (PTT-, PTT+) ดังนั้นจึงต้องหาวิธีในการลดสัญญาณรบกวนให้ได้มากที่สุด เพื่อความสมบูรณ์ของสัญญาณที่ต้องการ และขั้นตอนการทดลองที่จะต้องใช้ระยะเวลาพอสมควร ควรจะต้องมีระบบสำรองไฟฉุกเฉินให้กับเครื่องบันทึก Biopac TM system MP 36 เพื่อความต่อเนื่องของการทดลองและป้องกันข้อมูลเสียหายจากสัญญาณรบกวนหรือไฟฟ้าดับ จึงเสนอแนะให้มีการจัดหาเครื่องสำรองไฟมาเพิ่มในชุดการทดลองต่อไป

6.2.2 การขยับตัวลุก-นั่งและการเคลื่อนไหวร่างกายระหว่างทำการทดสอบ ของอาสาสมัครงานวิจัยยังคงเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้สัญญาณไม่สมบูรณ์และไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้หาค่า PTT (PTT-, PTT+) ไม่ได้ ถ้าขาดสัญญาณใดสัญญาณหนึ่งระหว่าง ECG และ PPG ในช่วงคาบเวลานั้น ๆ ของสัญญาณทั้งสอง

6.2.3 ในการทำการทดสอบ TSST ควรมีการเพิ่มเติม การทำแบบทดสอบทางจิตวิทยาด้วย เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบมาช่วยในการจัดกลุ่มของอาสาสมัครงานวิจัย เพื่อประโยชน์ในงานวิจัย

6.2.4 ในการทำการทดลอง ควรหาอาสาสมัครในการทดลองกลุ่มที่มีความผิดปกติทางด้านแรงกดดันทางจิตใจมาเป็นกลุ่มตัวอย่างด้วย และควรหาช่วงวัยที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มจำนวนข้อมูลให้คอบคลุมทุกกลุ่ม

6.2.5 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการบันทึกและวิเคราะห์ผลการทดสอบนั้นต้องใช้งานบนระบบปฏิบัติการเฉพาะรุ่น (Windows 10 64 bit) และคอมพิวเตอร์ที่ใช้บันทึก ควรมีคุณสมบัติขั้นต่ำคือ CPU 2.6 GHz RAM 8 GB เป็นต้นไป เพราะถ้าคุณสมบัติต่ำกว่านี้ อาจจะทำให้เกิดปัญหาในการบันทึกสัญญาณระหว่างทำการทดลองและเกิดปัญหาไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้ตามความประสงค์ของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] รศ. ดร. ภญ. ศรีจันทร์ พรจิราศิลป์ ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2554. **ความเครียด-วิธีแก้ความเครียด.** [Online]. เข้าได้จาก : https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/47/ความเครียด-วิธีแก้ความเครียด/

[2] กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข. 2555. **คู่มือคลายเครียด(ฉบับปรับปรุงใหม่).** [Online]. เข้าได้จาก : https://www.dmh.go.th/ebook/view.asp?id=345.

[3] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2558. **การสำรวจสุขภาพจิต (ความสุข) คนไทยกรกฎาคม พ.ศ. 2558**. [Online]. เข้าได้จาก : http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/themes/files/mental-healthm_jul_58.pdf.

[4] Andrew Baum, Tracey A. Revenson, Jerome Singer. 2011. **Handbook of Health Psychology**. [Online]. เข้าได้จาก : https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9780203804100.ch3.

[5] Robert Boyle.2013. **A Clinical Guide to the Treatment 17of the Human Stress Response**. Springer Science+Business Media New York 2013.pp 17-51.

[6] Arthur M. Nezu, Christine Maguth Nezu, Pamela A. Geller.2003. **HANDBOOK of PSYCHOLOGY**. John Wiley & Sons, Inc.pp50-72.

[7] นางสาวปาณิก เวียงชัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาชีววิทยา 2558. **การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อความเครียด.** [Online]. เข้าได้จาก : http://biology.ipst.ac.th/?p=2767/

[8] ศูนย์วิจัยสุขภาพกรุงเทพ 2544. **ความเครียดกับโรคหัวใจ.** [Online]. เข้าได้จาก : www.bangkokhealth.com/index.php/health/health-system/heart/2032-ความเครียดกับโรคหัวใจ.html

[9] Benjamin Wedro, Daniel Lee Kulick, Charles Patrick Davis. 2018. **Electrocardiogram (ECG, EKG)**. [Online]. เข้าได้จาก : https://www.emedicinehealth.com/electrocardiogram_ecg/article_em.htm#what_is_an_electrocardiogram_ecg_ekg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] Med.uc.edu. **Difference between Systolic Dysfunction and Diastolic Dysfunction**. [Online]. เข้าได้จาก : http://www.differencebetween.info/difference-between-systolic-dysfunction-and-diastolic-dysfunction.

[11] จากวิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. **การบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ**. [Online]. เข้าได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/การบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.

[12] Dr Mike Cadogan. 2018. **ECG Lead positioning**. [Online]. เข้าได้จาก : https://litfl.com/ecg-lead-positioning/

[13] Everipedia International. 2018. **PPG Signal Analysis.** [Online]. เข้าได้จาก : https://everipedia.org /wiki/ppg-signal-analysis/

[14] Uland L., Luke R. 2015. **Optical Transducers.** [Online]. เข้าได้จาก : https://www.chegg.com/tutors/what-are-Optical-Transducers/

[15] Toshiyo Tamura, Yuka Maeda, Masaki Sekine and Masaki Yoshida. 2014. **Wearable Photoplethysmographic Sensors—Past and Present.** [Online]. เข้าได้จาก : https://www.mdpi.com/2079-9292/3/2/282/htm

[16] Stefan Hey, Adnene Gharbi, Birte von Haaren, Katrin Walter, Nils König, Simone Löffler. 2009. **Continuous noninvasive Pulse Transit Time Measurement for Psycho-Psychophysiological Stress Monitoring**, International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine, the 2009 IEEE Page(s):113-116

[17] Johanna U. Frisch, Jan A. Häusser, Andreas Mojzisch. 2015. **The Trier Social Stress Test as a paradigm to study how people respond to threat in social interactions**, Front. Psychol. 6:14. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00014, [Online] เข้าได้จาก : https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2015.00014/full

[18] Kudielka B. M., Hellhammer D. H., Kirschbaum C. 2007. **“Ten years of research with the Trier Social Stress Test (TSST)—Revisited”,** in Social Neuroscience : Integrating Biological and Psychological Explanations of Social Behavior, eds E. Harmon-Jones and P. Winkielman (New York: Guilford Press), 56–83.

[19] Dickerson S. S., Kemeny M. E. 2004. **Acute stressors and cortisol responses : a theoretical integration and synthesis of laboratory research**. Psychol. Bull. 130, 355–391. doi: 10.1037/0033-2909.130.3.355

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[20] Kirschbaum C., Pirke K. M., Hellhammer D. H. 1993. **The 'Trier Social Stress Test'—a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting**. Neuropsychobiology 28, 76–81. doi: 10.1159/000119004

[21] Nater U. M., Rohleder N. 2009. **Salivary alpha-amylase as a non-invasive biomarker for the sympathetic nervous system: current state of research.** Psychoneuroendocrinology 34, 486–496. doi: 10.1016/j.psyneuen.2009.01.014

[22] Buske-Kirschbaum A., Jobst S., Wustmans A., Kirschbaum C., Rauh W., Hellhammer D. H. 1997. **Attenuated free cortisol response to psychosocial stress in children with atopic dermatitis.** Psychosom. Med. 59, 419–426. doi: 10.1097/00006842-199707000-00012

[23] Kudielka B. M., Hellhammer J., Hellhammer D. H., Wolf O. T., Pirke K. M., Varadi E., et al. 1998. **Sex differences in endocrine and psychological responses to psychosocial stress in healthy elderly subjects and the impact of a 2-week dehydroepiandrosterone treatment.** J. Clin. Endocrinol. Metab. 83, 1756–1761. doi: 10.1210/jcem.83.5.4758

[24] Nandakumar Selvaraj, 2015. **Psychological acute stress measurement using a wireless adhesive biosensor**. 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), the 2015 IEEE Page(s):3137-3140

[25] Andrew P. Allen, Paul J. Kennedy, Samantha Dockra, John F. Cryan,Timothy G. Dinan,Gerard Clarke. **The Trier Social Stress Test: Principles and practice.** Neurobiology of Stress 2017.pp113-126.

[26] Daniela Schoof, Oliver T. Wolf. **Are salivary gonadal steroid concentrations influenced by acute psychosocial stress? A study using the Trier Social Stress Test (TSST).** International Journal of Psychophysiology 2011.pp36–43.

[27] Fares Al-shargie, Tong Boon Tang, Nasreen Badruddin. 2015. **Simultaneous Measurement of EEG-fNIRS In Classifying and Localizing Brain Activation to Mental Stress**. IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications (ICSIPA)2015.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[28] Jenny J.W. Liu, Natalie Ein, Katlyn Peck, Vivian Huang, Jens C. Pruessner,Kristin Vickers. **Sex differences in salivary cortisol reactivity to the Trier Social Stress Test (TSST): A meta- analysis**. Psychoneuroendocrinology 2017.pp26–37.

[29] BIOPAC System.2015. BSL HARDWARE GUIDE. BIOPAC System,Inc..pp1-166

[30] Hatem Sghir, Simone L¨offler, J¨org Ottenbacher, J¨urgen Stumpp, Stefan Hey. 2012. **Investigation of different HRV parameters during an extended Trier Social Stress Test.** ResearchGate. [Online] เข้าได้จาก : https://www.researchgate.net/publication/278032193_Investigation_of_different_HRV_parameters_during_an_extended_Trier_social_stress_test

[31] Juliane Hellhammer, Melanie Schubert. 2012. **The physiological response to Trier Social Stress Test relates to subjective measures of stress during but not before or after the test.** Psychoneuroendocrinology Volume 37, Issue 1, pp119-124, , [Online]. เข้าได้จาก : http://dx.doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.05.012

[32] Chien-Hao Wang, Cheng-Wei Lu, Tzu-Yu Lin, Maysam F. Abbod, Jiann-Shing Shieh, 2012 **“An Assessment of Pulse Transit Time For Detecting Heavy Blood Loss During Surgical Operation“** The Open Biomedical Engineering Journal, 2012, 6, 104-111.

[33] Kim, J.J. & Diamond, D.M. 2002. **The stressed hippocampus, synaptic plasticity and lost memory.** Nature Reviews, 3, 453-462.

[34] L. Jatobá, U. Groβmann, J. Ottenbacher, S. Härtel, B. von Haaren, W. Stork, K.D. Müller-Glaser and K. Bös. 2007. **“Obtaining Energy Expenditure and Physical Activity from Acceleration Signals for Context-aware Evaluation of Cardiovascular Parameters“**, Venezuela: CLAIB.

[35] R. L-C. Pan, B. Chen and J. K-J. Li. 1993. **“noninvasive monitoring of autonomic cardiovascular control during stress”,** Bioengineering Conference, Proceedings of the 1993 IEEE Nineteenth Annual Northeast, Page(s):187 – 188.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

1. Thanapat Chuenchom, Suradej Tretriluxana, Kitiphol Chitsakul. “Changes in Pulse Transit Time during Psychological Stress Test”. The 6th International Electrical Engineering Congress (iEECON2018) ; 7-9 March 2018 ; Krabi, Thailand. Pages 486-489

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Changes in Pulse Transit Time during Psychological Stress Test

Thanapat Chuenchom
Biomedical Measurement and Computation Laboratory
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, THAILAND
Thanapat_chuen@hotmail.com

Suradej Tretriluxana
Biomedical Measurement and Computation Laboratory
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, THAILAND

Kitiphol Chitsakul
Biomedical Measurement and Computation Laboratory
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, THAILAND

***Abstract*— Preliminary study of psychological stress on physiological parameters has been reported. Six healthy college students (male=3, female=3) participated in the modified Trier Social Stress Test (TSST). Their Electrocardiogram (ECG), Photoplethysmogram (PPG) were monitored in 5-stage experiment. Two Pulse Transit Time (PTT) were generated within each cardiac cycle from the period of R-wave presented in ECG to (1) the peak (systolic pressure) in PPG; "PTT+" and (2) the valley (diastolic pressure) in PPG; "PTT-". The mean and standard deviation of these two PTTs were reported across the stages. More data will be recruited for statistical comparison in the future.**

Keywords*— *Stress, ECG, PPG, Pulse Transit Time (PTT), TSST

I. Introduction

Stress is known to be a common factor to the alteration in physiological systems. It leads to many adverse effects and diseases. In the daily life, psychological stress is a major burden for everyone. To understand how we respond to this phenomena, physiological data were recorded and analyzed in many studies [1]. One of the non-invasive physiological measures used in stress research is the Pulse Transit Time (PTT). It is the time duration after the present of R-wave in Electrocardiogram (ECG) to the systolic (or diastolic) action in the Photoplethysmogram (PPG). Previous studies [2] reveals that PTT is a promising parameter for stress measurement.

The pulse transit time (PTT) has been known since 1950s as a marker of anxiety and stress in psycho-physiological research. Lately, PTT was used to reflect the autonomic control and surrogate measure of arterial blood pressure [1]. Since PTT is determined from two fundamental bio-signals; ECG and PPG, it is an ideal parameter for long time stress monitoring.

Trier Social Stress Test (TSST) is a standard protocol for psycho-social stress induction under controlled environment [6]. The participant is going through the 4 stage-test; (1) anticipation period is the duration where participant is preparing speech for a given topic, (2) Speech: it is a public speaking (or speaking in front of the interviewers), (3) Math: it is a basic mathematic calculation and (4) Recovery: this is the stage for recovery period. TSST can be modified according to participant's characteristic.

In this study, a reference stage (resting with eye closed) is added prior to the 4-stage TSST. Two PTTs, "PPT+" and "PTT-", were generated from the interval between the R-wave (in ECG) and the peak or valley of PPG within the same cardiac cycle.

The term 'stress' is generally described in biological system as a condition that seriously perturbs the physiological homeostasis. It alters the brain cell properties, disturbs the cognitive processes such as learning and memory [3].

The objective of this study is to find changes in PTT during psychological stress. Note that the cardiovascular parameters such as heart rate, blood pressure and artery resistance are closely linked with one another. If stress can be real-time monitored, physiological and behavioral responses would be altered.

II. METHODS

The experiment was performed at the Biomedical Measurement and Computation Laboratory (BMCL) at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Bangkok, Thailand.

A. The equipment set up

Six healthy college students (male=3, female=3) participated in this study. For each subject, four bio-signals are measured from the body; Electrocardiogram (ECG), Respiration (RES), Photoplethysmogram (PPG) and Electroencephalogram (EEG) as shown in Figure 1. The data were digitized at 2KHz by the Analog-to-Digital converter (BIOPAC MP36, California USA) and stored in the computer (see Figure 2).

B. The sequence of experiment

The modified TSST experiment is divided sequentially into 5 stages;

XXX-X-XXXX-XXXX-X/XX/$XX.00 ©20XX IEEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I. Eye closed with normal respiration for 5 minutes as "Baseline (BL)" stage
II. Speech preparation for 5 minutes
III. Speech delivering, "Speech (SP)" for 5 minutes
IV. Mathematics calculation, "Math (MC)" for 5 minutes
V. Eye closed with normal breathing for 10 minutes as "Recovery (RC)" stage

This protocol is depicted in Figure 3. The details of TSST can be found on [6].

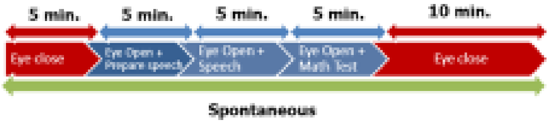


Figure 3. The 5 steps of experiment protocol

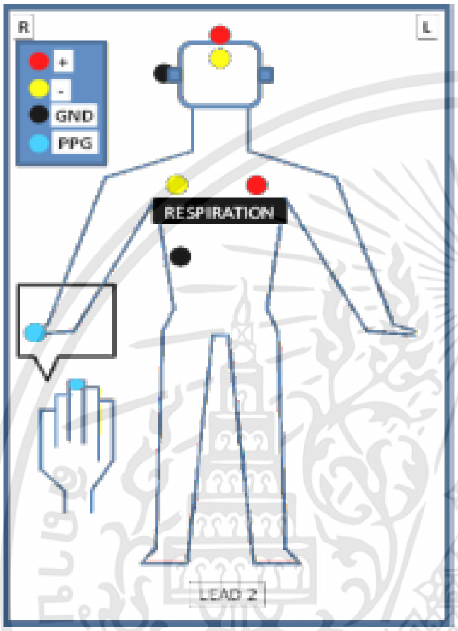


Figure 1. The 4 points of sensor attached.

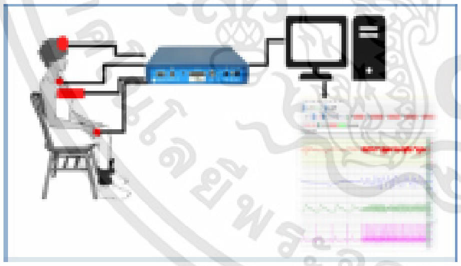


Figure 2. BIOPAC set up for data collection.

C. The Pulse Transit Time (PTT-, PTT+)

As illustrated in figure 4, two Pulse Transit Times (PTT) were identified as the distance from the R-wave in ECG to (1) the peak (systolic pressure) in PPG; "PTT+" and (2) the valley (diastolic pressure) in PPG; "PTT-". These two intervals were analyzed and compared over the stages of experiment.

III. RESULTS

Ten PTT samples selected from clearly identified cardiac cycles were averaged over six subjects for finding PTT+ and PTT- on the four stages (BL, SP, MC, RC). Their means and standard deviation, in millisecond, are tabulated in Table 1. Figure 5 also illustrates these results in box-and-whisker chart.

The primary inspection shows that the mean of SP and MC stages are shorter that mean of BL and RC stages on both PTT+ and PTT-. These results might be used to explain changes in autonomic function during stress.

TABLE 1 Mean and Standard deviation calculation

	PTT-, PTT+ (msec)		
	STATE	*Mean*	*SD*
PTT-	**Baseline : BL**	163.94	28.24
	Speech : SP	138.50	41.18
	Math. Calculation : MC	145.03	27.53
	Recovery : RC	163.52	24.46
PTT+	**Baseline : BL**	298.93	57.03
	Speech : SP	265.60	82.86
	Math. Calculation : MC	279.30	71.96
	Recovery : RC	309.61	60.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4. The definition of the PTT-, PTT+

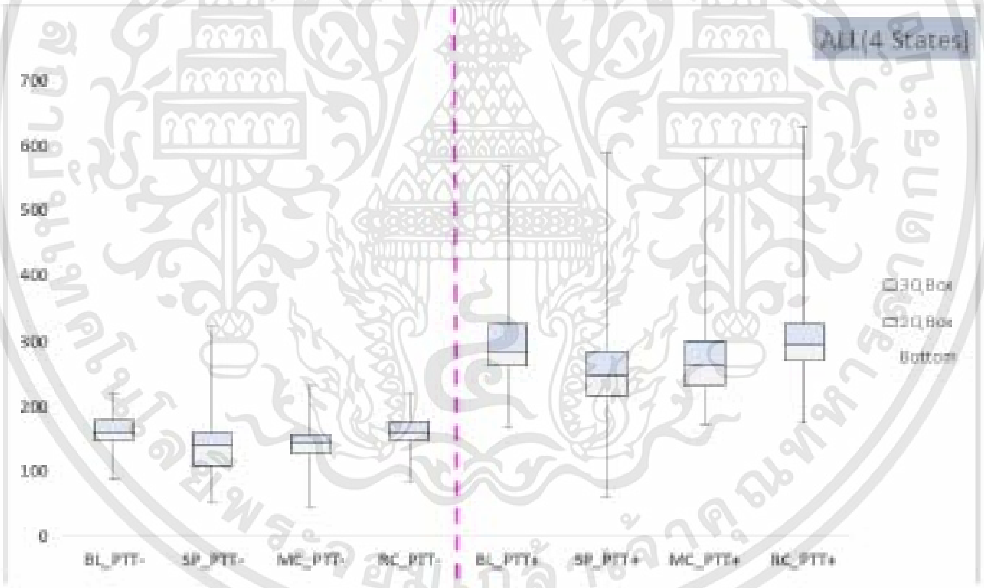


Figure 5. PTT- and PTT+ for all subjects on 4 states.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IV. DISCUSSION AND CONCLUSION

Two PTT parameters (PTT+ and PTT-) were generated from the ECG and PPG signals in six healthy participants under the psychological stress test (modified TSST). Their means and standard deviations were summarized during 4 stages. Compared to the "Baseline (BL)" and "Recovery (RC)" stages, both PTT+ and PTT- are shorter in "Speech (SP)" and "Math (MC)" stages. This preliminary result would be used to explain changes in autonomic function during psychological stress. Conclusion however could not be clearly made due to a small sample size. More data (participants) will be recruited for statistical analysis in the future.

V. ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to all participants in this study. Thanks to Miss Nipawan Pakoktom and members of the Biomedical Measurement and Computation Laboratory (BMCL) at department of Electronics Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL).

REFERENCES

[1] Chien-Hao Wang, Cheng-Wei Lu, Tzu-Yu Lin, Maysam F. Abbod and Jiann-Shing Shieh,* "An Assessment of Pulse Transit Time For Detecting Heavy Blood Loss During Surgical Operation" The Open Biomedical Engineering Journal, 2012, 6, 104-111.

[2] Stefan Hey, Adnene Gharbi, Birte von Haaren, Katrin Walter, Nils König, Simone Löffler "Continuous noninvasive Pulse Transit Time Measurement for Psycho-Psychophysiological Stress Monitoring" International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine, the 2009 IEEE Page(s):113-116.

[3] Kim, J.J. & Diamond, D.M. (2002). The stressed hippocampus, synaptic plasticity and lost memory. Nature Reviews, 3, 453-462.

[4] L. Jatobá, U. Großmann, J. Ottenbacher, S. Härtel, B. von Haaren, W. Stork, K.D. Müller-Glaser and K. Bös, "Obtaining Energy Expenditure and Physical Activity from Acceleration Signals for Context-aware Evaluation of Cardiovascular Parameters", Venezuela: CLAIB,2007.

[5] R. L-C. Pan, B. Chen and J. K-J. Li, "noninvasive monitoring of autonomic cardiovascular control during stress", Bioengineering Conference, Proceedings of the 1993 IEEE Nineteenth Annual Northeast, Page(s):187 – 188, March 1993.

[6] Kirschbaum, C., Pirke, K.-M. & Hellhammer, D.H. (1993). "The Trier Social Stress Test"- a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. Neuropsychobiology, 28, 76-81.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Letter of Invitation

Your Excellency,

The technical program committee has completed her review of papers submitted for iEECON2018, The 2018 International Electrical Engineering Congress, and accepted the paper listed hereby;

Manuscript ID: 00452
Author/s: Thanapat Chuenchom, Suradej Tretriluxana, Kitiphol Chitsakul
Manuscript Title: Changes in Pulse Transit Time during Psychological Stress Test

We, the organizing committee of iEECON2018: The 2018 International Electrical Engineering Congress, do hereby invite from Thailand:

[Thanapat Chuenchom]

for a conference attendance and scientific presentation duration 7-9 March 2018 at Krabi, Thailand.

We solemnly affirm that we will assist he/she during his/her staying.

Sincerely yours,

Assoc.Prof. Dr. Vuttipon Tarateeraseth
General Chair, iEECON2018
Email: vuttipon@g.swu.ac.th
Tel. +66 80 565 0072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dear Authors (Thanapat Chuenchom, Suradej Tretriluxana, Kitiphol Chitsakul) ;

The review process for The 2018 International Electrical Engineering Congress (iEECON2018) has been completed. Based on the recommendations of the reviewers and the Technical Program Committee, we are pleased to inform you that your paper:

Paper ID : (0452) "Changes in Pulse Transit Time during Psychological Stress Test" has been ACCEPTED by the congress.
Presentation Type : Oral Presentation

You are cordially invited to present the paper at iEECON2018 that to be held on 7-9 March 2018, Krabi, Thailand.

(Important) Please continue the following steps for your manuscript to be published:

1. EDIT your paper according to the suggestions of reviewers, strictly follow the recommended paper format. The reviewer's comments can be found in your paper/submission management page. Please prepare and submit your response to comments of reviewers (if required).
2. Please be aware of plagiarism issue. Normal acceptance of text similarity is less than 25%.
3. Please submit the final version of the revised manuscript (camera ready) with in 15 January 2018.
4. Please be reminded that at least ONE author of each accepted paper MUST register to the congress for the paper to be included in the program and congress proceedings.
5. For paper registration, please download and fill all the documents including the copyright transfer form, the speaker biography, and the response to comments of reviewers. Please also submit your proof of sponsoring society membership or studentship (if required).
6. Be reminded that the early bird registration rate is applicable only before 15 January 2018. Late registration can affect the higher registration fee.

This notification serves as our formal acceptance of your paper as well as an invitation to present your work at iEECON2018.
Should you have any query, please contact iEECON2018 Secretariat via ieecon2018@g.swu.ac.th .
We look forward to seeing you in Krabi, Thailand soon.

Sincerely,
iEECON2018 Technical Program Committee

http://www.ieecon.org/ieecon2018/index.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นามสกุล	ร้อยตรีธนภัทร ชื่นชม
วัน เดือน ปีเกิด	25 ตุลาคม พ.ศ.2515
สถานที่เกิด	สมุทรปราการ
ที่อยู่ปัจจุบัน	161/45 หมู่ที่ 9 หมู่บ้านสวนเก้าแสน ตำบลบางปลา อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10540 โทร. 092-5989791 อีเมล์ Thanapat_chuen@hotmail.com
วุฒิการศึกษา	2540 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้