

ระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัว
ของผู้มีอาการง่วงนอน: การศึกษาค้นคว้าไฟฟ้าสมอง

ศรัยเดช ชุมเดช

คุณฉันทน์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา

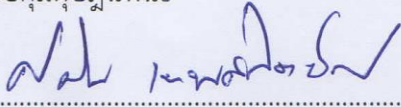
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

พฤษภาคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

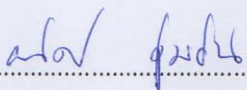
คณะกรรมการควบคุมคุณิพนธ์และคณะกรรมการสอบคุณิพนธ์ ได้พิจารณา
คุณิพนธ์ของ ตรีย์เดช ชุมเดช ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปรัชญาคุณิพนธ์ิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

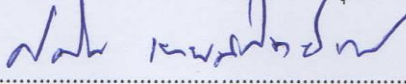
คณะกรรมการควบคุมคุณิพนธ์

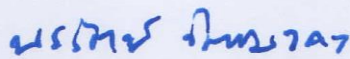

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.ศราวิน เทพสถิตย์ภรณ์)

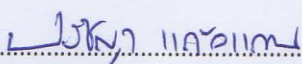

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. นรรัตน์ วัฒนมงคล)


คณะกรรมการสอบคุณิพนธ์


.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ผนิตย์ คุ่มฮิน)



.....กรรมการ
(ดร.ศราวิน เทพสถิตย์ภรณ์)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นรรัตน์ วัฒนมงคล)


.....กรรมการ
(ดร.ปรัชญา แก้วแก่น)


.....กรรมการ
(ดร.กิตติพันธุ์ อรุณพลังสันติ)

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาอนุมัติให้รับคุณิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาคุณิพนธ์ิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
ของมหาวิทยาลัยบูรพา


.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี) และวิทยาการปัญญา

วันที่ 28 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2563

คุณฉวีนิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2563

ประกาศคุณูปการ

ดุชนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก ดร.ศราวิน เทพสถิตย์ภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นรรตน์ วัฒนมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ ทำให้ดุชนิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ที่ให้ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไขที่เป็นประโยชน์ต่อการทำดุชนิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณพ่อแม่ และขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจสำคัญ ในการช่วยเหลือสนับสนุนผู้วิจัยทุก ๆ ด้าน ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคน ผู้เกี่ยวข้อง ที่เป็นกำลังใจ มีส่วนช่วยให้การทำดุชนิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จ

ดุชนิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563 ประโยชน์ของดุชนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นความกตัญญูตเวทิตาแต่ บุพการี บุรพจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จ

ตรัยย์เดช ชุมเดช

57810199: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา;

ปร.ด. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)

คำสำคัญ: แสงสีฟ้า/ การตื่นตัว/ คลื่นไฟฟ้าสมอง

ตรัยย์เดช ชุมเดช: ระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มี

อาการง่วงนอน: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง (OPTIMAL BLUE LIGHT DURATION FOR ACTIVATING

ALERTNESS OF DROWSY PEOPLE: AN ELECTROENCEPHALOGRAPH STUDY) คณะกรรมการควบคุม

คุชฌ์นิพนธ์: ศรีาวิน เทพสถิตย์ภรณ์, ปร.ด., นรรัตน์ วัฒนมงคล, วศ.ด. 162 หน้า. ปี พ.ศ. 2563.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน 2) ศึกษาผลของระยะเวลาได้รับแสงสีฟ้าต่อการตื่นตัวร่วมกับคลื่นไฟฟ้าสมอง และ 3) วิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมองกลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพาปีการศึกษา 2562 จำนวน 80 คน เครื่องมือที่ใช้วิจัยประกอบด้วย มาตรฐานวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale (KSS) และเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse วิเคราะห์สถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง

ผลการวิจัยปรากฏว่า การพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวต้องใช้หลอดแอลอีดีแสงสีฟ้า ขนาด 5 มิลลิเมตร ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร จำนวน 8 หลอด ติดตั้งหลอดแอลอีดีบริเวณด้านหน้าของหมวกโดยมีระยะห่างจากสายตา 5 เซนติเมตร ให้ความสว่างแสง 40 ลักซ์ อุปกรณ์มีแหล่งจ่ายไฟใช้แบตเตอรี่ 9 โวลต์ ผลด้านพฤติกรรมปรากฏว่า กลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกันจะมีการตื่นตัวที่แตกต่างกัน (ประเมินจาก KSS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลด้านคลื่นไฟฟ้าสมองพบความแตกต่างความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง (PSD) ของคลื่นไฟฟ้าสมองในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผลเหล่านี้พบได้ในคลื่นแอลฟาและคลื่นเบต้าที่ตำแหน่งขั้วบันทึก AF7 และ AF8 และอัตราส่วนคลื่นเบต้าต่อคลื่นแอลฟาที่ตำแหน่งขั้วบันทึก AF7

การวิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมองปรากฏว่า

$Y = -0.005X^2 + 0.023X + 0.176$ ($R^2 = 0.825$) เป็นสมการที่มีเส้นโค้งเหมาะสมที่สุดซึ่งได้มาจากคลื่นเบต้าที่ตำแหน่งขั้วบันทึก AF7

57810199: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE;

Ph.D. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)

KEYWORDS: BLUE LIGHT/ ALERTNESS/ELECTROENCEPHALOGRAM

TRAIDEJ CHUMDEJ: OPTIMAL BLUE LIGHT DURATION FOR ACTIVATING ALERTNESS OF DROWSY PEOPLE: AN ELECTROENCEPHALOGRAM STUDY. ADVISORY COMMITTEE: SARAWIN THEPSATITPORN, Ph.D., NORRARAT WATTANAMONGKHOL, Ph.D. 162 P. 2020.

The objectives of this research were 1) to develop a blue-light cap for alertness stimulation in people with drowsiness, 2) to study the effects of blue light exposure durations on alertness in conjunction with electroencephalogram and 3) to analyze the equations between blue light duration and electroencephalogram. Participants were 80 undergraduate students from Burapha University, academic year 2019. The research instruments consisted of Karolinska Sleepiness Scale (KSS) and Muse electroencephalograph. Two-way ANOVA was used for analyzing the data.

The results showed that the development of a blue-light cap for alertness stimulation required 8 blue light LEDs of 5 millimeters, 470 nm wavelength. LEDs were installed in front of the cap at a distance of 5 cm from the eyes. They provided a brightness of 40 lux. The device had a power supply that used 9 volt batteries. Behavioral results showed that groups exposed to blue light at different durations had different alertness levels (evaluated by KSS) with statistical significance at the .05 level. Electroencephalogram results found differences of EEG power spectral density (PSD) in groups exposed to blue light at different durations with statistical significance at the .05 level. These results were found in alpha and beta waves at the AF7 and AF8 electrode sites, and beta/alpha ratio at the AF7 electrode site.

The determination of the equation between the blue light duration and electroencephalogram showed that $Y = -0.005X^2 + 0.023X + 0.176$ was the best fitting curve (with $R^2 = 0.825$), obtained from beta waves at the AF7 electrode site.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
สมมติฐานของการวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
ตอนที่ 1 แสงและการมองเห็น.....	10
ตอนที่ 2 คลื่นไฟฟ้าสมองและเทคนิคการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	22
ตอนที่ 3 ฮอโมนเมลาโทนิน.....	39
ตอนที่ 4 การนอนหลับและการตื่น.....	46
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	57
ตอนที่ 1 การพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน.....	58
ตอนที่ 2 การทดลองระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน.....	63
กลุ่มตัวอย่าง.....	64
แบบแผนการทดลอง.....	65
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	66
วิธีการดำเนินการทดลอง.....	70

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	72
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	74
4 ผลการวิจัย.....	75
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการ ง่วงนอน.....	77
ตอนที่ 2 ผลเปรียบเทียบผลการตื่นตัวด้วยแบบประเมิน KSS ที่ได้รับแสงสีฟ้า ระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน.....	79
ตอนที่ 3 ผลเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกัน ในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน.....	90
ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	113
5 สรุปและอภิปรายผล.....	117
สรุปผลการวิจัย.....	117
อภิปรายผล.....	119
ข้อเสนอแนะ.....	123
บรรณานุกรม.....	125
ภาคผนวก.....	130
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	131
ภาคผนวก ข หนังสือ เอกสาร ที่ใช้ในงานวิจัย.....	146
ภาคผนวก ค ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	151
ภาคผนวก ง คู่มือปฏิบัติในการเข้าร่วมโครงการวิจัย.....	156
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	162

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ชื่อของเปลือกสมองและตำแหน่งวางขั้วไฟฟ้าตามระบบ 10-20 System.....	29
2-2	คลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างช่วงเวลาการนอน.....	48
3-1	การตรวจสอบคุณภาพของหมวกแสงสีฟ้าโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	62
3-2	แบบแผนการทดลอง 4 Factor Posttest Design.....	65
3-3	มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS).....	66
4-1	ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง.....	79
4-2	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความง่วงนอนจาก KSS ของตัวอย่าง จำแนกตามการรับแสงสีฟ้า 0 นาที่ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ.....	81
4-3	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความง่วงนอนจาก KSS ของตัวอย่าง จำแนกตามการรับแสงสีฟ้า 10 นาที่ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ.....	82
4-4	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความง่วงนอนจาก KSS ของตัวอย่าง จำแนกตามการรับแสงสีฟ้า 20 นาที่ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ.....	83
4-5	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความง่วงนอนจาก KSS ของตัวอย่าง จำแนกตามการรับแสงสีฟ้า 30 นาที่ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ.....	84
4-6	การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที่ ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที่.....	86
4-7	การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที่ ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที่.....	86
4-8	การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที่ ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที่.....	87
4-9	การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที่ ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที่.....	87
4-10	การเปรียบเทียบการตื่นตัว ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที่ 10 นาที่ 20 นาที่ และ 30 นาที่ จำแนกตามเวลาที่วัด 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที่.....	88
4-11	การวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นรายคู่ เมื่อทำการวัดที่เวลา 10 นาที่ ด้วยวิธี LDS.....	89
4-12	การเปรียบเทียบระหว่าง การได้รับแสงสีฟ้า และเวลาที่วัด.....	89
4-13	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ (Power SpectralDensity: PSD) ความถี่ Alpha (n=80).....	90

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-14	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ (Power Spectral Density: PSD) ความถี่ Beta ($n=80$).....	92
4-15	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ (Power Spectral Density: PSD) ดัชนี Beta/Alpha ($n=80$).....	94
4-16	การเปรียบเทียบความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที.....	96
4-17	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที	97
4-18	การเปรียบเทียบความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที.....	97
4-19	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที.....	98
4-20	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที.....	99
4-21	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที.....	99
4-22	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที.....	100
4-23	การเปรียบเทียบความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที.....	101
4-24	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที.....	102
4-25	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที.....	102
4-26	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที.....	103
4-27	การเปรียบเทียบความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที.....	103

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-28 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที.....	105
4-29 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที.....	105
4-30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที.....	106
4-31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที.....	106
4-32 สรุปผลการศึกษาเปรียบเทียบความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ (Power Spectral Density: PSD) ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที.....	107
4-33 การเปรียบเทียบความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที และเวลาที่วัด.....	109
4-34 สรุปผลการศึกษาการเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที และเวลาที่วัด.....	111
4-35 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที.....	111
4-36 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า.....	112
4-37 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองดัชนีความถี่ Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า.....	113

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
2-1	แสดงสเปกตรัมของแสง.....	10
2-2	แสดงการมองเห็นวัตถุ.....	12
2-3	แสดงการจำแนกความยาวคลื่นของแสงของแต่ละสี.....	12
2-4	วิถีประสาทการรับภาพ (Visual Pathway) ของสมอง.....	14
2-5	การควบคุมนาฬิกาชีวิต (Circadian Rhythm).....	15
2-6	แสดงตำแหน่งของ ipRGCs และ NIF.....	15
2-7	แสดง Blue-Velvet Light และ Blue-Turquoise Light.....	16
2-8	แสดงการปล่อยแสงสีฟ้าจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างแบบต่าง ๆ.....	17
2-9	แสดงหลักการทำงานการปล่อยแสงของ LED.....	18
2-10	แสดงการออกแบบการทดลอง.....	21
2-11	การวางขั้วไฟฟ้าบนศีรษะ และหมวก EEG.....	22
2-12	Transmission of Neurons Signal.....	23
2-13	พื้นที่สมองที่ควบคุมกล้ามเนื้อต่าง ๆ.....	24
2-14	ช่วงความถี่ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	24
2-15	เทคนิคการติดตั้งขั้วไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ	26
2-16	ระบบ 10-20 System.....	28
2-17	Bipolar Montages.....	30
2-18	Common Reference Montage.....	31
2-19	Average Reference Montage.....	31
2-20	Muse the brain sensing headband.....	34
2-21	ตำแหน่งอิเล็กโทรดของเครื่อง MUSE.....	34
2-22	ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกของเครื่อง MUSE.....	35
2-23	การทำงานของสมองควบคุมการหลั่งเมลาโทนินเมื่อรับแสง.....	40
2-24	การหลั่งเมลาโทนินในรอบ 24 ชั่วโมงของคนวัยเจริญพันธุ์.....	41
2-25	ระดับเมลาโทนินในกระแสเลือดในแต่ละช่วงวัย.....	41
2-26	กลไกการหลั่งเมลาโทนินของร่างกาย.....	42
2-27	การสังเคราะห์เมลาโทนิน.....	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2-28 วงจรการนอนหลับ (Sleep Cycle).....	47
2-29 คลื่นไฟฟ้าสมองจากการวัดด้วย EEG ระหว่างระยะต่าง ๆ ของการนอน.....	48
2-30 ระบบการตื่นตัว (Arousal).....	49
2-31 โครงสร้างของ ARAS.....	51
3-1 ขั้นตอนการพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน.....	58
3-2 แสดงเครื่องวัดสเปกตรัมแสงด้วย spectrometer.....	59
3-3 รายละเอียดและคุณสมบัติของ LED ที่นำมาใช้ในการวิจัย.....	59
3-4 แสดงความสัมพันธ์ความยาวคลื่นแสงกับความเข้มแสงของ LED.....	60
3-5 เครื่องวัดแสง Lux meter Light Meter Illuminometer.....	60
3-6 วงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง.....	61
3-7 ขนาดแผงวงจร ตำแหน่งและระยะห่าง LED.....	61
3-8 หมวกแสงสีฟ้า สำหรับการทดลอง.....	62
3-9 ขั้นตอนการทดลองระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้น การตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน.....	63
3-10 เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Meuse.....	68
3-11 โปรแกรม Muse monitor.....	69
3-12 การสวมใส่เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse และสวมหมวกแสงสีฟ้า.....	70
3-13 แสดงขั้นตอนการทดลองกลุ่มควบคุมที่รับแสงสีฟ้า 0 นาที.....	71
3-14 แสดงขั้นตอนการทดลองกลุ่มควบคุมที่รับแสงสีฟ้า 10 นาที.....	71
3-15 แสดงขั้นตอนการทดลองกลุ่มควบคุมที่รับแสงสีฟ้า 20 นาที.....	71
3-16 แสดงขั้นตอนการทดลองกลุ่มควบคุมที่รับแสงสีฟ้า 30 นาที.....	72
3-17 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	73
3-18 ขั้นตอนกำหนดจุดเริ่มต้นการวัดและการวัดแต่ละช่วงการทดลอง.....	73
3-19 ขั้นตอนการรวมข้อมูลแต่ละช่วงการวัด.....	73
3-20 ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการวัดทั้งหมด.....	74
4-1 การพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าและการทดลอง.....	78
4-2 ระดับความง่วงนอน กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที.....	81
4-3 ระดับความง่วงนอน กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที.....	82

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-4 ระดับความง่วงนอน กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที.....	83
4-5 ระดับความง่วงนอน กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที.....	84
4-6 ระดับความง่วงนอน กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า 0, 10, 20, 30 นาที.....	85
4-7 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่อัลฟา (Alpha) ตำแหน่ง AF7.....	91
4-8 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่อัลฟา (Alpha) ตำแหน่ง AF8.....	91
4-9 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่เบต้า (Beta) ตำแหน่ง AF7.....	93
4-10 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่เบต้า (Beta) ตำแหน่ง AF8.....	93
4-11 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นพลังงานดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7.....	95
4-12 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นพลังงานดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF8.....	95
4-13 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่อัลฟา ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7.....	114
4-14 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่อัลฟา ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8.....	114
4-15 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่เบต้า ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7.....	115
4-16 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่เบต้า ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8.....	115
4-17 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่ดัชนีข้อมูล Beta/Alpha ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7.....	116
4-18 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่ดัชนีข้อมูล Beta/Alpha ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8.....	116

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความง่วงนอน (Drowsy) หมายถึง ความรู้สึกอยากนอนเนื่องจากนอนหลับไม่เพียงพอ โดยสังเกตได้จากลักษณะต่าง ๆ จากร่างกาย เช่น หลับตา สัปหงก คออ่อน ตาปรือ การแสดงออกทางสีหน้า ท่าทางต่าง ๆ ลดลง ความรู้สึกตัวลดลง จนไม่รู้สึกตัวเมื่อหลับ การศึกษาด้านไฟฟ้าสรีรวิทยา พบว่าการทำกิจกรรมใด ๆ ที่ขัดขวางการนอนหลับจะทำให้เกิดความง่วงนอน สามารถประเมินความง่วงนอนได้ 2 แบบ แบบแรกเป็นการวัดความง่วงด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เช่น การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) จะพบคลื่นแอลฟาและคลื่นอีต้า ซึ่งคลื่นชนิดนี้พบในขณะนอนหลับประเภท NREM ระยะที่ 1 และ 2 แบบสองเป็นการวัดความง่วงทางพฤติกรรมหรือจิตพิสัย เช่น Karolinska Sleepiness Scale (KSS) พบว่า ความง่วงนอนอาจเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาในการดำเนินชีวิต เช่น ลดประสิทธิภาพการทำงานต่าง ๆ ขาดสมาธิจดจ่อกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้ยากทำให้เกิด การเรียนรู้ไม่มีประสิทธิภาพ เช่น อ่านหนังสือ หรือการเรียน การหลับระหว่างกำลังขับขียนพาหนะอาจนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ การควบคุมอารมณ์ไม่ได้ ทำให้โกรธง่าย เกิดการงีบหลับเป็นประจำและถึงแม้จะงีบหลับแล้วก็ไม่ช่วยให้หายง่วงนอน มีปัญหาในการคิดหรือความจำ หงุดหงิดหรือวิตกกังวล

การแก้ปัญหาความง่วงนอนมีหลากหลายวิธี เช่น การงีบหลับ 10 นาที สามารถเพิ่ม ความตื่นตัวและประสิทธิภาพในการทำงานได้ทันทีหลังจากงีบ และถ้างีบนานไปจะรู้สึกหงุดหงิดหรือสับสน การทำตัวกระฉับกระเฉงก็สามารถช่วยป้องกันความง่วง ลูกขึ้นมาเดินบ่อย ๆ ประมาณครึ่งละ 10 นาที จะช่วยเพิ่มพลังงานถึง 2 ชั่วโมง เพราะการเดินจะช่วยให้ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าสู่สมอง หลอดเลือด และกล้ามเนื้อ หยุดพักหายใจเพื่อให้รู้สึกตื่นตัว เพราะการหายใจลึก ๆ จะช่วยเพิ่มระดับของออกซิเจนในเลือด ซึ่งจะช่วยให้ชะลอจังหวะการเต้นของหัวใจให้ช้าลง ช่วยลดระดับความดันโลหิต เพิ่มการไหลเวียนโลหิต ช่วยปรับอารมณ์ ผ่อนคลายพลังงาน การใช้สารเสพติดต่าง ๆ การปรับสภาพแวดล้อมหรือเพิ่มไฟให้มี ความสว่างมากขึ้น Motamedzadeh, Golmohammadi, Kazemi, and Heidarimoghadam (2017) พบว่าเมื่อนำแสงสีฟ้าผสมแสงสีขาว จะทำให้สามารถลดความง่วงนอนและลดเมลาโทนินในช่วงเวลา กลางคืน

แสงสีฟ้า เป็นองค์ประกอบหนึ่งของแสงสีขาว เรียกว่า สเปกตรัมของแสง ประกอบด้วย แสงสีม่วง คราม น้ำเงิน ฟ้า เขียว เหลือง ส้ม และแดง ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร แสงสีฟ้าเป็นกลุ่มคลื่นความถี่สูงหรือความยาวคลื่นสั้น ทำให้มีพลังงานมากด้วย จึงแบ่งแสงสีฟ้าเป็นสองประเภท คือ อันตรายและไม่อันตรายกับดวงตา แสงสีฟ้าที่ไม่อันตรายกับ

ดวงตามีความยาวคลื่น 465-495 นาโนเมตร ส่วนแสงสีฟ้าที่อันตรายกับดวงตานั้น มีความยาวคลื่น 415-455 นาโนเมตร (Smick & Villette, 2013) นอกจากพบแสงสีฟ้าจากธรรมชาติ นักวิทยาศาสตร์สามารถผลิตไดโอดเปล่งแสง (Light-Emitting Diode) หรือ LED แสงสีฟ้าสำเร็จ โดย Isamu Akasaki, Hiroshi Amano and Shuji Nakamura และได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ค.ศ. 2014 ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่าง ๆ มากมาย (Riechert, 2015)

แสงสีฟ้ากับการมองเห็น การมองเห็นแสงสีต่าง ๆ เกิดจากแสงผ่านเลนส์ตา แสงจะหักเหไปตกกระทบเป็นภาพที่เรตินา เรตินามีเซลล์รับแสง 2 ชนิด คือ เซลล์รูปแท่งจะไวต่อการรับแสงสว่าง และเซลล์รูปกรวยเป็นเซลล์สำหรับแยกความแตกต่างของสี เซลล์รูปกรวยมี 3 ชนิด คือ ความไวสูงสุดต่อแสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียว และแสงสีแดง ดังนั้นเมื่อตาถูกกระตุ้นด้วยแสงจะเกิดสัญญาณไฟฟ้า นำส่งผ่านเส้นประสาทไปยังสมองเพื่อแปลความหมายการมองเห็นเป็นสีของแสงนั้น ๆ ซึ่งเป็นหน้าที่สมองส่วน Occipital Lobe และแสงสีฟ้านอกจากสำหรับมองเห็นภาพ ยังมีแสงสีฟ้าช่วงความยาวคลื่นอื่นที่ไม่ใช่การมองเห็นภาพนั้นจะมีบทบาทเกี่ยวข้องกับทำงานของนาฬิกาสำหรับควบคุมกระบวนการภายในร่างกายเรียกว่า Circadian ซึ่งค้นพบโดย Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash, and Young (2017) ได้รับรางวัลโนเบลปี ค.ศ. 2017 สาขาชีววิทยา และการแพทย์ สิ่งค้นพบนี้มีบทบาทสำคัญในการระบุว่าเซลล์สิ่งมีชีวิตมีนาฬิกาชีวิตควบคุมหรือเรียกว่า Chronotype หรือ Circadian Rhythm เป็นการหลั่งสารต่าง ๆ ของร่างกายในรอบวัน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดการดำเนินชีวิตตั้งแต่เวลาที่มนุษย์รู้สึกตัวและตื่น ทำให้ง่วงนอนหรือนอนหลับ

Foster et al. (1991) ค้นพบว่า เซลล์สมองรับแสงที่ไม่ใช่เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยในตาหนู แต่มีบทบาทสำคัญทำหน้าที่แสดงการควบคุมจังหวะรอบวัน (Circadian Rhythm) เรียกว่า Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells (ipRGCs) ซึ่งเป็นส่วนย่อย ๆ ของ Retinal Ganglion Cell (RGC) ที่อยู่ในเรตินาชั้นด้านในแต่อยู่ด้านหน้าของเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวย ซึ่งอยู่ด้านนอกของเรตินา เซลล์ประสาทไวแสงเหล่านี้จะมีสารรงควัตถุไวแสงที่เรียกว่า Melanopsin สามารถดูดกลืนแสงสีฟ้าที่มีความยาวคลื่นแสงสูงสุด 480 นาโนเมตร และ Zaidi et al. (2007) พบว่าแสงความยาวคลื่นแสง 460 นาโนเมตร สามารถลดระดับการหลั่งฮอร์โมนเมลาโทนิน เป็นระยะเวลายาวถึงสองเท่าของแสงความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร แสดงว่าแสงความยาวคลื่นที่ RGC ตอบสนองมากที่สุด คือ แสงที่มีความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร และต่อมาพบว่ามนุษย์ที่ไม่มีเซลล์รูปแท่งไม่มีเซลล์รูปกรวย เมื่อใช้แสงความยาวคลื่น 481 นาโนเมตร สามารถรับรู้ได้เช่นเดียวกัน

Figueiro, Bierman, Plitnick, and Rea (2009) พบว่าการรับแสงสีแดงและสีฟ้าส่งผลให้คลื่นไฟฟ้าสมองเบต้าเพิ่มขึ้น และพลังงานคลื่นไฟฟ้าสมองแอลฟาลดลง เมื่อเทียบกับสภาวะมืด แต่การรับแสงสีฟ้าส่งผลทำให้ระดับเมลาโทนินลดลงเมื่อเทียบกับสภาพแสงอื่น ๆ Plitnick, Figueiro,

Wood, and Rea (2010) พบว่าแสงสีแดงและแสงสีฟ้ามีผลต่ออารมณ์และความตื่นตัวในตอน กลางคืน โดยวัดคลื่นไฟฟ้าสมองก่อน ระหว่างและหลังการรับแสงเป็นเวลา 60 นาที แสงสีแดงและ สีฟ้าเพิ่ม Beta Power ของ Electroencephalographic ทำให้วังนอนลดลงหรือเพิ่มความตื่นตัว Figueiro, Lesniak, and Rea (2011) พบว่าเมื่อรับแสงสีฟ้าตั้งแต่ $2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ เป็นเวลา 90 นาที ช่วยลดระดับเมลาโทนิน และสามารถกระตุ้นให้ผู้ป่วยสูงอายุรู้สึกนอนหลับสบาย Beaven and Ekström (2013) พบว่า คาเฟอีน และแสงสีฟ้าสามารถเพิ่มความตื่นตัว ฟังก์ชันการรับรู้ผ่านทาง Neuropathways สามารถนำไปแก้ปัญหาอาการง่วงนอน โดยทดลองเปรียบเทียบการใช้การดื่ม คาเฟอีน 240 มิลลิกรัม และปริมาณแสงสีฟ้า ประมาณ 40 ลักซ์ พบว่าแสงสีฟ้ามีประสิทธิภาพดีกว่า คาเฟอีน

การนำแสงสีฟ้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อทำให้สมองมีความตื่นตัวมีรูปแบบต่าง ๆ เช่น การฉาย แสงสีฟ้าร่วมกับแสงสีขาว ผลิตแว่นตาแสงสีฟ้ารูปแบบต่าง ๆ หรือ กล้องแสงสีฟ้า เพื่อกระตุ้นให้เกิด การตื่นตัว แต่มีข้อเสียบางประการ และราคาแพง จึงได้ออกแบบพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าเพื่อกระตุ้น การตื่นตัวสำหรับผู้ที่มีอาการง่วงนอน โดยหมวกแสงสีฟ้ามีความสะดวกกว่าและราคาถูกกว่ามาก สามารถใช้ได้กับคนปกติและสวมแว่น ระยะติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงสีฟ้าห่างจากสายตามากกว่า มั่นใจ ในความปลอดภัย และใช้ได้หลากหลายโอกาส โดยการผลิตหมวกนี้ประกอบด้วย LED จำนวน 8 ดวง เป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงสีฟ้าความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ไม่มีรังสีอินฟราเรดและ รังสียูวี แบตเตอรี่ 9 โวลต์เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน โดยมีอุปกรณ์ควบคุมและปรับค่าความสว่างให้คงที่ 40 ลักซ์

Figueiro and Rea (2010) พบว่าแสงสีฟ้ามีความสว่าง 40 ลักซ์ ตกกระทบที่ Corneal เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถช่วยลดปริมาณเมลาโทนินเวลากลางคืน แสดงว่าสมองมีความตื่นตัวจะพบ คลื่นไฟฟ้าสมองเบต้าเพิ่มขึ้น Alkozei et al. (2016) พบแสงสีฟ้าช่วยเพิ่มกิจกรรมในสมองส่วนหน้า ได้แก่ Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC) และ Ventrolateral Prefrontal Cortex (VLPFC) ซึ่งทำให้สมองทำงานได้ดีขึ้น แม้ในช่วงที่ทำการทดสอบจะไม่ได้รับแสงสีฟ้า ผลวิจัยพบว่า การได้รับ แสงสีฟ้าเป็นเวลานานประมาณครึ่งชั่วโมง สามารถเพิ่มการตอบสนองของสมองอย่างมีประสิทธิภาพ ขึ้น โดยวัดจากการทดสอบระบบการรับรู้ของสมอง นอกจากนี้การที่สมองทำงานดีขึ้นยังเกี่ยวข้องกับ การกระตุ้นการทำงานมากขึ้นในสมองกลีบหน้า (Prefrontal Cortex) การศึกษาก่อนหน้านี้มักจะศึกษา ผลกระทบของแสงในขณะที่ฉายแสงอยู่ตลอดเวลา ต่อมางานวิจัยพบว่าแสงสีฟ้ายังมีประสิทธิภาพใน การกระตุ้นสมองต่อไปอีกนานกว่า 40 นาทีหลังจากหยุดฉายแสง

ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) บริษัท Interaxon Inc. ประเทศแคนาดาผลิต Muse เครื่องบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง กำหนดให้ คลื่นเดลต้า (Delta Wave) ความถี่ 1-4 Hz คลื่นธีต้า (Theta Wave) ความถี่ 4-8 Hz คลื่นแอลฟา

(Alpha Wave) ความถี่ 7.5-13 Hz คลื่นเบต้า (Beta Wave) ความถี่ 13-30 Hz และคลื่นแกมมา (Gamma Wave) ความถี่ 30-44 Hz การใช้งานภายในห้องปฏิบัติการและภาคสนามมีความสะดวก Muse มีเซ็นเซอร์ 4 ตัว รูปแบบการวัด Real Time และเก็บข้อมูลสะดวก (Muse, 2018) งานวิจัยของ Wei, Wang, Lin, and Jung (2018) พบว่า การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยใช้ Muse จากบริเวณศีรษะที่ไม่มีเส้นผม (Non-Hair-Bearing) ตำแหน่ง F7 F8 A1 และ A2 กับบริเวณหนังศีรษะที่มีเส้นผมปกคลุม (Hair-Bearing) ตำแหน่ง Fz Cz Pz และ Oz ไม่มีความแตกต่าง

การรับแสงสีฟ้าผ่านทางประสาทตาไปสู่สมองทำให้สมองเกิดการตื่นตัวหรือลดการง่วงนอน ทำให้ผู้วิจัยสนใจประเด็น ระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน จึงได้พัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัว โดยใช้แสงสีฟ้าจาก LED ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale (KSS) ประเมินความตื่นตัวร่วมกับ Interaxon Muse บันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยนำปริมาณคลื่นไฟฟ้าสมองประเมินความตื่นตัว ซึ่งคาดว่าผลจากการวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การทำงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การป้องกันการเกิดอุบัติเหตุของผู้ขับขี่ยานพาหนะ หรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึงการละเว้นสารเสพติด

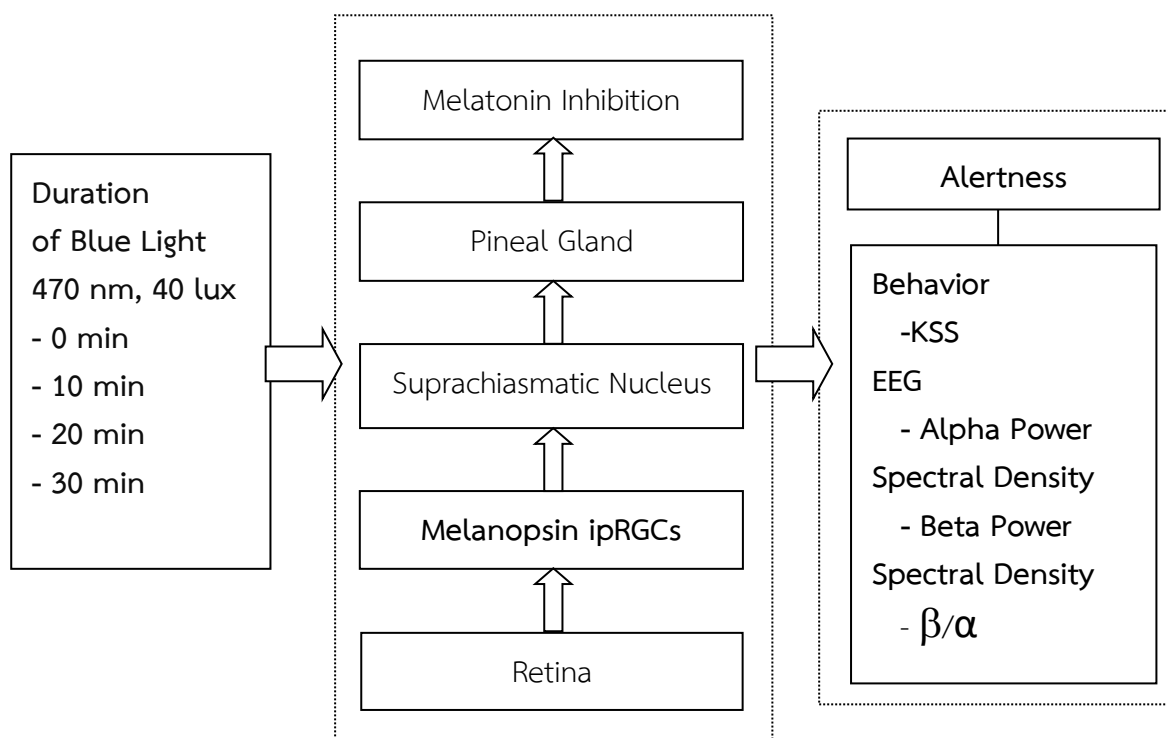
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการตื่นตัวด้วยมาตรวัดระดับความง่วง KSS ที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน ดังนี้
 - 2.1 เปรียบเทียบผลการตื่นตัว ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที
 - 2.2 เปรียบเทียบผลการตื่นตัว ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที
3. เพื่อเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน ดังนี้
 - 3.1 เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที
 - 3.2 เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที
4. เพื่อวิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง

กรอบแนวความคิดในการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดการรับแสงสีฟ้าผ่านประสาทตาโดยเซลล์รับแสง Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells (ipRGCs) ส่งสัญญาณผ่าน Supra Chiasmatic Nucleus (SCN) ไปต่อมไพเนียล เพื่อหยุดยั้งการผลิตฮอร์โมนเมลาโทนิน ส่งผลให้สมองตื่นตัว และมีความสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง EEG ด้วยเครื่องวัด Muse และบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยระบบบลูทูธ ซึ่งสะดวกในการใช้งานทั้งภายในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม มีเซ็นเซอร์ 7 ตัว ติดบริเวณหน้าผากและหลังใบหู แสงสีฟ้าที่เป็นอันตรายต่อสายตามีความยาวคลื่น 415-455 นาโนเมตร สำหรับแสงสีฟ้าที่ไม่อันตรายต่อสายตาจะมีความยาวคลื่น 465-495 นาโนเมตร แสงสีฟ้าช่วงนี้ ทำงานร่วมกับนาฬิกาชีวิต ทำให้สมองตื่นตัวซึ่งเกิดจากสมองไปควบคุมสั่งการปริมาณการหลั่งเมลาโทนินที่หน้าหน้าที่ควบคุม การนอน ดังนั้น ถ้ากระตุ้นสมองด้วยการรับแสงสีฟ้าผ่านทางตาไปสู่สมอง สมองจะสั่งการให้ลดการหลั่งเมลาโทนิน ทำให้ไม่ง่วงนอนหรือสมองมีความตื่นตัว แสงสีฟ้าความยาวคลื่น 470 นาโนเมตรสามารถทำให้สมองตื่นตัวได้ดี โดยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองอัลฟาและเบต้า ถ้ารับแสงสีฟ้านานต่างกัน คลื่นไฟฟ้าสมองอัลฟาและเบต้า หลังจากรับแสงสีฟ้าแตกต่างกัน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษาระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน แสดงดังภาพที่ 1-1 ดังนี้



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวความคิดการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

1. ผลการตื่นตัวจากมาตรวัดระดับความง่วง KSS ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้านาน 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที แตกต่างกัน
2. ผลการตื่นตัวจากมาตรวัดระดับความง่วง KSS ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้านาน 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที แตกต่างกัน
3. ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้านาน 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที แตกต่างกัน
4. ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้านาน 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที แตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. ได้ผลระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน
2. ได้หมวกแสงสีฟ้าสำหรับทดลองระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน
3. นำไปใช้สำหรับการทำงานอาชีพต่าง ๆ เช่น ผู้ขับยานพาหนะประเภทต่าง ๆ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพาปีการศึกษา 2562

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ อาสาสมัครนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพาที่กำลังเรียนอยู่ในปีการศึกษา 2562 เพศชายและเพศหญิง อายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 80 คน

3. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรต้นมี 2 ตัวแปร ได้แก่

3.1.1 ระยะเวลาได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที

3.1.2 เวลาที่วัด 0 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที 40 นาที 50 นาที 60 นาที

3.2 ตัวแปรตามมี 2 ตัวแปร ได้แก่

3.2.1 คะแนนความตื่นตัว จากมาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale (KSS)

3.2.2 คลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD)

3.2.1 ความถี่อัลฟา (Alpha)

3.2.2 ความถี่เบต้า (Beta)

3.2.3 ดัชนีอัตราส่วนความถี่เบต้าต่ออัลฟา (Beta/Alpha)

นิยามศัพท์เฉพาะ

หมวกแสงสีฟ้า (A Blue Light Hat) หมายถึง อุปกรณ์กำเนิดแสงสีฟ้าความสว่างคงที่ 40 ลักซ์ตกกระทบดวงตา ใช้หลอด LED แสงสีฟ้า โมเดล 4304H6 บริษัท VCC Lighting ขนาด 5 มิลลิเมตร ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร 8 หลอด แต่ละหลอดต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน 500 โอห์ม 1 วัตต์ และต่อเป็นวงจรขนานโดยใช้แบตเตอรี่ Alkaline ขนาด 9 Volte 550 mAh จำนวน 1 ก้อน เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ระยะห่างหลอด LED แต่ละหลอด 1.5 เซนติเมตร นำประกอบติดกับปีกหมวกระยะห่างสายตาประมาณ 5 เซนติเมตร

แสงสีฟ้า (Blue Light) หมายถึง แสงสีฟ้าของ LED ขนาด 5 มิลลิเมตร ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

LED (Light-Emitting Diode) หมายถึง ไดโอดเปล่งแสง ซึ่งเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โครงสร้างประกอบไปด้วยสารกึ่งนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P ของบริษัท VCC Lighting โมเดล 4304H6 Solid State LED Lamps High Brightness T-1 3/4 แสงสีฟ้า ขนาด 5 มิลลิเมตร ความยาวคลื่น ช่วง 470 นาโนเมตร ไม่มีรังสีอินฟราเรดและอุตราไวโอเลต

คลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography) หมายถึง สัญญาณไฟฟ้าที่วัดได้จากร่างกายมนุษย์ โดยรูปแบบของสัญญาณอาจอยู่ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้า โดยบัน

ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) หมายถึง การวัดปริมาณพลังงานของสัญญาณเมื่อเทียบกับความถี่ โดยทั่วไปแล้ว ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง จะใช้เพื่อระบุลักษณะสัญญาณสุ่มแบบช่วงสัญญาณความถี่ (Broadband) ค่าขนาดของความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง ถูกทำให้เป็นมาตรฐาน โดยความละเอียดสเปกตรัมที่ใช้ในการแปลงสัญญาณแบบดิจิทัล ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองในการศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองนี้ มีหน่วยเป็น เบล หรือ วัตต์/เฮิรตซ์

คลื่นอัลฟา (Alpha Brain Wave) หมายถึง คลื่นไฟฟ้าสมองความถี่ประมาณ 7-14 รอบต่อวินาที (Hz) เป็นคลื่นสมองที่ปรากฏบ่อยในเด็กที่มีความสุขและในผู้ใหญ่ที่มีการฝึกฝนตนเองให้สงบนิ่งมากขึ้น อาจหมายถึง สภาวะที่จิตสมดุลงอยู่ในสภาวะสบาย ๆ สมองทำงานอยู่ในคลื่นอัลฟายังพบอยู่ในหลายรูปแบบ เช่น ขณะที่กล้ามเนื้อหรือร่างกายผ่อนคลาย ช่วงเวลาที่ง่วงนอนก่อนหลับหรือหลับใหม่ ๆ

คลื่นเบต้า (Beta Brain Wave) หมายถึง คลื่นไฟฟ้าสมองความถี่ประมาณ 14-21 รอบต่อวินาที (Hz) เป็นช่วงคลื่นสมองที่เร็วที่สุด เกิดขึ้นในขณะที่สมองอยู่ในภาวะของการทำงานและควบคุมจิตใต้สำนึก (Conscious Mind) ในขณะตื่นและรู้ตัว

ดัชนีอัตราส่วนความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่เบต้าต่ออัลฟา (Beta/Alpha) หมายถึง อัตราส่วนความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองเบต้า ต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองอัลฟา ถ้าอัตราส่วนมีค่ามากแสดงให้เห็นว่ามีกระบวนการทำงานของสมองในส่วนของความถี่เบต้ามากกว่า การทำงานของสมองในส่วนของความถี่อัลฟา หรือมีการตื่นตัวมาก ในทางกลับกันถ้าอัตราส่วนมีค่าน้อย แสดงให้เห็นว่ามีกระบวนการทำงานของสมองในส่วนของความถี่อัลฟามากกว่า การทำงานของสมองในส่วนของความถี่เบต้า

ความง่วงนอน (Drowsy) หมายถึง ความรู้สึกอยากนอนเนื่องจากนอนหลับไม่เพียงพอ โดยสังเกตได้จากลักษณะต่าง ๆ จากร่างกาย

ความตื่นตัว (Alertness) หมายถึง คลื่นไฟฟ้าสมองอัลฟาตกลงแต่คลื่นไฟฟ้าสมองเบต้าเพิ่มขึ้น

แสงสีฟ้าที่ไม่อันตราย (Blue-Turquoise Light) หมายถึง แสงสีฟ้าความยาวคลื่น 465-495 นาโนเมตร

แสงสีฟ้าที่อันตราย (Blue-Velvet Light) หมายถึง แสงสีฟ้าความยาวคลื่น 415-455 นาโนเมตร

นาฬิกาชีวิต (Circadian Rhythm) หมายถึง ระบบการทำงานของร่างกายที่เป็นไปตามจังหวะทางชีวภาพ ที่เปลี่ยนแปลงไปตามรอบของเวลาในแต่ละวัน โดยการทำหน้าที่ควบคุมการหลั่งฮอร์โมนเพื่อความตื่นตัว ประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย ระดับอุณหภูมิในร่างกาย และควบคุมวงจรการนอนหลับและการตื่นนอน ซึ่งอยู่ในสมองที่เรียกว่า Suprachiasmatic (SCN) อยู่ในบริเวณสมองส่วน Hypothalamus โดยการรับแสงสว่างและความมืดเป็นตัวควบคุม และกระตุ้นผ่านทางประสาทตา ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของร่างกายให้สมดุลสอดคล้องกับความมืดและแสงสว่าง หากแสงสว่างน้อยหรือเป็นเวลากลางคืน SCN จะสั่งให้สมองหลั่งสารเมลาโทนินเพื่อให้เกิดความรู้สึกง่วงนอน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง ผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อที่สำคัญในการทบทวนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอได้ดังนี้

ตอนที่ 1 แสงและการมองเห็น

1. สเปกตรัมของแสง (Light Spectrum)
2. การมองเห็นแบบภาพ (Image Forming)
3. แสงสีฟ้า (Blue Light)
4. ไดโอดเปล่งแสง (Light-Emitting Diode)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงสีฟ้า

ตอนที่ 2 คลื่นไฟฟ้าสมองและเทคนิคการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

1. คลื่นไฟฟ้าสมอง
2. เทคนิคการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง
3. เทคนิคการประมวลผลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง
4. เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse และงานวิจัย
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

ตอนที่ 3 ฮอร์โมนเมลาโทนิน

1. ฮอร์โมนเมลาโทนิน
2. กลไกการหลั่งฮอร์โมนเมลาโทนินของร่างกาย
3. การสังเคราะห์เมลาโทนินในร่างกาย
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเมลาโทนิน

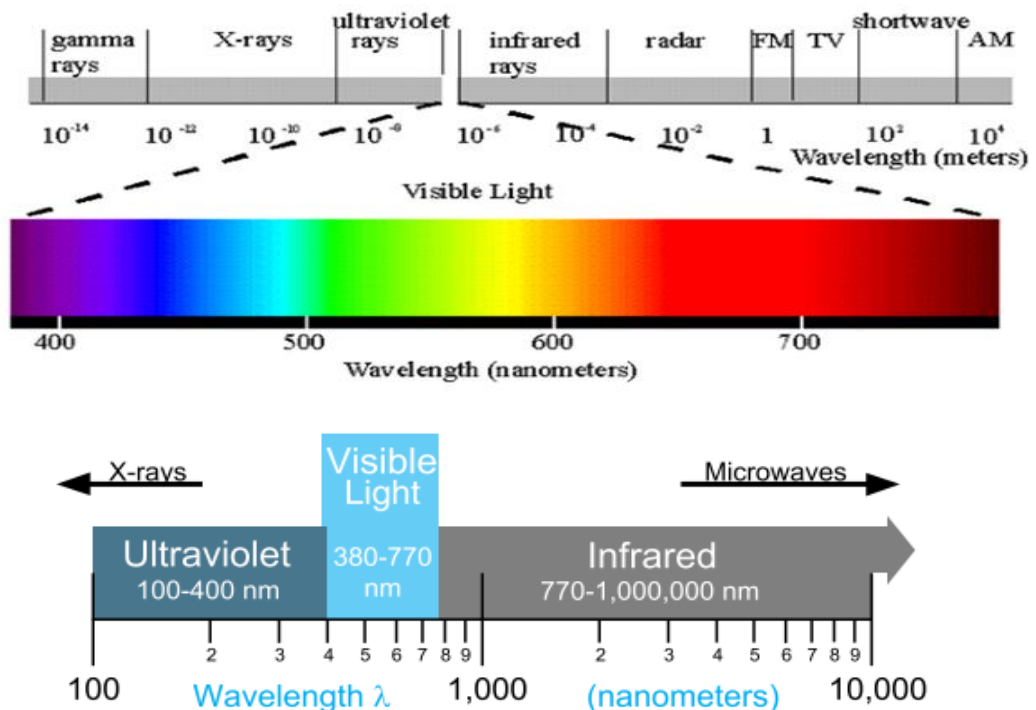
ตอนที่ 4 การนอนหลับและการตื่น

1. วงจรการนอนหลับ (Sleep Cycle)
2. ระบบประสาทควบคุมการนอน การตื่น (Neural Regulation of Sleep-Wake)
3. อิทธิพลของเพศส่งผลต่อการนอนหลับ (Effects of Age on Sleep)
4. งานวิจัยเกี่ยวข้องกับการนอน และแสง

ตอนที่ 1 แสงและการมองเห็น

1. สเปกตรัมของแสง (Light Spectrum)

ก่อนศตวรรษที่ 17 เชื่อว่าแสงเป็นอนุภาคที่ถูกส่งออกมาจากต้นกำเนิดแสง สามารถผ่านทะลุวัตถุโปร่งใสและสะท้อนจากผิวของวัตถุที่บดแสงได้ เมื่ออนุภาคเหล่านี้ผ่านเข้าสู่ตาจะทำให้มองเห็นวัตถุ Newton เสนอทฤษฎีอนุภาคของแสง (Particle Theory) ซึ่งสามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์สะท้อนและการหักเหของแสง Christain Huygen เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นแสง (Waves Theory) กล่าวว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเดินทางในลักษณะของคลื่น นอกจากนี้ได้แสดงกฎการสะท้อนการหักเหสามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีคลื่นแสง Thomas Young ค้นพบปรากฏการณ์การแทรกสอดของแสงซึ่งเป็นคุณสมบัติของคลื่น Albert Einstein อธิบายว่าแสงมีการถ่ายเทพลังงานเป็นก้อน ๆ ไม่ต่างจากอนุภาค โดยก้อนพลังงานของแสงเรียกว่า โฟตอน (Photon) แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอนุภาคแสงสีขาวเป็นช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถมองเห็นได้ ซึ่งจะมีความยาวคลื่นในช่วง 380-770 นาโนเมตร (Ryer, 1998, p. 5) หรือ สเปกตรัมของแสง (Light Spectrum) ประกอบด้วยแสง สีม่วง คราม น้ำเงิน ฟ้า เขียว เหลือง ส้ม แดง แสงสีม่วงมีความยาวคลื่นต่ำสุดหรือมีความถี่มากที่สุด เพราะว่าแสงทุกสีจะมีอัตราเร็วเท่ากันในสุญญากาศ 3×10^8 เมตรต่อวินาที แสงสีฟ้าจัดอยู่ในกลุ่มคลื่นความถี่สูงหรือ ความยาวคลื่นสั้น ทำให้คลื่นกลุ่มนี้มีพลังงานสูงด้วย แสดงดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 แสดงสเปกตรัมของแสง (Ryer, 1998)

2. การมองเห็นแบบภาพ (Image Forming)

Galloway, Amoaku, Galloway, and Browning (2006, pp. 7-15) อธิบายว่า ตาเป็นอวัยวะที่สำคัญที่สุดในการรับรู้สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมนุษย์ ตามีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

2.1 อวัยวะภายนอกลูกตา (External Eye Segment) ประกอบด้วยคิ้ว (Eyebrows) ขนตา (Eyelashes or Cilia) เปลือกตาหรือหนังตา (Eyelid) เบ้าตา (Orbit) เยื่อบุตา (Conjunctiva) และระบบท่อระบายน้ำตา (Lacrimal System)

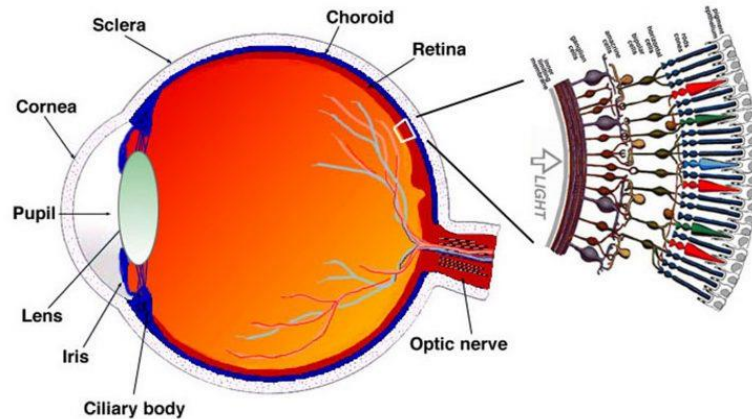
2.2 อวัยวะภายในลูกตาด้านหน้า (Anterior Eye Segment) ประกอบด้วย กระจกตา (Cornea) ตาขาว (Sclera) น้ำเอควีฮูมอร์ (Aqueous Humor) ช่องหน้าม่านตา (Anterior Chamber) และมุมของช่องหน้าม่านตา (Anterior Chamber Angle) ช่องหลังม่านตา (Posterior Chamber) ส่วนของยูเวีย (Uveal Tract)

2.3 อวัยวะภายในลูกตาด้านหลัง (Posterior Eye Segment) ประกอบด้วย น้ำวุ้นตา (Vitreous) จอประสาทตา (Retina) เส้นประสาทตา (Optic Nerve) แต่อวัยวะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นของคน คือ จอประสาทตา (Retina) ในช่วงเอ็มบริโอจะมีการพัฒนาในส่วน Optic Cup เป็นจอประสาทตามี 2 ส่วน ได้แก่ 1) ชั้นนอก คือ Retinal Epithelium (RPE) 2) ชั้นใน คือ Sensory Retina ซึ่งประกอบด้วย Photoreceptor Cells , Synaptic Connections และ Supporting Glia Rods and Cones เซลล์ 2 ชนิดนี้ เป็นส่วนของ Sensory Retina ที่ไวต่อแสง Rods ทำงานในแสงสลัว เรียกว่า Scotopic Vision ส่วน Cones ทำงานในที่แสงสว่างปานกลางและสว่างมาก เรียกว่า Photopic Vision และยังเกี่ยวข้องกับ Color Vision ด้วย บริเวณ Fovea Centralis จะพบ Cones จำนวนมาก แต่จะไม่พบ Rods เลย ส่วนบริเวณ Periphery ของจอประสาทตาจะพบ Cones ปรายส่วน Rods พบมาก

กลไกการมองเห็น (Visual Mechanisms)

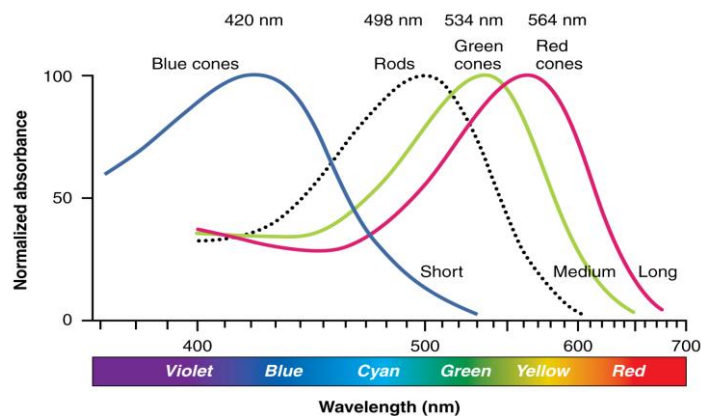
เมื่อ Visual Pigment ใน Rods และ Cones cells ดูดซึมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาว คลื่น 380-770 นาโนเมตร จะเกิดกระแสประสาท (Nerve Impulse) ส่งผ่านจากตาไปยังสมอง ทำให้รับรู้เกิดการมองเห็น แสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน แม้จะให้พลังงานออกมาเท่ากัน แต่ความรู้สึกในการมองเห็นจะต่างกัน เช่น แสงสีเขียว .001 วัตต์ จะดูสว่างกว่าแสงสีน้ำเงิน .001 วัตต์ การเกิดภาพนั้นเกิดจากการหักเหของแสงที่คอร์เนียและที่เลนส์ตา ส่วนเลนส์ตานั้นปรับความยาวโฟกัสได้ เพื่อให้ภาพของวัตถุ ที่อยู่ในระยะต่าง ๆ กันเกิดภาพชัดบนเรตินา ความยาวโฟกัสเลนส์ตาเปลี่ยนแปลงได้โดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเลนส์ตา รอบ ๆ เลนส์ตามีก้ามเนื้อวงกลมล้อมรอบ เรียกว่า กล้ามเนื้อซิลิอารี (Ciliary Muscles) เมื่อก้ามเนื้อนี้คลายตัว เลนส์ตาจะถูกเส้นใยซิลิอารี (Ciliary Fibers) ดึงให้แฟบลง ในระยะนี้ตาคนปกติจะมองเห็นชัดที่ระยะอนันต์ เพื่อที่จะดูวัตถุที่อยู่ใกล้เข้ามาเลนส์ตาจะต้องมีความยาวโฟกัสสั้นเข้าจึงจะได้ภาพชัดบนเรตินา กล้ามเนื้อซิลิอารีจะหดตัวทำให้เส้นใยซิลิอารีหย่อนเลนส์ตาก็จะโป่งออกทำให้ความยาวโฟกัสสั้นเข้า สำหรับเซลล์ เรียงรายกัน

อยู่บนเรตินาจะนำสัญญาณไฟฟ้าผ่านไปทางจักษุประสาทไปสู่สมองทำให้เกิดความรู้สึกการมองเห็น การมองเห็นวัตถุ ตาจะมองเห็นก็ต่อเมื่อมีแสงตกกระทบกับวัตถุและแสงสะท้อนเข้าตา จึงทำให้มองเห็น ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 แสดงการมองเห็นวัตถุ (Kolb, 2017)

แสงจากวัตถุจะเดินทางผ่านเลนส์ตา หักเหไปตกกระทบเป็นภาพที่เรตินา ซึ่งเรตินามีเซลล์รับแสง 2 ชนิด คือ เซลล์รูปแท่ง จะไวต่อการรับแสงสว่าง แต่ไม่สามารถแยกความแตกต่างของสี เซลล์รูปกรวย เป็นเซลล์ที่แยกความแตกต่างของสี แต่ต้องมีความสว่างมากพอจึงสามารถบอกสีของวัตถุได้ถูกต้อง เรตินาข้างหนึ่งจะมีเซลล์รูปแท่งประมาณ 125 ล้านเซลล์และเซลล์รูปกรวยประมาณ 7 ล้านเซลล์ จะไวเฉพาะต่อแสงที่มีความเข้มสูงถัดจากความไวของเซลล์รูปแท่ง และสามารถจำแนกแสงแต่ละสี เซลล์รูปกรวยมี 3 ชนิด แต่ละชนิดจะมีความไวต่อแสงสีปฐมภูมิต่างกัน ชนิดที่หนึ่งมีความไวสูงสุดต่อแสงสีน้ำเงิน ชนิดที่สองมีความไวสูงสุดต่อแสงสีเขียว และชนิดที่สาม มีความไวสูงสุดต่อแสงสีแดง ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 แสดงการจำแนกความยาวคลื่นของแสงของแต่ละสี

การนำสัญญาณประสาทเข้าสู่สมอง

การทำงานของสมองหลังจากถูกกระตุ้นโดยสิ่งเร้า จะเข้าสู่วิถีประสาทการมองเห็น (Visual Pathway) เริ่มจากกระจกตา (Cornea) ที่มองเห็นภาพหรือวัตถุสะท้อนเข้าสู่จอประสาทตา (Retina) จากนั้นส่งสัญญาณต่อไปยังจุดประสานเส้นประสาท (Optic Chiasm) ผ่านเส้นประสาทตา (Optic Nerve) ไปยัง Primary Visual Cortex ที่สมองส่วนหลัง (Occipital Lobe) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น วิธีประสาทการรับภาพ (Pastorino & Doyle-Portillo, 2012, p. 91)

วิถีประสาทการรับภาพ (Visual Pathway) มีโครงสร้างเริ่มต้นที่ Neural Epithelium ของ Rods Cell, Cone Cell จะมีสารสีหรือวัตถุซึ่งไวต่อแสง (Photosensitive Pigment) จำนวนมาก บรรจุอยู่ในถุงเยื่อเซลล์ซึ่งพับตัวไปมาซ้อนกันอยู่บริเวณปลายยอดของตัวรับ (Receptor) แต่ละชนิด เมื่อมีแสงมาตกกระทบ โครงสร้างของ Photosensitive Pigment จะเปลี่ยนแปลงไป ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อเซลล์ (Membrane Potential) เซลล์ที่รับการถ่ายทอดสัญญาณประสาทครั้งแรกหรือเซลล์ประสาทลำดับที่ 1 คือ Bipolar Cell จากนั้นสัญญาณประสาทถูกส่งต่อไปยังเซลล์ประสาทลำดับที่ 2 คือ Ganglion Cell เพื่อส่งต่อไปยังเซลล์ประสาทลำดับที่ 3 ที่ Lateral Geniculate Body จากนั้นถูกส่งเข้าไปตาม Optic Radiation สิ้นสุดยังเซลล์ประสาทใน Visual Cortex ของสมองใหญ่

เส้นประสาทตา (Optic Nerve) เส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 ยาวประมาณ 5 เซนติเมตร แต่ ละข้างประกอบด้วยเส้นใยประสาทชนิดที่มี Myelin Sheath หุ้ม ประมาณ 1,000,000 เส้นใย โดย เส้นใยประสาทมาจาก Axon ของ Ganglion Cell มาบรรจบรวมกันที่ Optic Disk

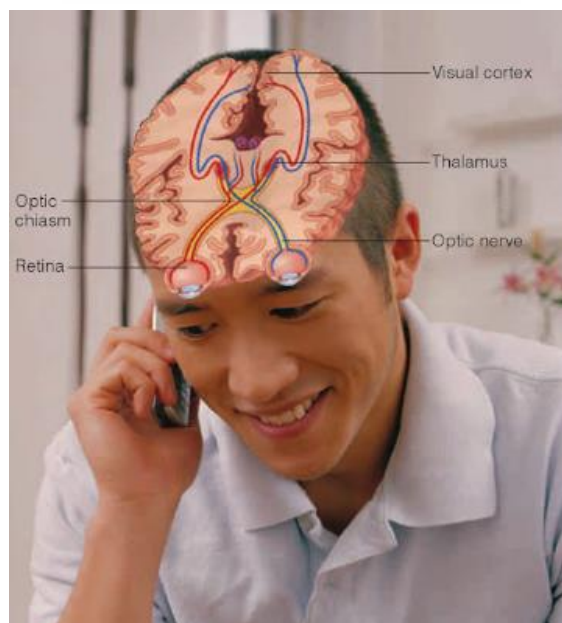
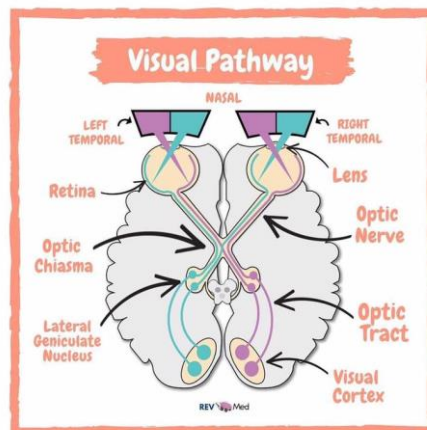
จุดประสานเส้นประสาท (Optic Chiasm) เป็นส่วนที่เส้นประสาทตา 2 ข้างมาบรรจบกัน นอกเบ้าตา จากการพาดข้ามกันของเส้นใยประสาทจากด้านในเรตินา (Nasal Retinal Region) ไปเป็น Optic Tract ด้านตรงข้าม และเป็นทางผ่านของเส้นใยประสาทจากด้านนอกเรตินา (Temporal Retinal Region) ไปเป็น Optic Tract ด้านเดียวกัน ลักษณะเป็นแถบแบนรูปไข่หรือสี่เหลี่ยมเส้นผ่าศูนย์กลาง แนวขวางประมาณ 12 มิลลิเมตร แนวหน้า-หลังประมาณ 8 มิลลิเมตร หนาประมาณ 3-5 มิลลิเมตร ด้านหลังต่อเนื่องไปกับ Optic Tract

เส้นใยประสาทตา (Optic Tract) เป็นแถบรูปทรงกระบอก เริ่มจาก Optic Chiasm ไปที่ Crus Cerebri เฉียงออกด้านข้างกลายเป็นแถบแบนพาดด้านบนและยึดติดกับ Crus Cerebri

Lateral Geniculate Body เป็นรูปสามเหลี่ยมคล้ายหมวกนโปเลียนหรือหมวกแก๊ป บางตำราว่าคล้ายรูปไข่ อยู่ด้านล่างก่อนไปด้านหลังต่อ Dorsalthalamus ทำหน้าที่เป็นสถานีถ่ายทอดสัญญาณประสาท (Sensory Relay Nucleus) ของทาลามัส

Geniculocalcarine Tract เป็นกลุ่มเส้นใยประสาทที่นำสัญญาณประสาทจาก Lateral Geniculate Body ไปยัง Occipital Lobe โดยทอดขวางเข้าไปยัง Retrolenticular Part ซึ่งเป็น

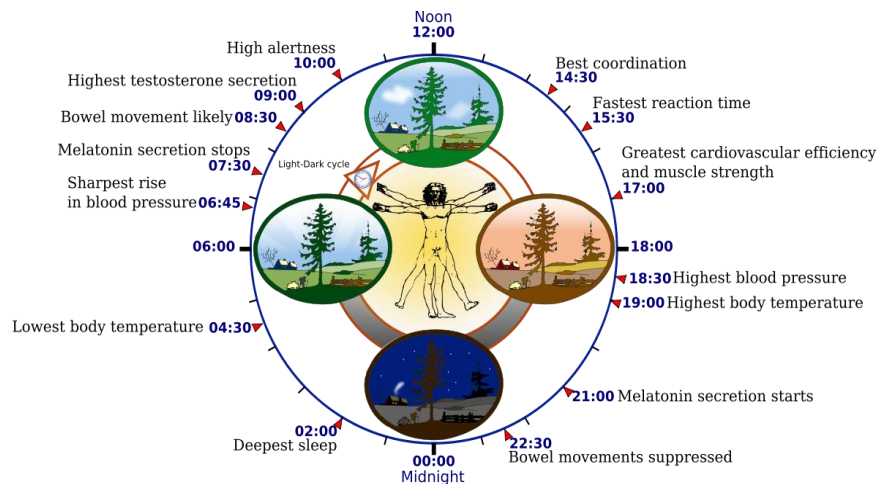
ส่วนหลังของ Posterior Limb ของ Internal Capsule ขณะออกจาก Internal Capsule มีลักษณะกระจายออกด้านข้างของ Lateral Ventricle โดยแผ่ออกเป็นรูปพัดกลายเป็น Medullary Optic Lamina โดยกลุ่มเส้นใยที่อยู่ด้านบนกว่าจะไปยัง Occipital Lobe กลุ่มเส้นใยด้านล่างกว่าจะเข้าไปยัง Temporal Lobe ก่อนย้อนกลับเป็น Meyer's Loop เข้ามาสิ้นสุดใน Primary Visual Cortex สมองส่วนรับภาพ (Visual Cortex) อยู่ตามขอบบนและขอบล่างของ Calcarine Sulcus บริเวณนี้มักถูกเรียกว่า Striate Cortex เพราะมีแถบเข้มของ Geniculocalcarine Fibers สมองส่วนนี้ถูกกำหนดให้เป็น Brodmann Area 17 หน้าที่ของสมองบริเวณนี้ คือบอกขนาดและรูปร่างของวัตถุที่มองเห็น เมื่อข้อมูลผ่านมาถึงคอร์เทกซ์ส่วนนี้ จะถูกส่งผ่านต่อไปยัง Secondary Visual Area ซึ่งตรงกับ Brodmann Area 18, 19 เพื่อบอกความสัมพันธ์ของขนาด รูปร่าง และการเคลื่อนไหว แปลผลสิ่งที่เห็นว่าเป็นอะไร และทำให้เกิดการมองตามวัตถุ



ภาพที่ 2-4 วิธีประสาทการรับภาพ (Visual Pathway) ของสมอง (Pastorino & Doyle-Portillo, 2012, p. 91)

3. แสงสีฟ้า (Blue Light)

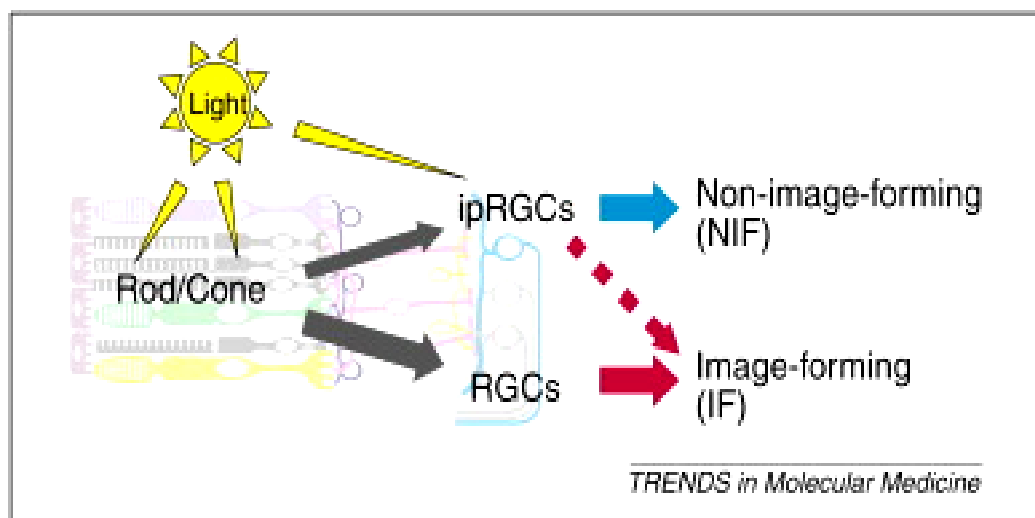
Foster et al. (1991) พบว่าเซลล์รับแสงที่ไม่ใช่เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยในตาหนู แต่มีบทบาททำหน้าที่แสดงการควบคุมนาฬิกาชีวิต (Circadian Rhythm) ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 การควบคุมนาฬิกาชีวิต (Circadian Rhythm)

ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Circadian_rhythm

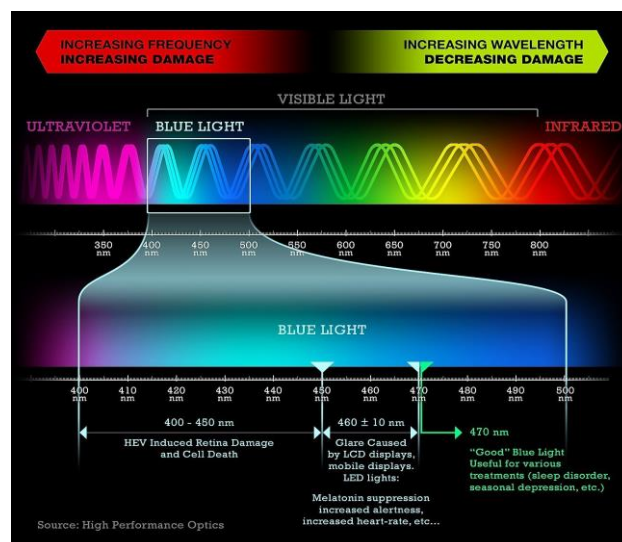
เซลล์รับแสงนี้ เรียกว่า Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells (ipRGCs) ซึ่งเป็นส่วนย่อย ๆ ของ Retinal Ganglion Cells (RGC) ที่อยู่ในเรตินาชั้นด้านในด้านหลังของเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวย ซึ่งอยู่ด้านนอกของเรตินา ดังภาพที่ 2-6



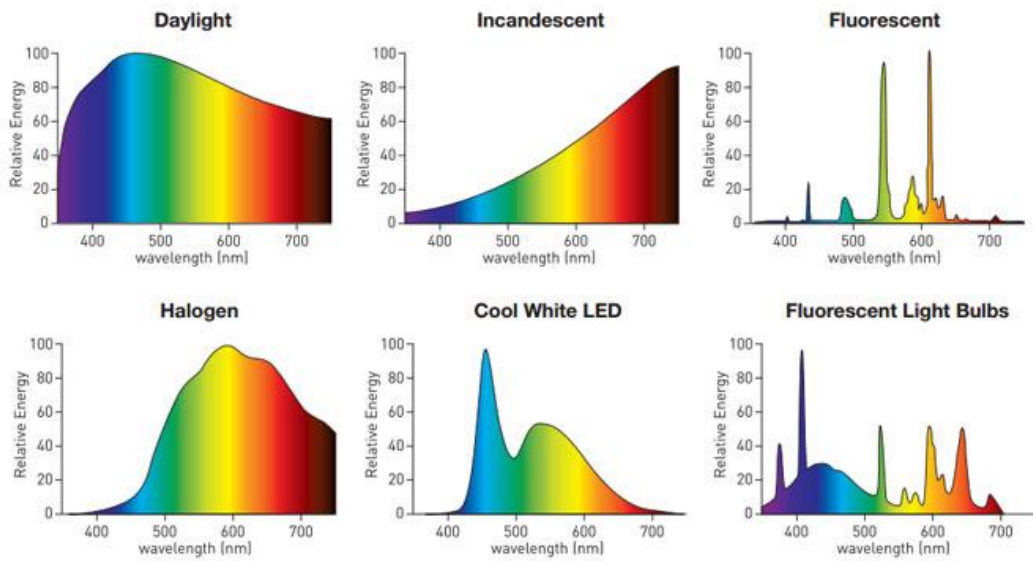
ภาพที่ 2-6 แสดงตำแหน่งของ ipRGCs และ NIF

เซลล์ประสาทไวแสงเหล่านี้ จะมีสารรงควัตถุไวแสงที่เรียกว่า Melanopsin สามารถดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นในระดับสูงสุดประมาณ 480 นาโนเมตร ซึ่งมีความแตกต่างจากเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น Zaidi et al. (2007) พบว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมประเภทอื่น ๆ ที่ไม่มีเซลล์รูปแท่งเซลล์รูปกรวย ที่เรตินา และคนไข้ที่ถูกทำลายเซลล์รูปกรวยและเซลล์รูปแท่ง แต่ RGC ยังไม่ถูกทำลาย พบว่าแม้จะไม่มีเซลล์รูปแท่งหรือเซลล์รูปกรวย คนไข้ก็ยังมียังมีพฤติกรรมเกี่ยวกับจังหวะรอบวัน Melanopsin Suppression และรีเฟล็กซ์ปรับรูม่านตาที่เหลืออยู่ โดยมีระดับความไวแสงสอดคล้องกับการมีสารรงควัตถุไวแสง Melanopsin สมองก็ยังมีอาการมองเห็นแสงที่มีความถี่เท่านี้ ในมนุษย์ RGC ไวแสงมีส่วนในการเห็น (Conscious Sight) และในหน้าที่อื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวกับการมองเห็นรวมทั้งที่เกี่ยวกับจังหวะรอบวัน พฤติกรรม และการปรับรูม่านตาเพราะว่าเซลล์เหล่านี้ตอบสนองกับแสงสีฟ้า

แสงสีฟ้าแบ่งได้เป็นสองประเภทคืออันตรายและไม่อันตรายกับสายตาตาดังภาพที่ 2-7 แสงสีฟ้าที่ไม่อันตรายต่อดวงตาเรียกว่า Blue-Turquoise Light ซึ่งมีความยาวคลื่น 465-495 นาโนเมตร ส่วนแสงสีฟ้าที่อันตรายต่อดวงตาเรียกว่า Blue-Velvet Light มีความยาวคลื่น 415-455 นาโนเมตร Blue-Turquoise Light (Smick & Villette, 2013) แสงสีฟ้าช่วงนี้ จะทำงานร่วมกับนาฬิกาชีวิต เช่น ตอนเช้าพระอาทิตย์เริ่มขึ้น แสงยังไม่สว่างแต่ทำให้เราตื่นนอน เพราะแสงสีฟ้าชนิดนี้ปลุกให้ตื่นนอน กระตุ้นให้อวัยวะส่วนต่างๆ ทำงาน สำหรับ Blue-Velvet Light แสงสีฟ้าประเภทนี้มีอำนาจการทะลุทะลวงสูง ซึ่งผ่านการพิสูจน์แล้วว่าที่จอประสาทตามีการเสื่อมนั้นมาจากช่วงแสงนี้ เพราะใช้สายตาในการมองอยู่ตลอดเวลา ไม่สามารถหลบแสงสีฟ้าได้ เพราะพบได้กับทุก ๆ แหล่งกำเนิดแสงไม่ว่าจะดวงอาทิตย์ หรือหลอดไฟต่าง ๆ



ภาพที่ 2-7 แสดง Blue-Velvet Light และ Blue-Turquoise Light (Smick & Villette, 2013)



ภาพที่ 2-8 แสดงการปล่อยแสงสีฟ้าจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างแบบต่าง ๆ (Smick & Villette, 2013)

ผลของแสงสีฟ้าต่อนาฬิกาชีวิต

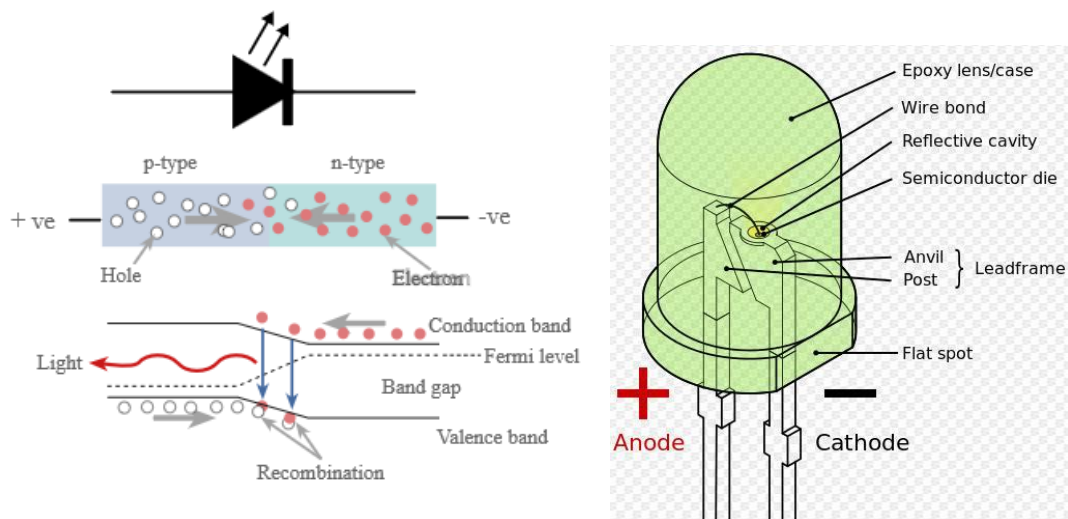
นาฬิกาชีวิต (Circadian Rhythm) หรือ นาฬิกาชีวภาพ หมายถึง ลักษณะทางชีววิทยา ตลอด 24 ชั่วโมงของแต่ละคนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเพื่อควบคุมการทำงานของระบบต่างๆในร่างกาย เช่น ฮอร์โมน อุณหภูมิของร่างกาย การหลับและการตื่น การเปิดรับแสงสีฟ้าสามารถส่งผลกระทบต่อจังหวะนาฬิกาชีวิต สรีรวิทยาวงจรการตื่นนอนตามธรรมชาตินั้นควบคุมโดยการปล่อยฮอร์โมนเมลาโท닌จากต่อมไพเนียล ปกติการหลั่งเมลาโท닌จะเพิ่มขึ้นทันทีหลังจากเริ่มมีความมืดในตอนกลางคืน (ระหว่างตีสองถึงตีสี่) และค่อย ๆ ตกลงมาในช่วงครึ่งหลังคืน การเปิดรับแสงในแสงที่มองเห็นได้ โดยเฉพาะแสงสีฟ้ายับยั้งการหลั่งเมลาโท닌 เมื่อเทียบผลกระทบ 6.5 ชั่วโมง การสัมผัสกับแสงสีเขียวของแสงสว่างที่เทียบเคียงได้แสงสีฟ้าจะยับยั้ง เมลาโท닌เป็นเวลานานกว่าสองเท่า และเพิ่มการเปลี่ยนแปลงในจังหวะนาฬิกาชีวิตสองเท่า (สามชั่วโมงเทียบกับ 1.5 ชั่วโมง) การสัมผัสกับแหล่งกำเนิดแสงสีฟ้าในตอนเย็นจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการนอนหลับ กลุ่มตัวอย่างที่อ่านจากเครื่องอ่านอิเล็กทรอนิกส์ใช้เวลานานในการนอนหลับ และลดความง่วงนอนตอนเย็น ลดการหลั่งเมลาโท닌 เวลาต่อมาของนาฬิกาชีวิตลดความตื่นตัวในตอนเช้า เมื่อเปรียบเทียบกับผู้อ่านหนังสือที่พิมพ์ ในทำนองเดียวกัน การปิดกั้นแว่นตาในเวลากลางคืนจะเพิ่มทั้งคุณภาพการนอนหลับและระยะเวลาในการวัด ดังนั้นแพทย์ควรแนะนำให้ผู้ป่วยหลีกเลี่ยงการใช้อุปกรณ์ดิจิทัลเป็นเวลาสองถึงสามชั่วโมงก่อนนอน

Rosenfield and MCOptom (2019) กล่าวว่า ผลกระทบของแสงสีฟ้าบนดวงตาได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เนื่องจากอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงที่เปล่งแสงความยาวคลื่น

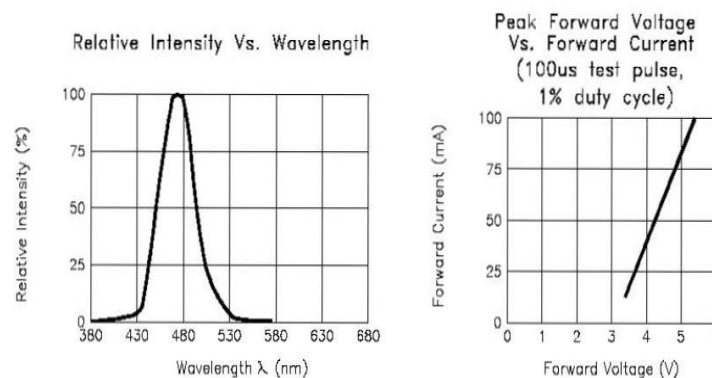
ระหว่าง 400 nm และ 500nm แสงทั่วไปคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ แล็บท็อป แท็บเล็ต อุปกรณ์อ่านอิเล็กทรอนิกส์ สายตา กับแสงสีฟ้า อย่างไรก็ตามแพทย์ต้องจำไว้ว่าปริมาณของแสงที่ส่องมาจากแหล่งกำเนิดรังสีนั้นเป็นเพียงเศษเสี้ยวของรังสีที่ปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์ LED ทั่วไปที่ใช้สำหรับแสงทั่วไปนั้นปล่อยออกมาประมาณ 50 ถึง 70 lux ในขณะที่แสงอาทิตย์ให้ประมาณ 100,000 lux

4. ไดโอดเปล่งแสง (Light-Emitting Diode)

ไดโอดเปล่งแสง หรือ LED เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ซึ่งโครงสร้างประกอบไปด้วยสารกึ่งนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P ประกบเข้าด้วยกัน มีผิวข้างหนึ่งเรียบคล้ายกระจกเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัว LED โดยต่อไฟฟ้าขั้วบวกให้ขาแอนโนด และต่อไฟฟ้าขั้วลบให้ขาแคโทด ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้น สามารถวิ่งข้ามรอยต่อจากสารชนิด N ไปรวมกับโฮลในสารชนิด P การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ P-N ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า เป็นผลให้ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและคายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง



ภาพที่ 2-8 แสดงหลักการทำงานการปล่อยแสงของ LED



ภาพที่ 2-9 ความเข้มแสงและความยาวคลื่นแสงสีฟ้าของ LED

หน่วยวัดทางแสง ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux, F) เป็นปริมาณแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงแต่ละวินาที มีหน่วยเป็นลูเมน (Lumen, lm) ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity, I) เป็นความเข้มของแสงที่ออกไปในทิศทางใดทางหนึ่ง มีหน่วยเป็นแคนเดลา (Candela, cd)

$$I \text{ (cd)} = \frac{F \text{ (lm)}}{\text{solid angle (sr)}}$$

ความสว่าง (Illuminance, E) เป็นปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งบางครั้งเรียกว่า ระดับความสว่าง (Lighting Level) เป็นค่าที่แสดงว่าพื้นที่นั้นมีความสว่างเพียงพอหรือไม่ มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux)

$$E \text{ (lux)} = \frac{F \text{ (lm)}}{A \text{ (m}^2\text{)}}$$

ความส่องสว่าง (Luminance, L) เป็นปริมาณความเข้มของแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุต่อหน่วยพื้นที่ บางครั้ง เรียกว่า ความจ้า (Brightness) เป็นค่าที่วัดปริมาณแสงสะท้อนที่เข้าสู่ตา มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m²)

$$L \text{ (cd/m}^2\text{)} = \frac{I \text{ (cd)}}{A \text{ (m}^2\text{)}}$$

ความเข้มแสง เท่ากับ กำลังของหลอดไฟฟ้าต่อพื้นที่ผิวทรงกลม และ แสงความสว่าง 1 ลักซ์ เท่ากับ 0.0079 วัตต์ต่อตารางเมตร ของแสงสีเขียวความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร

ผลทางด้านความปลอดภัยต่อดวงตา อันเนื่องมาจากแสง (Eye Safety)

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย (2557) ได้กล่าวถึง ผลทางด้านความปลอดภัยต่อดวงตา อันเนื่องมาจากแสง ในแสงที่ได้จากหลอดไฟแต่ละชนิดจะมีส่วนผสมของรังสี/ แสงสีต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน โดยรังสีที่เป็นอันตรายต่อดวงตาเช่น รังสีอินฟราเรด รังสีอัลตราไวโอเล็ต และแสงสีน้ำเงิน ถือเป็นส่วนที่มีอันตรายต่อดวงตามนุษย์ ปัจจุบัน มีมาตรฐานสากล (IEC62471 Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems) เพื่อประเมินว่าหลอดต่าง ๆ เหล่านี้มีปริมาณรังสี/ แสงสีที่เป็นอันตรายมากน้อยเพียงใด โดยการวัดปริมาณรังสี/ แสงที่ออกมาจากหลอดไฟและจัดประเภทตามกลุ่มระดับความเสี่ยง (Risk Group, RG) โดยจำแนกออกเป็น สี่กลุ่ม คือ

กลุ่มระดับความเสี่ยง 0 (RG-0) ถือเป็นหลอดที่ไม่มีอันตรายต่อดวงตา สามารถใช้งานได้ตามปกติ ไม่จำเป็นต้องมีการระบุหมายเหตุบนผลิตภัณฑ์/ บรรจุภัณฑ์

กลุ่มระดับความเสี่ยง 1 (RG-1) ถือเป็นหลอดที่มีความเสี่ยงต่ำสามารถใช้งานปกติ ยกเว้นงานที่จะต้องมองเห็นหลอดโดยตรงเป็นเวลานาน ไม่จำเป็นต้องมีการระบุหมายเหตุบนผลิตภัณฑ์/บรรจุภัณฑ์

กลุ่มระดับความเสี่ยง 2 (RG-2) ถือเป็นหลอดที่มีความเสี่ยงปานกลาง แต่ไม่ได้ทำให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรง หากไม่ได้อยู่ในระยะใกล้จนผิดปกติ หรือจ้องมองเป็นเวลานาน จำเป็นต้องมีการระบุหมายเหตุบนผลิตภัณฑ์/บรรจุภัณฑ์

กลุ่มระดับความเสี่ยง 3 (RG-3) ถือเป็นหลอดที่มีความเสี่ยงสูง แม้ว่าจะมองเป็นระยะเวลาสั้น ๆ จำเป็นต้องมีการระบุหมายเหตุบนผลิตภัณฑ์/บรรจุภัณฑ์

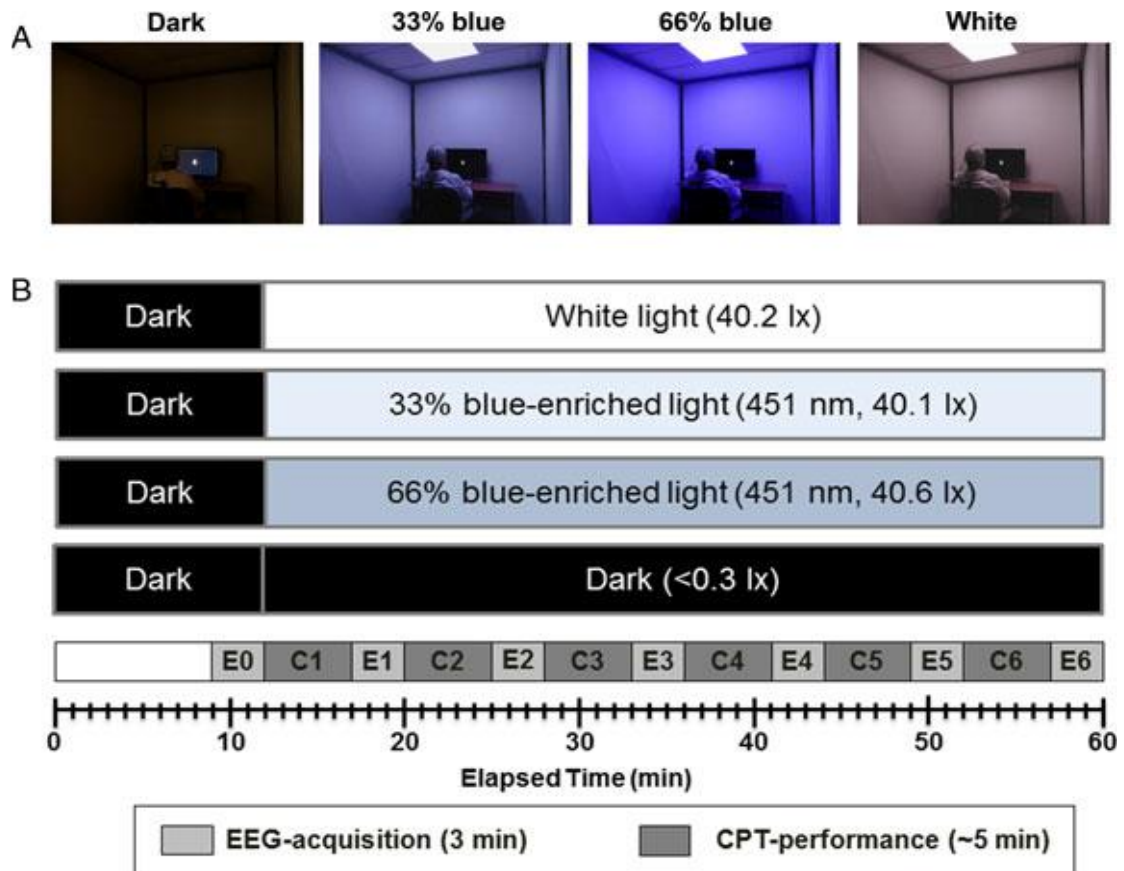
สำหรับหลอด LED ที่นำมาใช้งานโดยทั่วไป ถือเป็นหลอดที่ไม่มีรังสีอินฟราเรด และรังสีอัลตราไวโอเล็ต แต่มีส่วนของแสงสีน้ำเงิน จึงมีโอกาสทำให้เกิดอันตรายต่อดวงตา อย่างไรก็ตาม หลอด LED ส่วนใหญ่มีขนาดกำลังไฟไม่สูง จึงมีความเสี่ยงค่อนข้างต่ำ (RG-0 หรือ RG-1) และสามารถใช้งานได้ตามปกติ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงสีฟ้า

Zaidi et al. (2007) พบว่าแสงความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร สามารถลดระดับฮอร์โมนเมลาโทนิน เป็นระยะเวลายาวถึงสองเท่ามากกว่าแสงความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร งานวิจัยสรุปว่าระดับความยาวคลื่นแสงที่ RGC ไวแสงตอบสนองมากที่สุดอยู่เป็นความยาวคลื่นแสง 460 นาโนเมตร ต่อมาได้ศึกษาในมนุษย์ที่ไม่มีเซลล์รูปแท่งไม่มีเซลล์รูปกรวย พบว่าแสงสีฟ้านำไปสู่การรับรู้ที่ความยาวคลื่น 481 นาโนเมตร นั่นคือ RGC มีการตอบสนองได้ดีกับแสงช่วง ความยาวคลื่นหรือแสงสีฟ้า

Baek and Min (2015) พบว่าหลังรับประทานอาหารตอนเที่ยงจะรู้สึกง่วงนอนการทำงานสมองจะลดการตื่นตัวจะนำไปสู่ประสิทธิภาพของงานต่ำ แต่ถ้าฉายแสงสีฟ้าให้กับคนทำงานจะทำสมองตื่นตัวมากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของงานเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 2-12 โดยงานวิจัยได้ออกแบบการทดลองมอบให้อาสาสมัครทำงานเหมือนกัน ภายใต้เงื่อนไขของแสงที่มีความแตกต่างกัน 3 แบบ คือ สีฟ้า 66 % สีฟ้า 33% สีขาว ซึ่งจะทำให้การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ผลวิจัยพบว่าคลื่นไฟฟ้าสมองอัลฟาจะลดลงแตกต่างกันมีนัยทางสถิติเมื่อเทียบกับแสงสีขาว หมายความว่าสมองตื่นตัวเมื่อได้รับแสงสีฟ้า และถ้าฉายแสงสีฟ้าและแสงสีแดงในช่วงเช้าตรู่ พบว่าคลื่นไฟฟ้าสมองอัลฟา ลดลง แสดงสมองตื่นตัวเช่นกันในตอนเช้าได้เช่นกัน นอกจากนี้พบว่าแสงสีฟ้าช่วยให้สมองตื่นตัว โดยการจะนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนรู้อีกกับนักเรียน ซึ่งทดลองกับนักเรียน 58 คน ในประเทศอเมริกา พบว่า แสงสีฟ้ามีอิทธิพลมากกว่าแสงสีขาวในการทดสอบมาตรฐานทางจิตวิทยา

Lehrl et al. (2007) พบว่าการรับแสงสีฟ้าสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความรู้ความเข้าใจในการสื่อสารได้อย่างรวดเร็ว โดยทำการศึกษาระยะยาวในผู้ใหญ่ 44 คน พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญกับความตื่นตัวและความเร็วในการประมวลผลข้อมูลของโดยแสงสีฟ้า เมื่อเทียบกับแสงปกติ



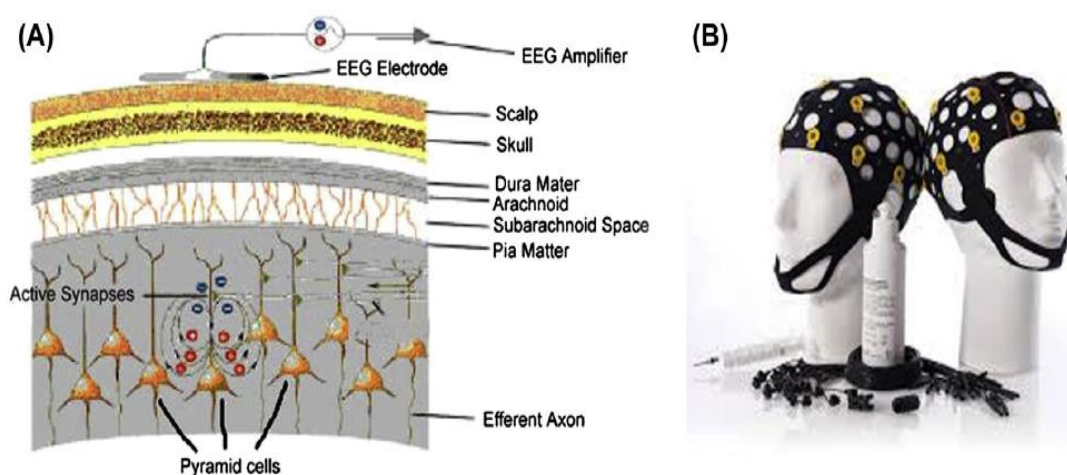
ภาพที่ 2-10 แสดงการออกแบบการทดลอง (Baek & Min, 2015)

Chellappa et al. (2013) พบว่าการได้รับแสงสีฟ้ามีสัมพันธ์กับการนอนหลับเพราะส่งผลกระทบต่อการผลิตฮอร์โมนเมลาโทนิน โดยวิจัยกับกลุ่มคนที่มีสุขภาพดี ชาย 16 คนและหญิง 14 คน ช่วงอายุ 20-31 ปี รับแสงสีฟ้า 2 ชั่วโมงในช่วงเย็นจะทำให้การนอนหลับช้าลงอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยได้แนะนำให้สัมผัสกับแสงสีฟ้าระดับแสงต่ำ ๆ เพราะจะส่งผลกระทบต่อควบคุมการนอนหลับ

ตอนที่ 2 คลื่นไฟฟ้าสมองและเทคนิคการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

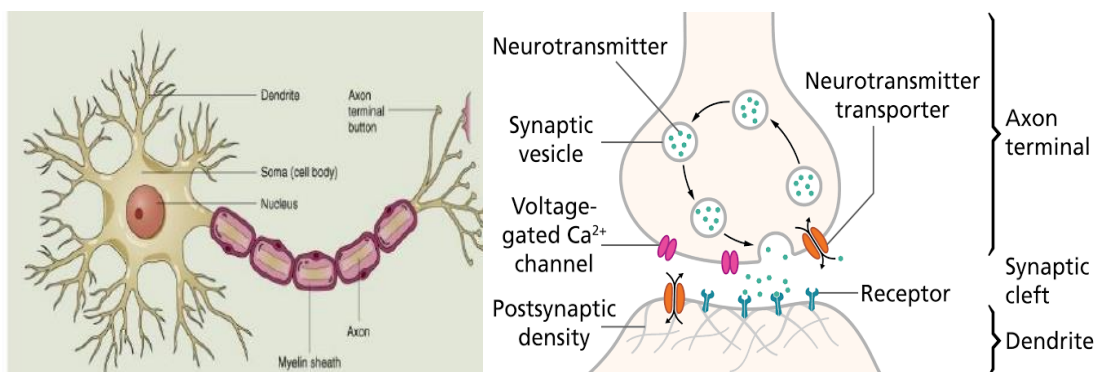
1. คลื่นไฟฟ้าสมอง

ค.ศ. 1929 Hans Berger เป็นผู้บันทึกกิจกรรม และรายงานการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงคลื่นที่แตกต่างกัน ค.ศ. 1957 Grey Walter เป็นคนแรกที่บันทึกสมองด้วยขั้วไฟฟ้า โดยคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) เป็นวิธีการถ่ายภาพที่ไม่รุกรานพื้นที่ของสมอง โดยเป็นการบันทึกกิจกรรมทางไฟฟ้าที่บริเวณผิวหนังศีรษะ และแสดงให้เห็นคลื่นของสมองที่เปลี่ยนไปตามกิจกรรมที่แตกต่างกัน โดยอุปกรณ์การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง เป็นรูปแบบของหมวกหรือชุดหูฟังที่มีขั้วไฟฟ้าและเซ็นเซอร์หลายตัวซึ่งออกแบบมาเพื่อยึดกับพื้นผิวของศีรษะ โดยคลื่นไฟฟ้าสมองจะใช้ในการวินิจฉัยความผิดปกติของสมองบางอย่าง และใช้เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับความผิดปกติ เช่น โรคลมชัก อาการบาดเจ็บที่ศีรษะ โรคลิ้นหลังอักเสบหรือการอักเสบของสมอง เนื้องอกในสมอง โรคลิ้นหลังอักเสบหรือความผิดปกติของสมองที่เกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ปัญหาหน่วยความจำ ความผิดปกติของการนอนหลับ (Abhang, Gawali, & Mehrotra, 2016, p. 8)



ภาพที่ 2-11 การวางขั้วไฟฟ้าบนศีรษะ และหมวก EEG (Abhang et al., 2016, p. 9)

คลื่นไฟฟ้าสมองเกิดจาก Dendritic Activity ของ Pyramidal Cell ที่แหงผ่านขึ้นมาถึงบริเวณนอกสุดของสมอง ซึ่งถูกกระตุ้นโดยเซลล์ให้จังหวะพร้อม ๆ กันเป็นบริเวณกว้างเมื่อรวม Excitatory และ Inhibitory Postsynaptic Potential จากเซลล์เหล่านี้เข้าด้วยกันจึงมีสนามไฟฟ้าขนาดใหญ่ ผ่านเยื่อหุ้มสมอง น้ำไขสันหลัง กะโหลกและหนังศีรษะ ไปปรากฏเป็นคลื่นไฟฟ้าสมอง เทคนิคการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง สามารถกระทำได้ในขณะที่รู้สึกและไม่รู้สึกตัว โดยการวัดและวิเคราะห์สัญญาณ ขณะที่เกิดกิจกรรมทางสมองมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีซึ่งคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดขึ้นทั้งหมดเริ่มต้นจากองค์ประกอบที่เป็นพื้นฐานของสมองนั้น คือ เซลล์ประสาท (D'Albis, 2012)



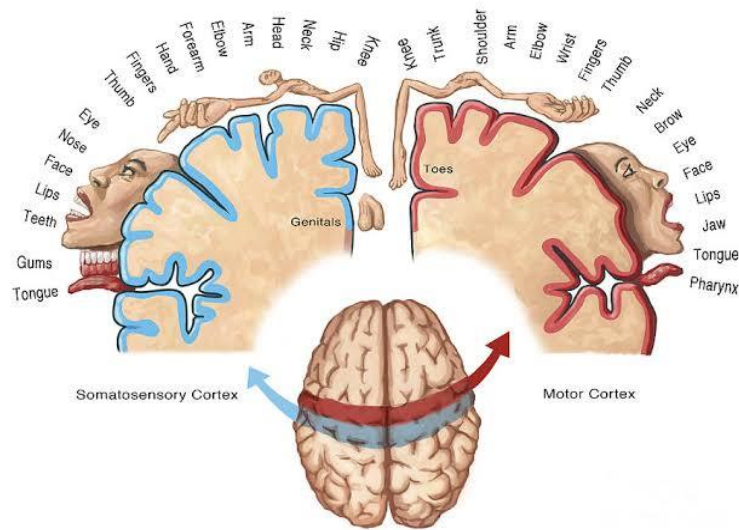
ภาพที่ 2-12 Transmission of Neurons Signal

ที่มา: <https://en.wikipedia.org/wiki/Neurotransmission>

สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (Brain Wave) เป็นรูปแบบหนึ่งของสัญญาณที่วัดได้จากร่างกายมนุษย์ซึ่งเรียกว่า Biomedical Signal โดยรูปแบบของสัญญาณอาจอยู่ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรืออยู่ในลักษณะของรูปภาพและภาพเคลื่อนไหวโดยปกติแล้วร่างกายมนุษย์จะเคลื่อนไหวหรือทำกิจกรรมใด ๆ จะต้องมีการสั่งการมาจากสมองโดยสมองจะส่งข้อมูลในรูปแบบสัญญาณไฟฟ้าผ่านทางเซลล์ประสาท เพื่อมากระตุ้นกล้ามเนื้อให้เคลื่อนไหวตามที่ต้องการ ซึ่งสัญญาณที่สมองส่งออกมาสามารถทำการตรวจจับและแปลงออกมาในรูปของสัญญาณไฟฟ้า

พื้นที่สมองแบ่งออกเป็นส่วนเล็ก ๆ ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน เช่น Frontal Lobe ทำหน้าที่เกี่ยวกับความคิด ความเสียหายของสมองส่วนนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอารมณ์ Visual Cortex ทำหน้าที่ในกระบวนการทางด้านการมองเห็น Temporal Lobe ทำหน้าที่ทางด้านความจำ เช่น การจัดเก็บความจำและ Motor Cortex ทำหน้าที่ในการวางแผนการเคลื่อนไหว ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว Motor Cortex จะแบ่งพื้นที่ของการเคลื่อนไหวออกเป็นส่วนของมือ เท้าและส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย เนื่องจากอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมีการเคลื่อนไหวอย่างอิสระในจินตนาการในสมองก็จะแปลความหมายของร่างกายที่บิดเบี้ยวตามลักษณะของการเคลื่อนไหวของร่างกาย สำหรับการเคลื่อนไหวมือและแขน สมองต้องการใช้พื้นที่ในการควบคุมการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมากกว่าการเคลื่อนไหวสะโพกเนื่องจากการเคลื่อนไหวมือและแขน มีความละเอียดซับซ้อนในการใช้สมองมากกว่า แสดงได้ดังภาพที่ 2-13

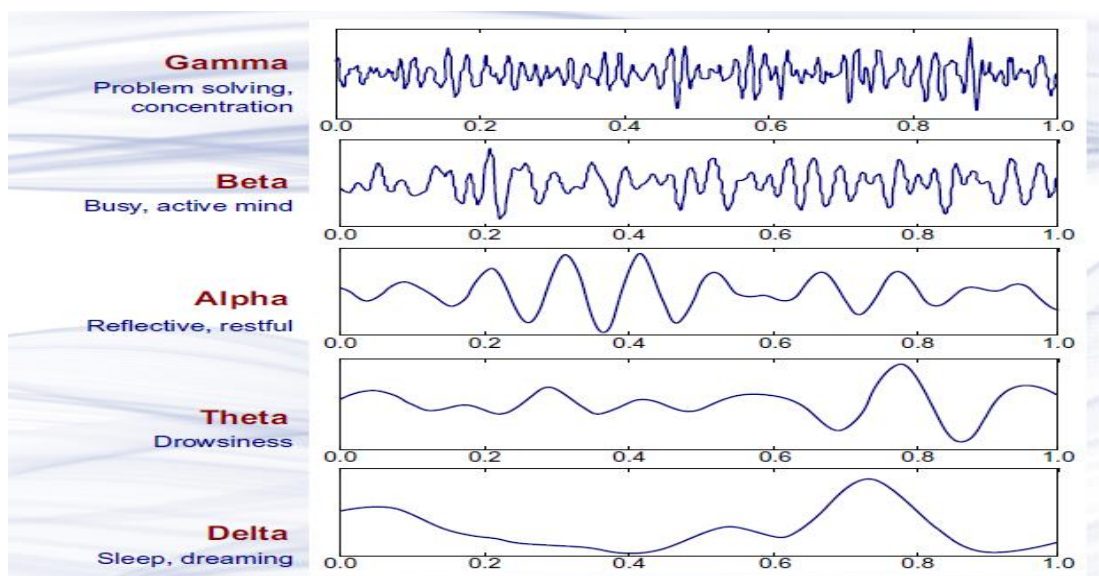
ความถี่และตำแหน่งของสมองที่ใช้สำหรับประเมินว่าสมองกำลังทำงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับความละเอียดในการวัดค่าที่ได้มา ความเป็นไปได้ที่จะแยกระหว่างความแตกต่างของกิจกรรมเท่านั้น เช่น สิ่งที่คิดกับการเคลื่อนไหว การเคลื่อนที่เฉพาะส่วนและประเภททั่วไปความคิด ไม่รู้แน่นอนได้ว่าคนนั้นคิดอะไร แต่ด้วยวิธีการที่แน่นอนสามารถทำการเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำซึ่งเป็นพื้นฐานของระบบการเชื่อมต่อระหว่างสมองและเครื่องจักร (Brain Machine Interfaces) การแบ่งประเภทของ



ภาพที่ 2-13 พื้นที่สมองที่ควบคุมกล้ามเนื้อต่าง ๆ

ที่มา: <https://pixels.com/featured/homunculus-map-spencer-sutton.html>

คลื่นสมองนอกจากจะแบ่งตามวิธีการตรวจวัดแล้ว ทางด้านประสาทวิทยาได้ศึกษาคลื่นสมองในย่านความถี่ที่สัมพันธ์กับกิจกรรมของร่างกายมนุษย์ (Brain Frequencies Activity) ความแตกต่างของคลื่นสมอง (Brain Wave) จะเกิดขึ้นในลักษณะกิจกรรมที่แตกต่างกันในแต่ละกิจกรรม Ramadan, Refat, Elshahed, and Ali (2015) อธิบายว่า ในการวัดและแบ่งคลื่นสมองของมนุษย์ตามระดับความถี่ ได้เป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ คลื่น Gamma Beta Alpha Theta และ Delta



ภาพที่ 2-14 ช่วงความถี่ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (Ramadan et al., 2015)

1. คลื่นแกมมา (Gamma) มีความถี่ประมาณ 30 -100+ เฮิรตซ์เป็นคลื่นสมองที่มีความถี่อยู่ในช่วงสูงสุด เกิดขึ้นบริเวณสมองส่วนที่ทำหน้าที่รับความรู้สึก (Somatosensory Cortex) คลื่นแกมมาจะเกี่ยวข้องกับด้านความคิดและจิตใจ เช่น ความกลัว การแก้ไขปัญหา การเรียนรู้ การมีสติ รู้จักคิด ผู้เจริญเมตตาภาวนาต่อเนื่อง จะมีคลื่นแกมมาสูงกว่าคนปกติ คนที่ฝึกสมาธิเมตตาภาวนาต่อเนื่องจะมีการเปลี่ยนแปลงของสมองแบบถาวรในเชิงบวก เช่น ความสงบ ความอิมเม็บบการมองโลกในแง่ดี

2. คลื่นเบต้า (Beta Brainwave) มีความถี่ประมาณ 14-21 รอบต่อวินาที (Hz) เป็นช่วงคลื่นสมองที่เร็วที่สุด เกิดขึ้นในขณะที่สมองอยู่ในภาวะการทำงานและควบคุมจิตใต้สำนึก (Conscious Mind) ในขณะตื่นและรู้ตัว เช่น การนั่ง ยืน เดิน ทำงาน หรือกิจกรรมต่าง ๆ ในกรณีที่จิตมีความคิดมากมายหลายอย่างจากภารกิจประจำวัน วุ่นวายใจ สับสนหรือฟุ้งซ่าน และสั่งการสมองอย่างไม่เป็นระเบียบความถี่ของคลื่นช่วงนี้อาจสูงขึ้นได้ถึง 40 Hz โดยเฉพาะคนในที่มีความเครียดมากอยู่ในภาวะเร่งรีบบีบคั้น ตื่นเต้นตกใจ อารมณ์ไม่ดี โกรธหรือดีใจมาก ๆ สมองจะมีการทำงานในช่วงคลื่นเบต้ามากเกินไป

3. คลื่นอัลฟา (Alpha Brainwave) มีความถี่ประมาณ 7-14 รอบต่อวินาที (Hz) ความถี่ของคลื่นที่ต่ำลงมานี้ ก็คือเป็นคลื่นสมองที่ปรากฏบ่อยในเด็กที่มีความสุขและในผู้ใหญ่ที่มีการฝึกฝนตนเองให้สงบนิ่งมากขึ้นอาจหมายถึง สภาวะที่จิตสมดุลอยู่ในสภาวะสบาย ๆ มีการขาลงด้วยการใคร่ครวญไม่ด่วนตอบสนองต่อสิ่งเร้าด้วยอารมณ์อันรวดเร็ว เวลาที่ความถี่น้อยลง หมายถึงว่า จะคิดช้าลง เป็นจังหวะเป็นท่วงทำนอง คมชัด ให้ความแก่จิตในการไตร่ตรองและมีความคิดเป็นระบบขึ้น สภาวะที่สมองทำงานอยู่ในคลื่นอัลฟา ยังพบอยู่ในหลายรูปแบบ เช่น ขณะที่กำลังหลับหรือร่างกายอ่อนคลาย ช่วงเวลาที่วังนอนก่อนหลับหรือหลับใหม่ ๆ เวลาทำอะไรเพลิน ๆ จนลืมสิ่งรอบตัว เวลาสบายใจ เวลาอ่านหนังสือ หรือจดจ่อกับกิจกรรมอย่างต่อเนื่องในระยะเวลาหนึ่งและการเข้าสมาธิในระดับภวังค์ที่ไม่ลึกมาก

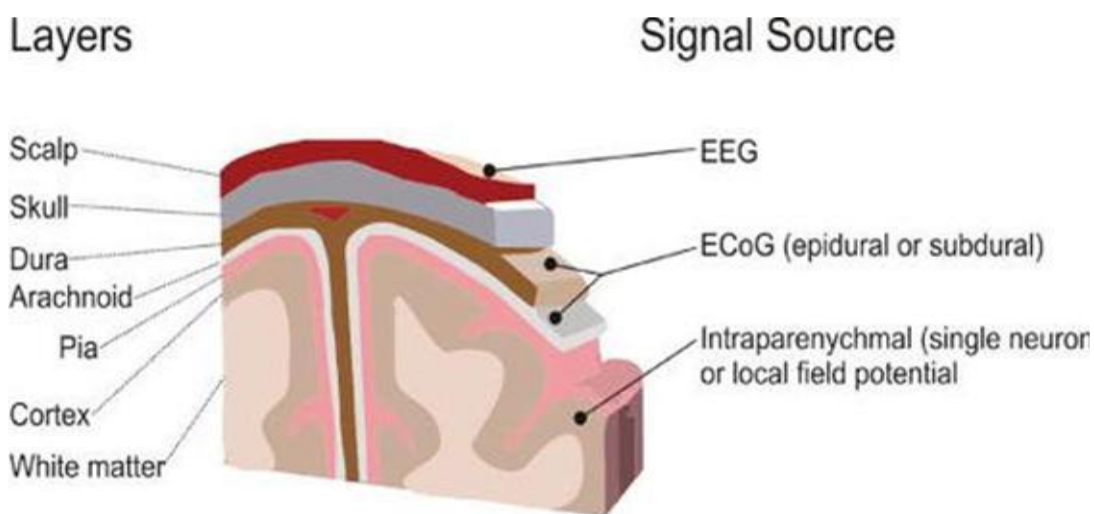
4. คลื่นเธต้า (Theta Brainwaves) มีคลื่นความถี่ประมาณ 4-11 รอบต่อวินาที (Hz) เป็นช่วงคลื่นที่สมองทำงานช้าลงมากพบเป็นปกติในช่วงที่คนหลับ หรืออ่อนคลายอย่างสูง แต่ในภาวะที่ไม่หลับคลื่นนี้ สามารถเกิดขึ้นได้เช่นกัน เช่น ขณะอยู่ในการภาวนาสมาธิที่ลึกในระดับหนึ่ง การเข้าสู่สภาวะนี้ ใกล้เคียงกับคลื่นสมองในสภาวะอัลฟา คือ มีความสุข ลืมความทุกข์ แต่จะมีความปิติสุขมากกว่า สภาวะนี้มีความเชื่อมโยงกับการเห็นภาพต่าง ๆ สมองในช่วงคลื่นเธต้า เปรียบเสมือนแหล่งเก็บแรงบันดาลใจ ความคิดสร้างสรรค์ที่อยู่ในจิตใจส่วนลึก จึงเป็นคลื่นสมองที่สะท้อนการทำงานของจิตใต้สำนึก (Subconscious Mind) อันเป็นการทำงานของเนื้อสมองส่วนใหญ่ของมนุษย์ ระดับพฤติกรรมภายใต้ความถี่ของคลื่นเธต้าเป็นลักษณะที่บุคคลคิดคำนึงเพื่อแก้ปัญหา พบได้ทั้งลักษณะที่รู้สำนึก และไร้สำนึก ปรากฏออกมาเป็นความคิดสร้างสรรค์ เกิดความคิดหยั่งเห็น (Insight) มีความสงบทางจิตและมองโลกในแง่ดีเกิดสมาธิแน่นแน่วและเกิดปัญญาญาณ มีศักยภาพสำหรับ

ความจำระยะยาวและการระลึกจำ

5. คลื่นเดลต้า (Delta Brainwaves) มีความถี่ประมาณ 0 – 4 รอบต่อวินาที (Hz) เป็นคลื่นสมองที่ช้าที่สุด สภาวะนี้จะทำให้ร่างกายเกิดความผ่อนคลาย ในระดับที่สูงมากเป็นคลื่นสมองที่ทำงานเชื่อมต่อกับส่วนที่เป็นจิตไร้สำนึก (Unconscious Mind) เช่น ในขณะที่ร่างกายหลับลึกโดยไม่มีฝันหรือ เกิดจากการเข้าสมาธิลึก ๆ ในระดับปานกลางในช่วงนี้คลื่นสมองแสดงให้เห็นว่า ร่างกายกำลังตีความกับการพักผ่อนลงลึกอย่างเต็มที่ เปรียบได้กับการประจุพลังงานเข้าสู่ร่างกายใหม่ผู้ที่ผ่านการหลับลึก ในช่วงเวลาที่พอเหมาะพอดีจะรู้สึกได้ถึงความสดชื่นกระปรี้กระเปร่ามากเป็นพิเศษ เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่นอนหลับไม่ค่อยสนิท และสำหรับผู้ที่ทำสมาธิอยู่ในระดับปานกลาง ๆ เมื่อออกจากสมาธิแล้ว ก็ยังคงคิดตรรกะแห่งปิติสุข ทำให้เกิดความสุขใจมีใบหน้าผ่องใสเต็มอิมไปด้วยความสุขสดชื่นเช่นเดียวกัน

2. เทคนิคการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

เทคโนโลยีในการบันทึกสัญญาณซึ่งเกิดจากกิจกรรมในสมองมีอยู่หลายวิธีแต่ละวิธีนอกจากจะแตกต่างกันแล้ว ความแม่นยำในการวัดก็จะแตกต่างกัน รวมถึงการนำผลการวัดไปใช้งาน วิธีการวัดคลื่นสมองในปัจจุบันนิยมนำไปประยุกต์ใช้งานมีดังนี้



ภาพที่ 2-15 เทคนิคการติดตั้งขั้วไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ (Shih, Krusienski, & Wolpaw, 2012)

1. เทคนิคการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองแบบรุกราน (Invasive BCIs หรือ Implant Technique) เป็นวิธีการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) โดยใช้ขั้วไฟฟ้า (Electrode Plate) ฝังลงไปภายในเนื้อสมอง (Invasive) โดยวิธีนี้สัญญาณที่ได้จะมีความแม่นยำสูง

2. เทคนิคการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองแบบไม่รุกราน (Non Invasive BCIs) เป็นวิธีการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) โดยติดตั้งขั้วไฟฟ้า (Electrode Plate) ไว้ที่หนังศีรษะ วิธีบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ด้วยการติดตั้งขั้วไฟฟ้าภายนอกสมอง (Non Invasive EEG Signal Recording)

Method) มีดังนี้

2.1 Electroencephalogram หรือ EEG เป็นเทคนิคการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนศีรษะ โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Electroencephalogram หรือ EEG หลักการก็คือการวัดค่าความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยผ่านขั้วไฟฟ้าที่ติดลงบนผิวหนังของศีรษะตามจุดต่าง ๆ ที่กำหนด

2.2 Functional Magnetic Resonance Imaging หรือ fMRI เป็นการใช้นาฬิกาแม่เหล็กที่ซับซ้อนเพื่อสร้างภาพสามมิติภายในสมอง พื้นที่สมองที่มีการทำงานของระบบประสาท จะมีการใช้ออกซิเจนจนหมดและเพื่อที่จะเติมออกซิเจนลงไปในพื้นที่นี้ ก็จะมีการไหลของโลหิตเพิ่มขึ้นในพื้นที่นั้น ๆ และมีฮีโมโกลบินก็จะนำเอาออกซิเจนในเลือดมาเติมให้สมองส่วนนั้น

2.3 Magneto-Encephalography หรือ MEG เป็นการวัดกิจกรรม ที่มีลักษณะคล้ายกับ EEG แต่จะใช้การสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากกระแสไฟฟ้า เครื่อง MEG ตอบสนองรายละเอียดของสัญญาณเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) ต่ำที่ 10 mm. แต่ตอบสนองรายละเอียดของสัญญาณเชิงเวลา (Temporal Resolution) สูงที่ 0.01 วินาที

2.4 Positron Emission Tomography หรือ PET เทคนิคการสร้างภาพทางการแพทย์ แสดงผลเป็นภาพสามมิติหรือภาพกระบวนการทำงานภายในร่างกาย เทคนิคนี้จะสามารถใช้เพื่อตรวจความผิดปกติของกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกายมีความแม่นยำในระดับโมเลกุล การบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยวิธีนี้ได้ นั้น ต้องอาศัยโมเลกุลที่ติดกับกัมมันตรังสี หรือเรียกว่า Radio Tracer โดยโมเลกุลที่ใช้นั้นต้องมีความเฉพาะเจาะจงต่อเอนไซม์ที่ต้องการศึกษา

2.5 Functional Near-Infrared Spectroscopy หรือ FNIRs เป็นการตรวจจับวิเคราะห์การหมุนเวียนของเลือดและความเปลี่ยนแปลงภายในสมองขณะเกิดกิจกรรมทางสมอง โดยหลักการคือการใช้วิธีการยิงลำแสงอินฟราเรดจากตัวส่งลำแสงไปยังพื้นที่สมองที่เป็นเป้าหมาย ลำแสงอินฟราเรดจะไปกระทบกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือด และถูกดูดซับลำแสงไปบางส่วนตามปริมาณของกระแสเลือด ในขณะนั้นแล้วสะท้อนกลับมายังอินฟราเรดเซ็นเซอร์ซึ่งจะทำหน้าที่รับสัญญาณลำแสงอินฟราเรดที่สะท้อนกลับมา

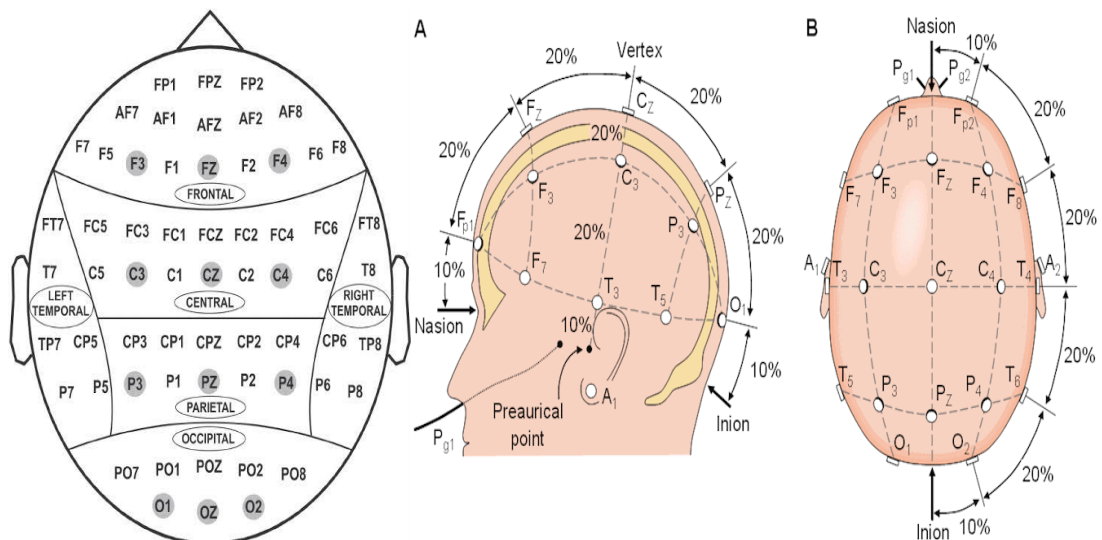
วิธีการติดตั้งขั้วไฟฟ้าการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electrode Placement)

การติดตั้งขั้วไฟฟ้าบนศีรษะเป็นเรื่องสำคัญ เพื่อได้สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีองค์ประกอบของคุณสมบัติที่ต้องการอย่างถูกต้อง และมีคุณภาพ เพราะสมองแต่ละส่วนแต่ละพื้นที่จะตอบสนองต่อกิจกรรมที่ต่างกันไป โดยทั่วไปการติดตั้งขั้วไฟฟ้าจะเป็นไปตาม มาตรฐานนานาชาติในการกำหนดตำแหน่งการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองแบบ 10-20 (Grimann, Allison, & Pfuertscheller, 2011) ระบบ 10-20 System เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับวิธีการกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งขั้วไฟฟ้า (Electrode) ลงบนหนังศีรษะ เพื่อวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) โดยตำแหน่งที่ติดตั้งขั้วไฟฟ้า จะต้องสัมพันธ์กับกายภาพของจุดเส้นประสาทและสมองส่วนต่าง ๆ ซึ่งในแต่ละบริเวณจะถูกกำกับด้วยตัวอักษรและ

ตัวเลขเพื่อบ่งบอกถึงพื้นที่สมอง (Lobe) แต่ละส่วน ตัวอักษรที่ใช้กำกับจุดต่าง ๆ ดังนี้

- F - Frontal Lobe สมองส่วนหน้า
- FP - Frontal Pole สมองส่วนหน้าบริเวณหน้าผาก
- T - Temporal Lobe สมองส่วนขมับ
- C - Central Lobe สมองส่วนกลาง
- P - Parietal Lobe สมองส่วนบน
- O - Occipital Lobe สมองส่วนท้ายทอย

สมองส่วนกลาง (Central, C) เป็นส่วนไม่ได้ยู่ติดกับกะโหลกชั้นนอก (Cerebral Cortex) ดังนั้นจึงใช้ขั้ววัดตรวจจับจากหนังศีรษะได้ไม่ได้นักจุด C จึงใช้อ้างอิงถึงในบางวัตถุประสงค์เท่านั้น ส่วนตัวเลขที่ใช้กำกับจะแบ่งเป็นเลขคู่และเลขคี่ โดยที่เลขคู่ เช่น 2 4 6 8 จะใช้อ้างอิงถึงตำแหน่งบนศีรษะซีกขวาส่วนเลขคี่ เช่น 1 3 5 7 9 จะใช้อ้างอิงถึงตำแหน่งที่อยู่บนศีรษะซีกซ้าย และตัวอักษร Z จะใช้อ้างอิงถึงตำแหน่งที่อยู่ในแนวแกนตรงกลางศีรษะ จุดเอฟพี (FP) อยู่ตรงบริเวณด้านหน้าของศีรษะ ส่วนจุดที่เรียกว่า Nasion เป็นจุด 20 ระหว่าง หน้าผากและจมูก และ Inion คือ ส่วนที่นูนออกมาของกะโหลกทางด้านหลังศีรษะ ดังภาพที่ 2-16 ส่วนเลข 10 และ 20 ในชื่อของระบบนี้จะหมายถึงระยะห่างระหว่างขั้ววัดแต่ละอัน จะมีระยะทางเป็น 10 หรือ 20 เปอร์เซ็นต์ของระยะห่างระหว่างกะโหลกด้านหน้าถึงด้านหลัง หรือจากจุด Nasion ถึงจุด Inion ในแนวแกนตั้ง ถ้าดูจากภาพที่ 22 (A) และเป็น 10 หรือ 20 เปอร์เซ็นต์ของระยะห่างระหว่างหูซ้ายและหูขวา สำหรับแนวแกนนอน ถ้าหากต้องการกำหนดตำแหน่งเพิ่มเพื่อความละเอียดในการวัด ก็จะทำหนดตำแหน่งที่เป็นจุดกึ่งกลางระหว่างจุดเดิมที่มีอยู่แทรกเข้าไป เมื่อต้องทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอีอีจี (EEG) ด้วยขั้วไฟฟ้าหลายอันตำแหน่งที่วางขั้วไฟฟ้าควรจะอยู่ตามตำแหน่งอ้างอิงที่กล่าวถึงมาข้างต้น



ภาพที่ 2-16 ระบบ 10-20 System (Abdulkader, Atia, & Mostafa, 2015)

Brodmann's Area เป็นการแบ่งพื้นที่สมองตามหน้าที่ โดยแบ่งพื้นที่ต่าง ๆ ตามหน้าที่ ออกเป็น 52 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น พื้นที่ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้ยิน พื้นที่ ทำหน้าที่เกี่ยวกับความรู้สึกของร่างกาย พื้นที่เกี่ยวกับการสั่งการ พื้นที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของตา พื้นที่เกี่ยวกับการพูด

ตารางที่ 2-1 ชื่อของเปลือกสมองและตำแหน่งวางขั้วไฟฟ้าตามระบบ 10-20 System

Brain Area	Brodmann Area	Left Hemisphere	Midline	Right Hemisphere
Frontal lobe	10	Fp1		Fp2
Frontal lobe	8	F3		F4
Inferior Frontal	47	F7		F8
Mid-Frontal	8L		Fz	
Anterior Temporal		T1		T2
Mid-Temporal	42	T3		T4
Posterior Temporal	37	T5		T6
Central		C3		C4
Vertex or Mid-Central	2		Cz	
Parietal	5L	P3		P4
Mid-Parietal	39			
Occipital	7R	O1	Pz	O2
Cerebellar	18	Cb1		Cb2
Auricular		A1		A2
Nasopharyngeal		Pg1		Pg2

ตารางที่ 2-1 อธิบายถึง ชื่อตำแหน่งของขั้วไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ตามตำแหน่งต่าง ๆ บนศีรษะ ตัวอย่างเช่น ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า FP1 คือ ตำแหน่งที่ขั้วไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ที่บริเวณเขตของเปลือกสมอง หรือ Brodmann Area ที่ 10 บนพื้นที่สมองส่วนหน้า ด้านซีกซ้ายหรือ Frontal Lobe (Abdulkader et al., 2015) รูปแบบการติดตั้งขั้วไฟฟ้า (EEG - Electrode Montages) เนื่องจากแรงดันของสัญญาณ คลื่นไฟฟ้าสมองเกิดจากการเปรียบเทียบความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้วและการแสดงผลของ สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองการสร้างและแสดงการกระจายของสัญญาณบนหนังศีรษะ (Distribution of the Electrical Signal over the Scalp) และเนื่องจากวิธีการวัดของ EEG Amplifier นั้นเป็นการ

เปรียบเทียบ Grid 1 และ Grid 2 และสัญญาณอาจเข้ามาได้ทั้งสองข้างดังนั้นจึงต้องอาศัยการจัดรูปแบบการติดตั้งขั้วไฟฟ้าเพื่อนำข้อมูลจากคลื่นไฟฟ้าสมองหลาย ๆ ช่องมาพิจารณาร่วมกันเพื่อประมาณการกระจายของ สัญญาณบนหนังศีรษะโดยมีการจัด Montage เป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. Bipolar Montage สร้างโดยเชื่อมโยงขั้วไฟฟ้าในแต่ละช่องที่อยู่ติดกันเข้าเป็นแนวและสามารถจัดขั้วไฟฟ้าเป็นแนวหน้าไปหลัง (16-Longitudinal Bipolar Montage) เช่น

Channel 1 = FP1-F3

Channel 5 = FP2-F4

Channel 2 = F3-C3

Channel 6 = F4 - C4

Channel 3 = C3-P3

Channel 7 = C4-P4

Channel 4 = P3-O1

Channel 8 = P4-O2

หรือเป็นแนวขวาง (16 - Transverse Bipolar Montage) เช่น

Channel 1 = FP1- FP2

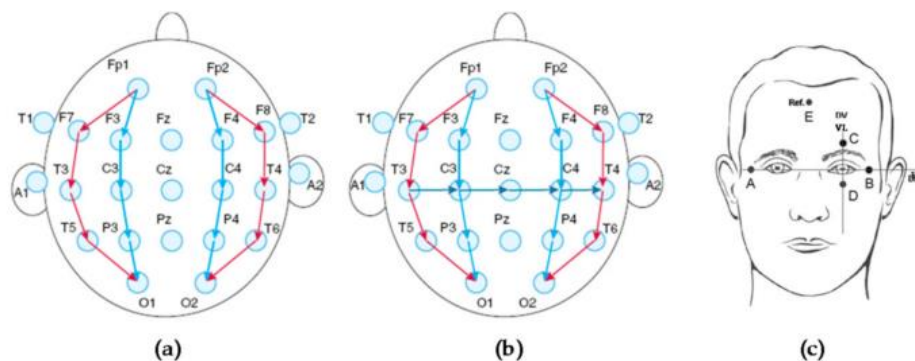
Channel 3 = F3-Fz

Channel 2 = F7-F3

Channel 4 = Fz-F4

Channel 5 = F4-F8 เป็นต้น

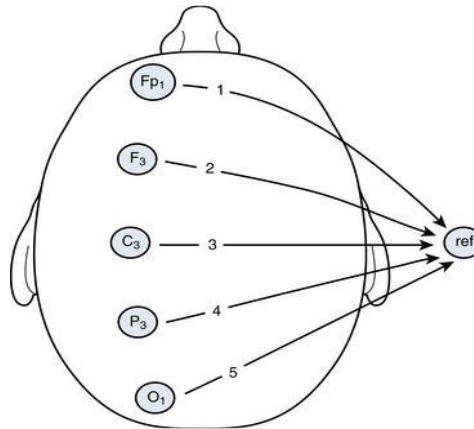
ข้อตกลงในการจัดวาง Montage ตามมาตรฐาน American Clinical Neurophysiology Society (ACNS) ประกอบด้วย 1) จัดวางขั้วไฟฟ้าจากซ้ายไปขวา 2) จัดวางขั้วไฟฟ้าจากหน้าไปหลัง และ 3) จัดวางขั้วไฟฟ้าให้เป็นไปตามหลักกายวิภาค



ภาพที่ 2-17 Bipolar Montages (Polo, Narvaez, & Robles Algarin, 2018)

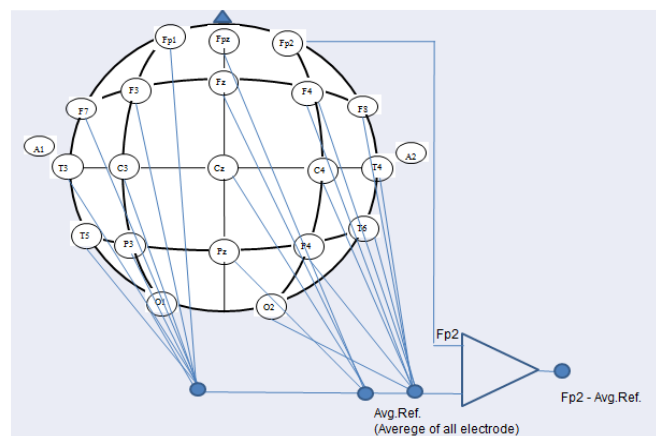
2. Reference Montage สร้างโดยเชื่อมโยงขั้วไฟฟ้าหลาย ๆ ขั้วมารวมกันที่ขั้วไฟฟ้าเดียวเป็นจุดร่วม (Common Electrode Reference Montage) การแสดงผลนี้ช่วยให้การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดเป็นบริเวณกว้างเห็นเด่นชัดขึ้น สิ่งที่เราควรระวังคืออาจมีสัญญาณเข้าที่ขั้ว Reference ไปปรากฏที่ทุกช่องสัญญาณเรียกว่า Reference Contamination โดยที่ Referential Montage แบ่งออกเป็นสองประเภท ตามลักษณะของการเชื่อมต่อขั้วไฟฟ้าที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงสัญญาณไฟฟ้า คือ

2.1 Common Reference Montage เป็นวิธีที่นำเอาสัญญาณจากขั้วไฟฟ้าที่บริเวณอิเล็กโทรดที่บันทึกจากตำแหน่งที่เป็นจุดอ้างอิง (ขั้วไฟฟ้าที่ติดกับติงหู หรือด้านหลังของใบหู) เป็นตำแหน่งที่นิยมใช้บ่อย มารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย ดังภาพที่ 2-18



ภาพที่ 2-18 Common Reference Montage (Polo et al., 2018)

2.2 Average Reference Montage เป็นการนำเอา Output ของคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งหมดที่วัดและขยายสัญญาณแล้ว มารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย และนำสัญญาณนี้ไปใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงของแต่ละช่องสัญญาณ ดังภาพที่ 2-19



ภาพที่ 2-19 Average Reference Montage (Polo et al., 2018)

3. เทคนิคการประมวลผลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองจะถูกส่งผ่านมาจากขั้วไฟฟ้า ที่ต่ออยู่บนศีรษะ มีย่านความถี่อยู่ระหว่าง 0–30 Hz. ประกอบด้วยความหลากหลายของสัญญาณทั้งที่ต้องการและไม่ต้องการ ตลอดจน

ความผิดพลาดของสัญญาณ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพสัญญาณ ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างสัญญาณที่ต้องการต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-Noise Ratio หรือ SNR) โดยค่า SNR ยิ่งมากยิ่งดี สามารถกระทำได้โดยประยุกต์วงจรกรองสัญญาณเพื่อลดสัญญาณรบกวน ขยายสัญญาณที่ต้องการให้มีความแรงขึ้น และขจัดสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ หรือร่างกายมนุษย์ออกไป

การวิเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง Signal Processing เป็นการประมวลผลเบื้องต้นเพื่อปรับเปลี่ยนลักษณะรูปแบบบางอย่างของข้อมูล Input ทั้งนี้เพื่อให้มีความเหมาะสมและตรงตามที่ต้องการ เช่น การปรับขนาด (Resize) การกำจัดสัญญาณไฟฟ้ารบกวน จากการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ (EMG Artifact) หรือจากการเคลื่อนไหวดวงตา (EOG) เพื่อที่จะนำข้อมูลดิบของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองไปใช้งานจะต้องนำสัญญาณไปประมวลผล ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีและวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ หรือ Independent Component Analysis (ICA) การขยายและถอดรหัสสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (Amplification & A/D-Converter) เครื่องขยายสัญญาณ (Amplifiers) จะทำหน้าที่สองอย่างคือ คัดเลือกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองออกจากสัญญาณรบกวน และขยายสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง เนื่องจากสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองมีระดับความแรงของสัญญาณที่ต่ำมาก ดังนั้นก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการวิเคราะห์และแยกสัญญาณ จะต้องนำไปทำการขยายสัญญาณให้มีความแรงเพียงพอ และไม่มีการผิดเพี้ยนไปจากคุณลักษณะเดิมก่อนที่จะส่งไปประมวลผลต่อไป หลังผ่านกระบวนการขยายสัญญาณแล้ว ก็จะถูกส่งไปผ่านกระบวนการแปลงรูปแบบของสัญญาณจากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (A/D-Converter) การแปลงสัญญาณและการแสดงผลในเครื่อง Digital EEG (Analog to Digital Converter) เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองในปัจจุบันได้พัฒนาจากระบบดั้งเดิมมาเป็นการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการบันทึกและแสดงผลคลื่นไฟฟ้าสมอง ข้อแตกต่างที่สำคัญของ Digital EEG และ EEG ดั้งเดิม (Analog EEG) คือ Digital EEG ใช้การบันทึกสัญญาณจากทุก ๆ ขั้ววัดไฟฟ้าพร้อมกันโดยเทียบกับจุดอ้างอิงเดียวกัน แล้วนำสัญญาณไปจัดรูปแบบการแสดงผล (Montage) ที่ต้องการในภายหลัง ดังนั้นจึงสามารถปรับขนาดการแสดงผล (Montage Filters) และนำไปวิเคราะห์ภายหลังได้สะดวก

สิ่งที่ต้องคำนึงการแปลงสัญญาณจาก Analog ไปเป็น Digital คือ อัตราการสุ่มวัดสัญญาณ (Sampling Rate) ต้องทำได้อย่างน้อยเป็นสองเท่าของความถี่สูงสุด จึงจะสามารถทำให้การแสดงผลคงสภาพรูปสัญญาณดั้งเดิมได้ถูกต้อง ถ้าสัญญาณที่แสดงผลผิดเพี้ยนไป เช่น เป็นคลื่นความถี่ที่ต่ำกว่าความเป็นจริง ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า Aliasing ทำนองเดียวกันเมื่อ Sampling Rate สูงพอจะทำให้ได้สัญญาณที่ถูกต้อง ค่าการหน่วงเวลาหรือ Dwell time จะต่ำใกล้เคียงกับสัญญาณเดิม ปกติ EEG จะถูกสุ่มที่ 200 Hz. จะมี Dwell time = 5 ms. ความละเอียดของสัญญาณที่วัดได้แต่ละค่า (Bit Number) ทางปฏิบัติกำหนดให้มีการสุ่มสัญญาณอย่างน้อย 2 ยกกำลัง 12 = 4096 ระดับสัญญาณที่ขยายแล้ว จะต้องไม่มีการสูญหายของสัญญาณ การแสดงผลของสัญญาณในเครื่อง Digital EEG ใช้

การคำนวณเพื่อสร้างรูปคลื่นตามรูปแบบของการแสดงผลที่ต้องการ (Montage Reformatting) เนื่องจาก Digital EEG เก็บสัญญาณในรูปแบบที่ให้ Grid ของทุกช่องขยายต่อเชื่อมกับขั้ววัดไฟฟ้า ตำแหน่งเดียวกัน (Common Electrode Reference) จึงสามารถแสดงผลตามรูปแบบที่ต้องการได้ โดยไม่จำกัด

กระบวนการกรองสัญญาณความถี่ที่ต้องการ (Band Pass Filter) เครื่องกรองสัญญาณ (Filters) จะทำหน้าที่ขจัดสัญญาณที่มีความถี่ตรงกับที่ระบุไว้ (ความถี่ที่ไม่ต้องการ) ออกไป เนื่องจากคลื่นไฟฟ้าสมองโดยเฉลี่ยมีความถี่อยู่ในช่วง 1-30 Hz. ยกเว้น Spike หรือ Sharp Wave ที่จะมี ความถี่สูงกว่าเครื่องกรองสัญญาณสามารถสร้างด้วยการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อกรองสัญญาณจริง เรียกว่า Analog Filter ส่วนการสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อกรองสัญญาณที่ถูกเปลี่ยนเป็น สัญญาณ Digital แล้วเรียกว่า Digital Filter

4. เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse และงานวิจัย

Muse เป็นเครื่องมือวัดสัญญาณสมองเช่นเดียวกับเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ เช่น เซ็นเซอร์ ที่ได้รับการปรับเทียบอย่างละเอียดของ Muse 7 ตัว ที่หน้าผาก 2 อัน, หลังหู 2 ลูก และเซ็นเซอร์ อ้าอง 3 ตัว ตรวจจับและวัดการทำงานของสมองของคุณ กิจกรรมการตรวจสมอง โดยการแปลง สัญญาณสมอง ให้เป็นข้อมูลแบบเรียลไทม์

Muse ตรวจพบกิจกรรมทางสมองที่หลากหลายและแปลงให้เป็นประสบการณ์ที่เข้าใจง่าย เครื่องมือบริการของ Muse แปลงสัญญาณสมองให้เป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันมากมาย เช่น เสียง การสันลักษณะที่ไม่เป็นระยะและเหตุการณ์ทางสมองที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ชั่วคราว การประมวลผล สัญญาณ และเทคนิคการเรียนรู้ของ Muse ถูกนำไปใช้กับส่วนประกอบสัญญาณสมองเพื่อควบคุม ประสบการณ์แบบเรียลไทม์ ความสนใจในการบันทึกการแสดงภาพและสตรีมมิ่ง EEG และข้อมูล เซ็นเซอร์การเคลื่อนไหวด้วย Muse จากข้อมูลดิบและพลังของคลื่นความถี่ไปจนถึงการเคลื่อนไหว ของหัวและการหมุน แถบคาดศีรษะ Muse สามารถใช้ร่วมกับ Muse Direct สำหรับระบบปฏิบัติการ iOS Muse Direct สามารถใช้สำหรับแอปพลิเคชัน เช่น Neurofeedback, การวิจัย, การติดตั้งงาน ศิลปะ, การศึกษาและอื่น ๆ

Muse ถูกใช้ในโรงพยาบาลคลินิกและมหาวิทยาลัยทั่วโลกเป็นเครื่องมือในการวิจัยโดเมน การวิจัยขยายจากประสาทวิทยาศาสตร์เพื่อสุขภาพสมอง จิตบำบัดความรู้ความเข้าใจดนตรีและอื่น ๆ สถาบันต่าง ๆ ที่ใช้ Muse ในการวิจัย Harvard, Stanford, MIT, Mayo Clinic, NYU, McMaster University, University of Toronto, University College London, และอื่น ๆ อีกมากมาย

Muse ได้รับการออกแบบให้เป็นผู้ช่วยสร้างสมาธิส่วนตัว สามารถจับคู่กับแท็บเล็ตหรือ สมาร์ทโฟนและใช้งานด้วย Muse แอปพลิเคชันซึ่งฝึกอบรมผู้ใช้ในการทำสมาธิแบบฝึกหัดและบันทึก ข้อมูล EEG

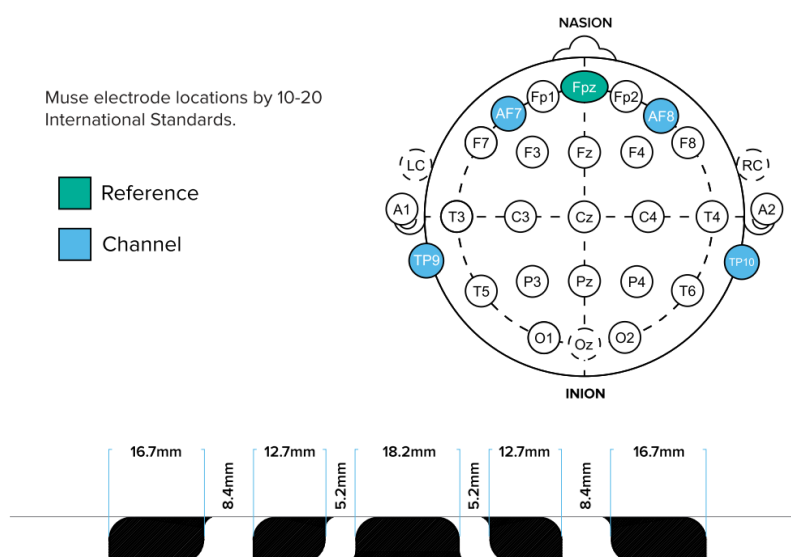
Muse สามารถเข้าถึงได้อย่างง่าย เป็นแบบไร้สาย (Bluetooth), น้ำหนักเบา, ยืดหยุ่น, ปรับได้และง่ายตายในการสวมใส่ รวมถึงการตั้งค่าน้อยกว่าหนึ่งนาที Muse ใช้สองช่องทางด้านซ้าย และสองช่องทางด้านขวา ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับการสำรวจครึ่งซีกความไม่เท่าเทียม Muse มีพอร์ต micro-USB สองพอร์ตที่ด้านหลังของฝั่งหู ซึ่งสามารถใช้เป็นขั้วไฟฟ้าเสริมได้สองตัวแนบมาด้วย ขั้วไฟฟ้าเหล่านี้สามารถใช้ในการวัด EMG, ECG หรือ EEG ในพื้นที่อื่น ๆ ของศีรษะหรือร่างกาย



ภาพที่ 2-20 Muse the brain sensing headband (Muse, 2018)

ตำแหน่งอิเล็กโทรดของเครื่อง MUSE

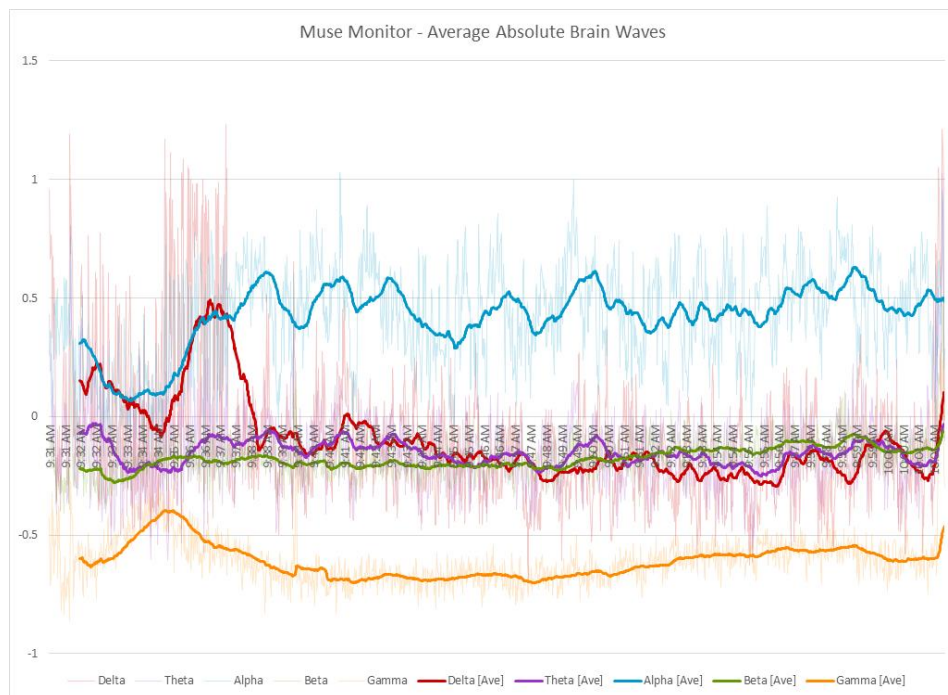
โดยใช้ตำแหน่งอิเล็กโทรดระบบการวางอิเล็กโทรดมาตรฐาน 10-20 ตำแหน่งขั้วอิเล็กโทรดของช่อง AF7 และ AF8 ขึ้นอยู่กับขนาดของศีรษะผู้ใหญ่โดยเฉลี่ยในขณะที่หูฟังของ Muse นั้นสามารถปรับได้ ใช้ Muse ในศีรษะที่เล็กกว่าหรือศีรษะที่ใหญ่ขึ้นอาจเปลี่ยนตำแหน่งของขั้วไฟฟ้า AF7 และ AF8 ตัวอย่าง เช่น บนศีรษะที่เล็กกว่าค่าเฉลี่ย AF7 อาจเข้าใกล้ F7 และ AF8 อาจเข้าใกล้ F8 ด้านล่างเป็นการวัดระหว่างขั้วไฟฟ้าช่องสัญญาณบนแถบเฟล็กซ์ ใช้เพื่อตรวจสอบว่ามี การเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในตำแหน่งอิเล็กโทรดขึ้นอยู่กับขนาดศีรษะที่ใช้วัด



ภาพที่ 2-21 ตำแหน่งอิเล็กโทรดของเครื่อง MUSE (Muse, 2018)

การบันทึกข้อมูล

โดยการกำหนดเป็นมาตรฐานรูปแบบไฟล์ CSV (Comma Separated Values) โดยข้อมูลจะเริ่มบันทึกเกือบทุก ๆ วินาที ข้อมูลจากการบันทึกจะเป็นค่าสัมบูรณ์ (Absolute) ข้อมูลดิบ ข้อมูลแหล่งอ้างอิง เป็นต้น ซึ่งข้อมูลบางชนิดจำกัดเฉพาะในบางรุ่น



ภาพที่ 2-22 ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกของเครื่อง MUSE (Muse, 2018)

ความเที่ยงตรงในงานวิจัย

Muse ได้รับการทดสอบกับ EEG มาตรฐานอุตสาหกรรมระบบรวมถึงระบบ Brain Vision Acti Champ และระบบ g.Tec g.USBamp Muse ประสบความสำเร็จประสิทธิภาพเทียบเท่าในการเปรียบเทียบแรงดันร่องรอยและในรูปแบบของพลังทั้งหมด LIVELab ของมหาวิทยาลัย McMaster เปรียบเทียบ Muse กับเจลอิเล็กโทรดการวิจัยของ g.Tec ระบบ. ทั้ง Muse และ g.Tec มีรูปแบบที่แตกต่างการกระตุ้นสมองในแบตเตอรี่มาตรฐานของสิ่งเร้าทางปัญญา Muse ถูกสุ่มตัวอย่างที่ 220Hz ในสี่ช่องทางในขณะที่ g.Tec ถูกสุ่มตัวอย่างที่ 256Hz ข้ามแปดช่องทาง (FPz, Fz, Cz, Oz, F5, P7, F6, P8) พร้อมแบนด์วิดท์ที่กรองจาก 1-60Hz Muse เป็นแพลตฟอร์มแบบเปิด: ทุกคนสามารถบันทึกข้อมูลดิบด้วย Muse และทุกคนสามารถสร้างได้เอง แอปพลิเคชัน Muse ข้อมูล EEG สามารถบันทึกด้วย Muse Lab, Muse Player หรือผ่านมือถือของบุคคลที่สามแอปพลิเคชัน Muse Monitor (สำหรับระบบปฏิบัติการ Android และ iOS)

งานวิจัยที่ใช้ Muse

Bhayee et al. (2016) ทำการศึกษาผลกระทบที่ตั้งใจและอิทธิพลของเทคโนโลยีรองรับการฝึกอบรมสติ: การควบคุมแบบสุ่มการควบคุมประสิทธิภาพการทดลองอย่างมีประสิทธิภาพ โปรแกรมฝึกอบรมการฝึกสติ (MT) เป็นวิธีการฝึกความสนใจที่ผ่านการตรวจสอบอย่างดี ประโยชน์ต่อสุขภาพจิต อย่างไรก็ตามการวิจัยสนับสนุนการรับรู้ความสามารถของ MT ขึ้นอยู่กับการประชุมรายสัปดาห์เป็นหลัก รูปแบบการแทรกแซงกลุ่มที่นำโดยผู้อำนวยความสะดวก ไม่ทราบว่าผู้เข้าร่วมจะได้ประโยชน์จากโปรแกรม N-tsMT (Neurofeedback- Assisted, Technology-Supported MT: N-tsMT) ซึ่งมีการทำสมาธิเป็นรายบุคคลโดยไม่จำเป็นต้องมีผู้อำนวยความสะดวกเดินทางไปยังสถานที่ฝึกอบรมหรือมีสภาพแวดล้อมกลุ่มที่สนับสนุน จำลองการตรวจสอบความถูกต้องของ การแทรกแซงกลุ่ม MT ในการทดลองใช้การควบคุมแบบสุ่ม ผู้เข้าร่วมที่เป็นผู้ใหญ่ที่อยู่อาศัยในชุมชนมีสุขภาพดีดำเนินการ 6 สัปดาห์ ของการฝึกฝนรายวัน, รับประทานอาหาร N-tsMT ($n = 13$), หรือเงื่อนไขการควบคุมการฝึกอบรมคณิตศาสตร์ออนไลน์รายวัน ($n = 13$) ประเมินผลการฝึกอบรมเกี่ยวกับมาตรการเป้าหมายของความสนใจและความเป็นอยู่ การสำรวจหลังการฝึกอบรมการประเมินผลกระทบต่ออารมณ์การรับรู้ของร่างกาย ความสงบ ความพยายาม และความเครียด ในการบันทึกคลื่นแทรกแซง N-tsMT ใช้ Inter Muse ของบริษัท Axon Inc. EEG ไร้สายชุดหูฟังและซอฟต์แวร์อุปกรณ์มือถือชุดหูฟังมีเซ็นเซอร์แบบแห้งสี่ตัว (สองปุ่มกดหูและเซ็นเซอร์หน้าผากสองอัน) ข้อมูลถูกสุ่มตัวอย่างที่ 220 Hz และอ้างอิงถึงช่อง Fpz ข้อมูลถูกสื่อสารแบบไร้สายไปยังแอปพลิเคชันอุปกรณ์มือถือผลการวิจัยพบว่าการวิเคราะห์เปิดเผยผลการฝึกอบรมเฉพาะของ N-tsMT พร้อมการปรับปรุงอย่างเอาใจใส่ในเวลาตอบสนองโดยรวมในงาน การปรับปรุงความเป็นอยู่ที่ดีผ่านอาการร่างกายลดลงในคลังอาการสั้น ๆ ความสนใจและการปรับปรุงความเป็นอยู่ที่ดีมีความสัมพันธ์และผลกระทบที่ยิ่งใหญ่ที่สุดสำหรับผู้เข้าร่วมที่มีอาการทางประสาทมากที่สุด อย่างไรก็ตามมาตรการที่สองการสำรวจความสนใจและความเป็นอยู่ที่ดีไม่ได้แสดงผลเฉพาะการฝึกอบรม N-tsMT ถูกเชื่อมโยงด้วยการรับรู้ร่างกาย ความสงบที่มากขึ้นและความพยายามมากขึ้น

Hashemi et al. (2016) ทำวิจัยการจำแนกลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมอง EEG เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการตรวจสอบระบบประสาท กลไกพื้นฐานกระบวนการทางจิตวิทยาของมนุษย์ อย่างไรก็ตามระยะเวลาที่ต้องใช้ในการรวบรวมข้อมูล EEG การศึกษาในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ใช้ขนาดตัวอย่างที่ค่อนข้างเล็ก การใช้ Muse ซึ่งเป็นแถบคาดศีรษะ EEG แบบพกพาและไร้สายแบบ 4 ช่องทาง ได้รับการบันทึก EEG จาก 6029 คนที่อยู่ในช่วงอายุ 18-88 ปี ขณะที่ยืดหยุ่นแบบอย่างของหมวดหมู่การทดลอง ตามด้วยการฝึกทำสมาธิ รายงานการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับอายุในพลังงานคลื่นไฟฟ้าสมอง ในระดับที่ดีสำหรับเดลต้า, ทีต้า, อัลฟาและเบต้าเบตและอัลฟาฟิค การวัดความถี่และความไม่สมดุลของอัลฟาสำหรับบริเวณหน้าและเทมโม่เรียล พบว่าพลังงานคลื่นไฟฟ้าสมองเปลี่ยนไปตามอายุและการเปลี่ยนแปลงที่

เกี่ยวข้องกับอายุนั้นขึ้นอยู่กับเพศ ความถี่พบว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวกับอายุโดยรวมในพลังคลื่นความถี่จากต่ำไปเป็นความถี่สูง โดยเฉพาะสำหรับผู้หญิง ยังพบว่า การชะลอตัวค่อยเป็นค่อยไปในแต่ละช่วงความถี่สูงสุดของอัลฟาเมื่ออายุเพิ่มขึ้น

Krigolson, Williams, Norton, Hassall, and Colino (2017) ทำวิจัย การเลือก MUSE: การตรวจสอบความถูกต้องของระบบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) แบบพกพาราคาประหยัดสำหรับการวิจัยคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (ERP) ช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองพกพาราคาถูกสำหรับนักวิจัย อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ระบบคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีต้นทุนต่ำได้มุ่งเน้นไปที่การบันทึกอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองและ/หรือการจำลองแบบของการตั้งค่าระบบคลื่นไฟฟ้าสมองขนาดใหญ่ที่มีตัวทำเครื่องหมายเหตุการณ์ เพื่อตรวจสอบศักยภาพไฟฟ้าสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (ERP) งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเป็นไปได้ที่จะทำการวิจัยคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ERP โดยไม่ต้องพึ่งพาตัวทำเครื่องหมายเหตุการณ์โดยใช้ระบบ MUSE EEG แบบพกพาและคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว ผลลัพธ์โดยเฉพาะจากการทดลองสองครั้งโดยใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมด้วยระบบ MUSE EEG ซึ่งเป็นการใช้ตัวอย่างการมองภาพลูกบอลโดยใช้รางวัลการเรียนรู้มาตรฐานเป็นสิ่งเร้า ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสามารถสังเกตและคำนวณ N200 และ P300 ได้ส่วนประกอบของ ERP ในงานมองลูกบอลเลขคู่และผลตอบแทนเป็นบวก การทดสอบ t ของการมีอยู่ขององค์ประกอบ ($p < 0.05$ ทั้งหมด) การคำนวณแบบเบย์ช่วงเวลาที่น่าเชื่อถือและช่วงความเชื่อมั่น 95% ทุกการตรวจสอบทางสถิติการดำรงอยู่ของ N200, P300 และให้ค่าเป็นบวกในการวิเคราะห์ทั้งหมด การค้นพบและเพื่อให้ให้นักวิจัยมีวิธีที่ง่ายในการใช้ระบบ MUSE EEG สำหรับการวิจัย ERP

Wei, Wang, Lin, and Jung (2018) พบว่าการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง EEG โดยใช้ Mues จากบริเวณศีรษะที่ไม่มีเส้นผม (non-hair-bearing) ตำแหน่ง F7, F8, A1 และ A2 บริเวณหนังศีรษะที่มีเส้นผมปกคลุม ตำแหน่ง Fz, Cz, Pz และ Oz ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความถูกต้องของการตรวจสอบอาการง่วงนอน ($p = 0.31$) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความสมเหตุสมผลของ NHB EEG ในการตรวจจับอาการง่วงนอน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคลื่นไฟฟ้าสมอง

Recio, Schacht, and Sommer (2014) ได้ศึกษาการมีอิทธิพลซึ่งกันและกันระหว่างอารมณ์ด้านการตื่นตัวกับอารมณ์ด้านความประทับใจ ในการทำงานของสมองในช่วงระยะแรกด้วยกลุ่มคำที่เร้าอารมณ์โดยใช้เครื่องมือการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะกลุ่มตัวอย่างกำลังอ่านคำใน Lexical Decision Task กำหนดคำที่เร้าอารมณ์ด้านความประทับใจออกเป็น 3 แบบคือ แบบเชิงบวก (Positive) แบบเชิงลบ (Negative) แบบปานกลาง (Neutral) คำที่เร้าอารมณ์ด้านการตื่นตัวแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (L6w, Bradley, & Lang, 2013) ระดับปานกลาง (Medium) ระดับสูง (High) ใช้คำทั้งหมด 477 คำ กำหนดคำตัวอย่าง 27 คน

การวิจัยนี้ พบว่า เกิดความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมองที่ EPN (Early Posterior Negativity) อย่างมีนัยสำคัญ โดยการแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ 1) ผลของคำที่เร้าอารมณ์ด้านความประทับใจได้เกิดนัยสำคัญทางสถิติในคำที่เร้าอารมณ์ด้านการตื่นตัวระดับกลางและระดับต่ำ และไม่เกิดนัยสำคัญในคำที่เร้าอารมณ์ด้านการตื่นตัวระดับสูง และ 2) ผลของคำที่เร้าอารมณ์ด้านการตื่นตัว (Arousal) ได้เกิดนัยสำคัญทางสถิติในคำที่เร้าอารมณ์ด้านความประทับใจแบบปานกลางและแบบเชิงลบ แต่ไม่เกิดนัยสำคัญทางสถิติในคำที่เร้าอารมณ์ด้านความประทับใจแบบเชิงบวก การค้นพบทั้งสองลักษณะนี้นักวิจัยกลุ่มนี้ได้เสนอแนะว่า อารมณ์ด้านความประทับใจและด้านการตื่นตัวมีกระบวนการทางสมองที่เป็นอิสระต่อกันที่ขึ้นความใส่ใจระยะแรกโดยผลของอารมณ์ด้านการตื่นตัวเกิดขึ้นก่อนอารมณ์ด้านความประทับใจ

Mehmood and Lee (2015) ได้วิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์จากการดูรูปภาพสื่ออารมณ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ที่มีอายุเฉลี่ย 13 ปี จำนวน 21 คน เป็นชาย 9 คน และหญิง 12 คน เครื่องมือที่ใช้คือ ภาพสื่ออารมณ์จากระบบรูปภาพที่สื่อความหมายทางด้านอารมณ์ (International Affective Picture System: IAPS) จำนวน 180 ภาพ เป็นภาพสื่ออารมณ์ด้านความตื่นตัวและความประทับใจ แบ่งภาพออกเป็น 4 ชุด ชุดละ 45 ภาพ เริ่มจากการฉายภาพกากบาท 4 วินาที จากนั้นเป็นจอว่าง 500 มิลลิวินาที ฉายภาพ 1500 มิลลิวินาที สลับกันไปจนครบ 180 ภาพ แล้วตามด้วยภาพกากบาทหน้าจอ 4 วินาที พบว่า คลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่ N200 จะปรากฏชัดที่สมองส่วน Temporal ส่วนคลื่น P300 จะปรากฏชัดที่สมองส่วน Parietal และ Occipital

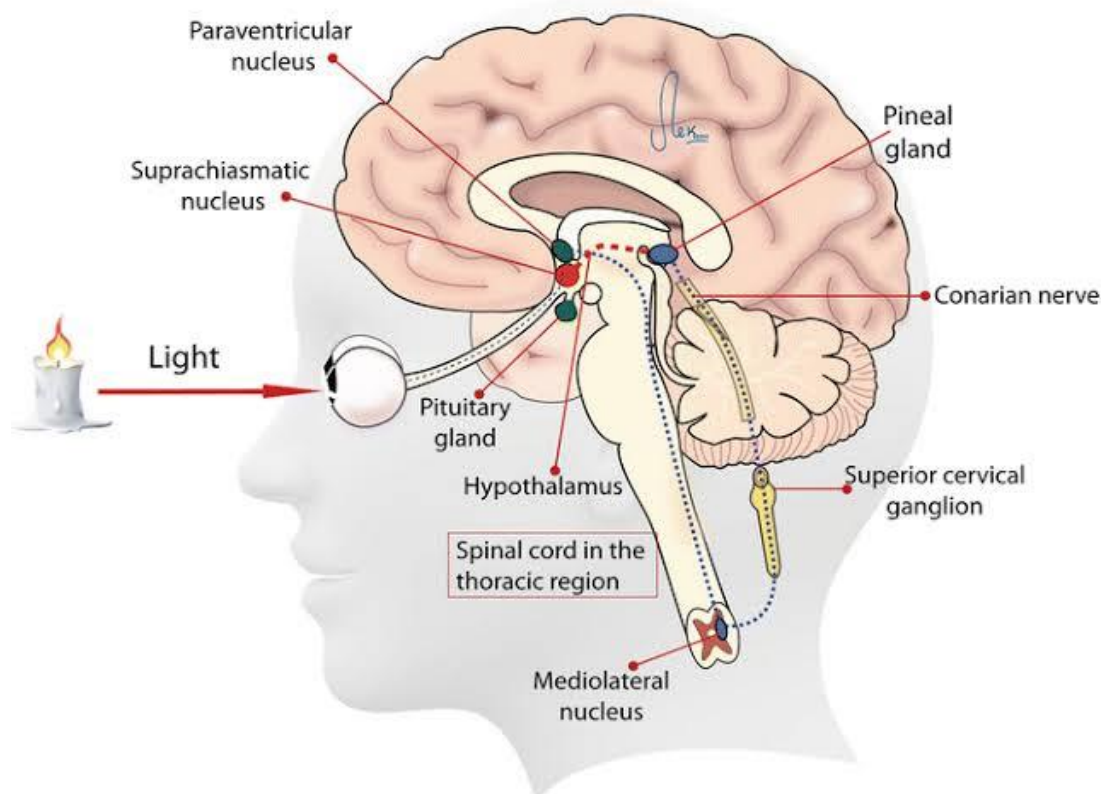
Yao et al. (2016) ได้ศึกษาความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่เกิดจากการอ่านคำ โดยใช้คำรูปธรรม และคำนามธรรมที่เร้าอารมณ์ด้านการตื่นตัว ด้านความประทับใจ เป็นสิ่งเร้า Lexical Decision Task พบว่า คำรูปธรรมที่ส่งผลต่ออารมณ์ความรู้สึกเป็นผลมาจากการอ่านคำประทับใจ และคำรูปธรรมเชิงบวกมีการประมวลผลเร็วกว่าคำเชิงลบ เกิดคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่ N400 (300 - 410 ms. และเพิ่ม Late Positive Complex; LPC 450-750 ms) ขณะที่ไม่พบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ในกรณีอ่านคำที่เร้าอารมณ์ด้านการตื่นตัวสูงและต่ำ และในกรณีอ่านคำนามธรรม ผลการศึกษาปรากฏว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคำนามธรรมประทับใจ และคำนามธรรมเร้าอารมณ์ มีอิทธิพลต่อผลของอารมณ์ความรู้สึก คำนามธรรมเชิงบวกที่เร้าอารมณ์ด้านการตื่นตัวต่ำ มีระยะเวลาในการตอบสนอง (Response Time) สั้นลง และแอมพลิจูดของ LPC ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับคำนามธรรมเชิงบวกที่เร้าอารมณ์ด้านการตื่นตัวสูง ส่วนคำนามธรรมเชิงลบที่เร้าอารมณ์ด้านการตื่นตัวต่ำ มีการประมวลผลช้ากว่า และเกิดการลดลงของ N170 (140-200 ms.) เมื่อเปรียบเทียบกับคำเชิงลบที่เร้าอารมณ์ด้านการตื่นตัวสูง จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าคำที่เร้าอารมณ์ที่เป็นรูปธรรม ทั้งคำที่เร้าอารมณ์ด้านประทับใจ และด้านการตื่นตัวมีผลต่ออารมณ์ และเกิดขึ้นระหว่างการประมวลผลการรับรู้ขั้นต้น (Early Perceptual Processing Stage) N170 และการประมวลผลขั้นปลาย (LPC) สะท้อนด้วยระยะเวลาในการตอบสนอง

Davis, Winkelman, and Coulson (2017) ได้ศึกษาการจำลองขบวนการรับรู้การสัมผัส และการเคลื่อนไหว (Sensorimotor) และการประมวลผลอารมณ์ การลดการแสดงใบหน้าจะเพิ่มความต้องการเรียกค้นข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ขบวนการรับรู้การสัมผัส และการเคลื่อนไหว ซึ่งให้เห็นว่า การทำความเข้าใจเนื้อหาอารมณ์ บนใบหน้า กระบวนการจำลองในการที่ผู้ชมบางส่วนแสดงออกทาง สีหน้าในระบบการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหวของตัวเอง การคาดการณ์ที่สำคัญของรูปแบบนี้ คือการที่กระทบกับการจำลองควรจะทำให้การรับรู้อารมณ์ความรู้สึกที่ยากมากขึ้น งานวิจัยนี้ใช้ การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) และการวัดกล้ามเนื้อบนใบหน้า (EMG) เพื่อตรวจสอบวิธีการรบกวน สัญญาณ กระบวนการรับรู้ การสัมผัสและการเคลื่อนไหว จากใบหน้าที่มีอิทธิพลต่อการประมวลผล แบบทันทีทันใด (Real-Time) บนใบหน้าที่แสดงอารมณ์ EEG และ EMG ที่ถูกบันทึกไว้ เป็นผู้ใหญ่ ที่มีสุขภาพดี ใบหน้าแสดงอารมณ์ และจัดอันดับความประทับใจ ในระหว่างการควบคุม ผู้เข้าร่วม ทดลองจัดคู่ของคู่ตะเกียบหลวม ๆ คีบไว้ระหว่างริมฝีปากของพวกเขา ในระหว่างการบล็อกสัญญาณ รบกวน ผู้เข้าร่วมจัดตะเกียบในแนวนอนระหว่างฟันและริมฝีปากของพวกเขา ในการสร้างเสียงรบกวน ในส่วนล่างของใบหน้า เสียงนี้ได้รับการยืนยันจาก EMG ที่บันทึก การวิเคราะห์ EEG ระบุว่า ใบหน้าที่ แสดงความสุขหรือใบหน้าที่เป็นทุกข์ การแสดงออกในตำแหน่ง N400 มีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อมี การแทรกแซงมากกว่าชุดควบคุม การแทรกแซงมากขึ้นเรียกผลกระทบที่ได้รับจากการคัดเลือกจาก การแทรกแซงของกล้ามเนื้อบนใบหน้าต่อการตอบสนองของสมอง ต่อการแสดงออกของใบหน้าที่ น้อยกว่า จะสนับสนุนการเคลื่อนไหวขบวนการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหวรูปแบบของ ความเข้าใจอารมณ์

ตอนที่ 3 ฮอร์โมนเมลาโทนิน

1. ฮอร์โมนเมลาโทนิน

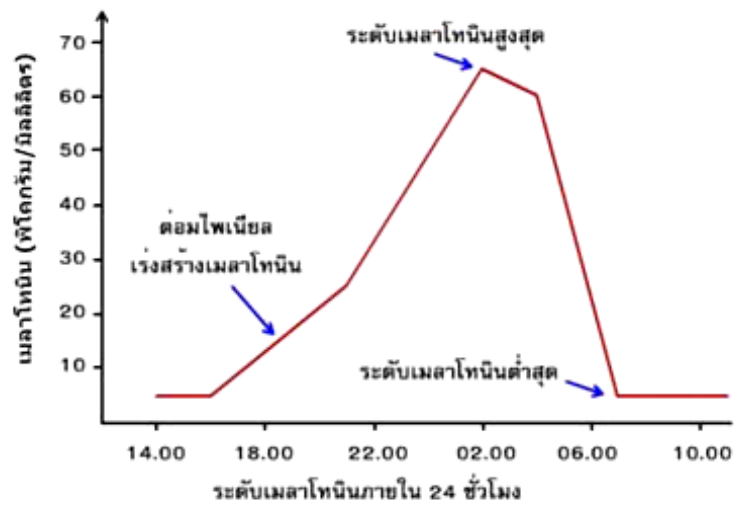
Parihar et al. (2019) กล่าวว่า เมลาโทนิน (N-Acetyl-5-Methoxy Tryptamine) เป็น สารที่ถูกหลั่งออกมาจากอวัยวะต่าง ๆ ในมนุษย์ ถูกผลิตโดยต่อมไพเนียลในสมองขณะกำลังนอนหลับ มีหน้าที่ช่วยปรับนาฬิกาชีวิตให้คงที่ คือช่วยให้วงจรนอนตามเวลาที่ควรจะนอน และตื่นนอนตามเวลา ที่ควรจะตื่นนอน โดยเมลาโทนินจะเริ่มทำงานตั้งแต่ช่วง 21.00-22.00 น. ก็จะเริ่มง่วงแล้วเพิ่มมากยิ่งขึ้น ในช่วง 02.00 - 04.00 น. หลังจากนั้นก็จะลดลง จนกระทั่งช่วง 07.00-08.00 น. ก็จะหยุดทำงาน ซึ่ง ก็เป็นช่วงที่ตื่นนอน นอกจากนี้เมลาโทนินยังถูกกระตุ้นให้ทำงานในสภาวะความมืด และจะถูกยับยั้ง การทำงานในสภาวะแสงสว่าง เมลาโทนินเป็นฮอร์โมนในระบบประสาทที่ร่างกายสร้างขึ้นเองตาม ธรรมชาติ เมลาโทนินถูกค้นพบครั้งแรกโดยดอกเตอร์เลอเนอร์ (Aaron Bunsen Lerner) แพทย์ ชาวอเมริกัน ในปี ค.ศ. 1958



ภาพที่ 2-23 การทำงานของสมองควบคุมการหลั่งเมลาโทนินเมื่อรับแสง (Deniz, Turkmen, Onger, Altunkaynak, & Kaplan, 2016)

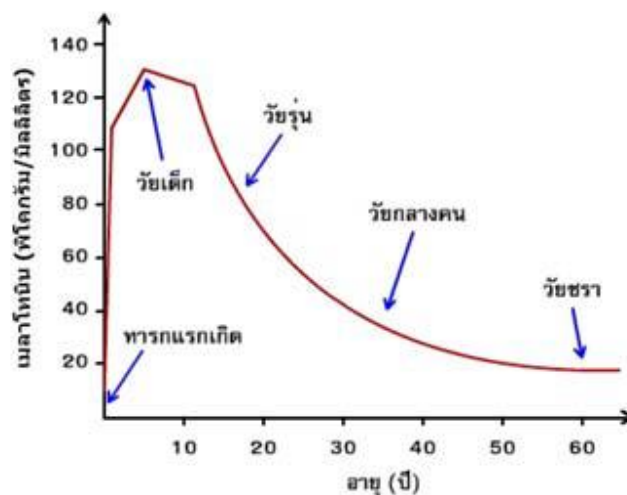
นาวา สุเทพากุล (2558) อธิบายถึงฮอร์โมน เมลาโทนิน (Melatonin) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า N-Acetyl-5-Methoxy Tryptamine เป็นฮอร์โมนในระบบประสาทที่ร่างกายสร้างขึ้นเองตามธรรมชาติ เมลาโทนินเป็นฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมไพเนียลซึ่งอยู่บริเวณกึ่งกลางของสมองส่วนซีรีบรัม (Cerebrum) ซีกซัยและซีกขวา สามารถตรวจพบได้ทั้งในกระแสเลือดและน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (Cerebrospinal Fluid) นอกจากนี้ยังพบว่าเมลาโทนินสามารถสร้างจากเนื้อเยื่อส่วนอื่นของร่างกายได้ด้วย เช่น เรตินา (Retina) เซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ (Lymphocytes) และในระบบทางเดินอาหาร (Gastrointestinal Tract) เป็นต้น

ต่อมไพเนียลผลิตเมลาโทนินโดยอาศัยความมืดเป็นตัวกระตุ้นและถูกยับยั้งโดยแสงสว่าง ซึ่งระดับของเมลาโทนินจะเปลี่ยนแปลง ขึ้น-ลง ตามวัฏจักรภายใน 24 ชั่วโมง หรือที่เรียกว่าระบบ นาฬิกาชีวิต (Circadian Rhythm) โดยต่อมไพเนียลจะเริ่มสร้างเมลาโทนินจากการรับรู้จากความมืด ผ่านดวงตา จนมีปริมาณสูงสุดในช่วงเวลา 02.00-04.00 น. ซึ่งมีค่าประมาณ 60-70 พิโคกรัมต่อมิลลิลิตร ของพลาสมา แล้วจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่ง 07.00-08.00 น. จึงหยุดการสร้างและเหลือค่าเมลาโทนิน ในเลือดต่ำสุดประมาณ 7 พิโคกรัมต่อมิลลิลิตร ดังภาพที่ 2-24



ภาพที่ 2-24 การหลั่งเมลาโทนินในรอบ 24 ชั่วโมงของคนวัยเจริญพันธุ์ (นาวา สุเทพากุล, 2558)

ระดับเมลาโทนินในกระแสเลือดจะมีความแตกต่างกันออกไปตามแต่ละช่วงวัย ทารกที่อยู่ ในครรภ์มารดาจะได้รับเมลาโทนินผ่านทางรกของมารดา แต่เมื่อทารกกำเนิด ต่อมไพเนียลของทารก จะใช้เวลาประมาณ 3 เดือนจึงจะเจริญจนผลิตเมลาโทนินได้และจะผลิตเพิ่มมากจนถึงระดับสูงสุดในช่วงอายุ 1-3 ขวบ หลังจากนั้นจะลดต่ำลง โดยเฉพาะช่วงที่เข้าสู่วัยรุ่น เมลาโทนินจะลดลงมากซึ่ง เชื่อว่าเกี่ยวข้องกับการพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ของร่างกายที่เข้ามาแทนที่เมื่ออายุมากขึ้น ระดับ เมลาโทนินจะยิ่งลดลง จนอาจวัดค่าไม่ได้เลยในวัย 70-80 ปี แสดงให้เห็นว่า ระดับเมลาโทนิน ที่ลดลง เมื่ออายุเพิ่มขึ้นอาจมีความสัมพันธ์กับกลไกการชราภาพ

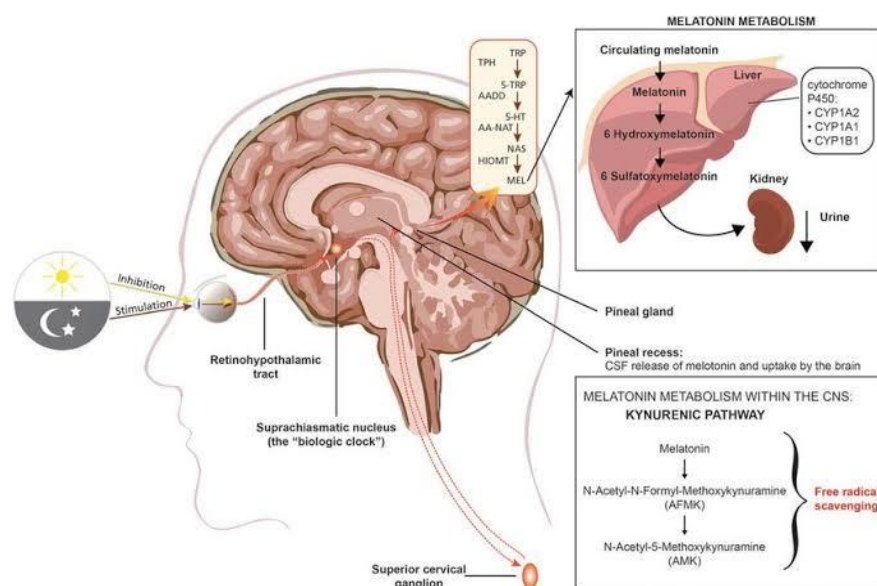


ภาพที่ 2-25 ระดับเมลาโทนินในกระแสเลือดในแต่ละช่วงวัย (นาวา สุเทพากุล, 2558)

2. กลไกการหลั่งฮอร์โมนเมลาโท닌ของร่างกาย

Sengupta, Bhattacharya, and Dutta (2019) กล่าวว่า เมลาโท닌 (5-methoxy-N-Acetyltryptamine) เป็น Indoleamine ผลิตจากภายนอกและเปปไทด์ ทำงานเวลากลางคืนเป็นหลัก สังเคราะห์จากกรดอะมิโนทริปโตเฟนที่จำเป็นโดยเซโรโทนิน จะถูกหลั่งออกมาจากต่อมไพเนียล เพื่อรักษาจังหวะเป็นกลางและแสงเป็นหลัก ภายนอกสำหรับการหลั่ง ยังมีส่วนร่วมอื่น ๆ อีกมากมายจากกระบวนการทางสรีรวิทยา เช่น ความดันโลหิต ร่างกาย การควบคุมอุณหภูมิ การสร้างและการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ในระหว่างการยึดอายุการทำงานของเมลาโท닌ช่วงแสงน้อย (เช่น ฤดูร้อน) และในช่วงแสงที่สั้น การหลั่งเมลาโท닌สูง (เช่นฤดูหนาว) การทำงานอย่างสมดุลของเมลาโท닌อาจจะค่อย ๆ ขยับ หลั่งเปลี่ยนเป็นแสงแบบสั้น อย่างไรก็ตามการปิดการทำงานในช่วงแสงยาว เงื่อนไขเป็นไปตามธรรมชาติ

กลไกการหลั่งเมลาโท닌ของร่างกายถูกควบคุมโดยศูนย์ Central Circadian Pacemaker ที่อยู่ในศูนย์รวมเส้นประสาทที่อยู่เหนือสมองหรือ Supra Chiasmatic Nucleus (SCN) ของต่อม Hypothalamus เมื่อแสงสว่างหายไปในยามราตรีร่างกายจะรับรู้การลดลงของแสงที่ผ่านเลนส์แก้วตาไปตกกระทบกับจอรับภาพบริเวณส่วนหลังสุดของลูกตาหรือเรตินา (Retina) ที่มีเยื่อประสาทมาเลียงซึ่งจะส่งกระแสประสาทไปที่ SCN ก่อนส่งผ่านกระแสประสาทไปยัง Hypothalamic Paraventricular Nucleus (PVN) และ Intermediolateral Nucleus ที่ไขสันหลัง ไปจนถึงปมประสาท Superior Cervical Ganglion (SCG) ซึ่งจะหลั่ง Norepinephrine ผ่านเส้นประสาท Sympathetic ไปจับกับ Receptor บนเยื่อเซลล์ของต่อมไพเนียล กระตุ้นให้เซลล์ต่อมไพเนียล (Pialocyte) หลั่งฮอร์โมนเมลาโท닌เข้าสู่กระแสเลือด เพื่อไปทำหน้าที่สำคัญต่าง ๆ



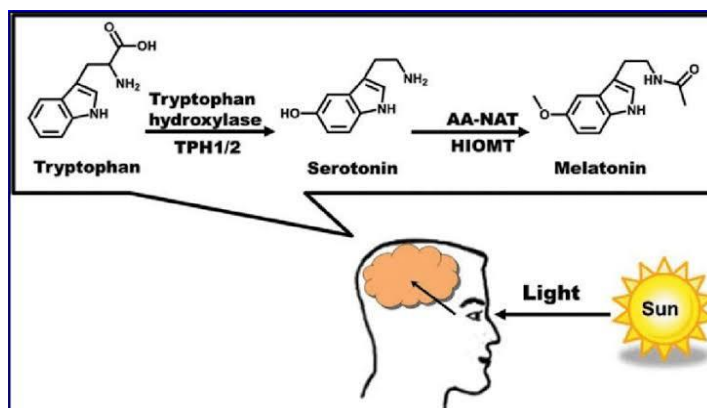
ภาพที่ 2-26 กลไกการหลั่งเมลาโท닌ของร่างกาย (Hassell, Reiter, & Robertson, 2013)

3. การสังเคราะห์เมลาโทนินในร่างกาย

Hassell et al. (2013) อธิบายว่าฟังก์ชันคลาสสิกเมลาโทนินมีสองประเภทที่แตกต่างกัน ตัวรับในมนุษย์ที่เรียกว่าตัวรับ MT1 และ MT2 ทั้งสองนี้ตัวรับคือตัวรับโปรตีนคู่ - G ตัวรับเมลาโทนิน type 1 หรือ MT1 เป็นตัวรับเยื่อหุ้มเซลล์หรือที่เรียกว่า Mel1a หรือตัวรับ ML1A มันถูกเข้ารหัสด้วย 4q35.1 มีกรดอะมิโน 350 ตัวตกค้าง ในโครงสร้างและเชื่อมโยงกับ Gi และ Gq/ 11 MT1 โดยเฉพาะ Gi α 2, Gi α 3, ตัวรับจะแสดงในสมอง รวมถึง Hypothalamus, Cerebellum, Hippocampus, Substantia Nigra และบริเวณหน้าท้องส่วนล่าง ระบบหัวใจและหลอดเลือดรวมถึงหลอดเลือดส่วนปลายหลอดเลือดแดงใหญ่และผนังกระเปาะหน้าท้องหลอดเลือดหัวใจและหลอดเลือดในสมอง ในเซลล์ของระบบภูมิคุ้มกัน ผิวหนัง ตับ ไต เยื่อหุ้มสมอง ต่อมหมวกไต เรตินา ตับอ่อน ม้าม รก เนื้อเยื่อเต้านม รังไข่และอัณฑะ

ในขณะที่เซลล์รับผิวเซลล์อื่น MT2 ซึ่งก่อนหน้านี้รู้จักกันในนาม Mel1b หรือ ML1B ถูกเข้ารหัสโดย 11q21 – q22 ด้วยกรดอะมิโน 363 ตัว 60% คล้ายคลึงกับตัวรับ MT1 ในโครงสร้างเพื่อเปิดใช้งานของ Gi ตัวรับสัญญาณนี้ตั้งอยู่ในสมองและอวัยวะอื่น ๆ รวมถึงอัณฑะ

เมลาโทนินสังเคราะห์ขึ้นจากกรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) ที่มีอยู่ในกระแสเลือด กรดอะมิโนทริปโตเฟนจะเปลี่ยนเป็นซีโรโทนิน (Serotonin) ก่อนโดยกระบวนการ Hydroxylation และ Decarboxylation ตามลำดับ จากนั้นจะเป็นขั้นตอนกำหนดความเร็วปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยมีแสงสว่างเป็นตัวควบคุม โดย Norepinephrine ที่หลั่งจากเส้นประสาท Sympathetic ของ SCG จะจับกับ Receptor บนเยื่อเซลล์ของต่อมไพเนียลทำให้เกิดการสังเคราะห์ cAMP ไปเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ของ N-acetyltransferase (NAT) เปลี่ยนซีโรโทนินเป็น N-Acetylserotonin ซึ่งถือเป็น Rate-Limiting Step ของกระบวนการสังเคราะห์เมลาโทนิน และถือเป็นขั้นตอนสำคัญในการกำหนดการทำงานของระบบนาฬิกาชีวิตร่างกาย สุดท้าย N-acetylserotonin จะเปลี่ยนโดยเอนไซม์ hydroxyindole-O-methyltransferase (HIOMT) ให้เป็นเมลาโทนิน



ภาพที่ 2-27 การสังเคราะห์เมลาโทนิน (Atasoy, 2019)

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเมลาโท닌

Atasoy (2019) ทำวิจัย เมลาโท닌และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ อธิบายว่าการสังเคราะห์และโครงสร้างทางเคมีของเมลาโท닌 ซึ่งเป็นฮอร์โมนหลักหลังออกมาจากต่อมไพเนียล การค้นพบและรับรู้มาตั้งแต่ปี 1958 โดย Lerner เมลาโท닌ทำหน้าที่ควบคุมการนอนหลับในสิ่งมีชีวิตที่มีความเข้มข้นสูงสุดตลอดทั้งคืนในเลือด แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นในกลางคืนสูงกว่าระดับกลางวันมาก หน้าที่สำคัญอื่น ๆ ของเมลาโท닌 คือ เก็บขยะอนุมูลอิสระที่แข็งแกร่งในระดับมาก เมลาโท닌สามารถดับออกซิเจนทั้งสองชนิดได้ และสายพันธุ์ไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา เป็นที่ทราบกันดีว่าเมลาโท닌ยังจับไฮดรอกซิลแอนไอออนที่เป็นพิษอย่างมาก เพอรอกซีไนไตรท์แอนไอออนและเปอร์ออกไซด์ออกซีไดซ์ เมลาโท닌ยังยับยั้งไนตริกออกไซด์ Synthetase ซึ่งเป็นเอนไซม์ Prooxidative เป้าหมายของการทบทวนงานวิจัยคือ การเน้นย้ำความสำคัญของเมลาโท닌อีกครั้งว่า เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทรงพลังซึ่งเป็นผลมาจากการทดลองทั้งในร่างกายและในหลอดทดลอง

Esposito et al. (2019) ทำวิจัย รบกวนการนอนหลับในเด็กและการรักษาด้วยเมลาโท닌 อธิบายว่าไม่มีแนวทางที่เกี่ยวข้อง กับวิธีที่ดีที่สุดในการปรับปรุงการนอนหลับ แต่ก็แสดงให้เห็นว่าสามารถเป็นประโยชน์ต่อเด็กที่ได้รับผลกระทบและครอบครัวทั้งหมดของพวกเขา เป้าหมายของการวิจัยนี้คือการวิเคราะห์ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของเมลาโท닌ในการรักษาอาการนอนหลับในเด็ก ซึ่งการรบกวนการนอนหลับเป็นที่แพร่หลายอย่างมากในเด็กและหากไม่มีการรักษาที่เหมาะสมอาจกลายเป็นเรื้อรังและนานหลายปี อย่างไรก็ตามการแยกความแตกต่างของการรบกวนการนอนหลับจากการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับ อายุ อาจเป็นความท้าทายสำหรับแพทย์ และอาจชะลอการรักษา การศึกษาวิจัยที่ดีพิมพ์บางชิ้นได้แสดงให้เห็นว่าเมลาโทนินั้นปลอดภัย และมีประสิทธิภาพไม่เพียงแต่ในกรณีที่มีความผิดปกติของการนอนหลับหลัก แต่ยังมีประสิทธิภาพในการนอนหลับที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขทางระบบประสาทต่าง ๆ อย่างไรก็ตามยังมีความไม่แน่นอนเกี่ยวกับการใช้ยาและขนาดข้อมูลปริมาณเมลาโทนิน จึงควรถูกทำให้เป็นรายบุคคล บนพื้นฐานของปัจจัยหลายประการรวมถึงความรุนแรงและประเภทปัญหาการนอนหลับและพยาธิวิทยาทางระบบประสาทที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษา เมลาโทนินมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการรักษาทั้งความผิดปกติของการนอนหลับหลัก และความผิดปกติของการนอนหลับที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขทางระบบประสาทต่าง ๆ อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นสำหรับการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อระบุการนอนหลับที่ไม่เป็นระเบียบของทารกและเด็ก ที่ได้รับประโยชน์มากที่สุด จากการรักษาเมลาโทนินและการกำหนดปริมาณที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับความรุนแรงและประเภทของความผิดปกติ

Yangan, Ongiem, and Vichitvejpaisal (2019) ทำวิจัย เมลาโทนิน: เหมาะสมหรือยังที่จะนำมาใช้ในวิสัญญี อธิบายว่า เมลาโทนิน เป็นฮอร์โมนที่ร่างกายสร้างขึ้นจากต่อมไพเนียล มีหน้าที่เกี่ยวกับนาฬิกาชีวิตของร่างกายมนุษย์และสัตว์ ควบคุมการหลับการตื่นในรอบวัน การเปลี่ยนแปลงของช่วงฤดูกาล นิยมนำมาใช้เพื่อรักษาความผิดปกติจากการนอนหลับ อาการหลงเวลาจากการเดินทาง

โดยเครื่องบิน เมลาโทนินมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดสารก่อมะเร็ง และการแพร่กระจายเซลล์มะเร็ง มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยปกป้องเนื้อเยื่อและเซลล์ต่อความเสียหายที่เกิดจากความเครียด และยังมีฤทธิ์ยับยั้งการรวมตัวของเม็ดเลือดขาว จึงช่วยลดการอักเสบ เมลาโทนินจะถูกทำลายที่ตับมากถึงร้อยละ 85 มีครึ่งชีวิต 1 ชั่วโมง และถูกขับออกทางไต การได้รับฮอร์โมนนี้ติดต่อกันในระยะยาว อาจเกิดผลข้างเคียง เช่น อาการง่วงเหงาหาวนอนระหว่างวัน ปวดหรือ วิงเวียนศีรษะ มึนงงหรือภาวะซึมเศร้าในระยะสั้น การดมยาและการผ่าตัดจะรบกวนนาฬิกาชีวิต ทำให้การหลั่งเมลาโทนินในร่างกายช่วงหัวค่ำช้ากว่าเดิมการบริหารเมลาโทนิน จะช่วยทำให้การนอนหลับกลับมาเป็นปกติเร็วขึ้น ทั้งยังช่วยป้องกันอาการหลงลืมและ ปัญหาการสูญเสียเกี่ยวกับสติปัญญาการรู้คิด ความสามารถในการคิด ภายหลังจากผ่าตัด 24 ชั่วโมง โดยไม่ทำให้สูญเสียวันเวลา สถานที่ ความสามารถในการปฏิบัติงาน ทักษะในการเคลื่อนไหว และใช้วัยยะต่าง ๆ ของร่างกาย แม้เมลาโทนินจะมีฤทธิ์คลายความวิตกกังวล สงบประสาท แต่มีประสิทธิภาพไม่พอเพียงที่จะนำมาใช้ทดแทนยาระงับความรู้สึกได้โดยตรง เป็นเพียงยาเสริมก่อน การนำสลบ การระงับความรู้สึกแบบทั่วตัว และช่วยบรรเทาอาการปวด เมลาโทนินมีความแตกต่างจาก Midazolam คือ เมลาโทนินมีอัตราการฟื้นตัวได้เร็วกว่า และเกิดอาการตื่นเต้นกระวนกระวายหลังผ่าตัดน้อยกว่า ลดการใช้ยา Propofol, Thiopental และ Ketamine ทำให้ผู้ป่วยหลับเร็วขึ้น ที่สำคัญ เมลาโทนินยังไม่ผ่านการรับรองจากองค์การอาหารและยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ให้เป็นยารักษาโรค มีเพียง Ramelteon (Rozerem®) ที่ผ่านการรับรองแล้วสำหรับรักษาโรคนอนไม่หลับ

Hochin and Moongngarm (2017) ทำวิจัย เมลาโทนินและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในผักจากท้องถิ่น อธิบายว่า เมลาโทนิน (Melatonin) เป็นฮอร์โมนที่พบได้ทั้งในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ มีบทบาทต่าง ๆ มากมาย เช่น ควบคุมกลไกการหลับตื่นของสัตว์และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากเมลาโทนินเป็นสารที่ถูกค้นพบใหม่ทำให้ข้อมูลปริมาณเมลาโทนินในแหล่งวัตถุดิบต่าง ๆ ยังมีน้อยโดยเฉพาะในผักสดที่จำหน่ายในตลาดท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเมลาโทนินโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC-RP) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2, 2-Diphenyl-1 Picrylhydrazyl Radical Scavenging Capacity (DPPH assay) วิธี ABTS Free Radical Scavenging Activity Assay (ABTS assay) และ วิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP assay) ในพืชผักที่ขายในตลาดจำนวน 15 ชนิด พบว่าพืชผักที่นำมาศึกษามีเมลาโทนินอยู่ในช่วง 18.22-213.58 ng/g น้ำหนักแห้ง (DW) โดยหัวผักกาดขาวมีปริมาณเมลาโทนินสูงสุดเท่ากับ 213.58 ng/g DW รองลงมาได้แก่หัวหอม หอมแดง และตะไคร้ ส่วนการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่ากระเทียมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดทั้งการวิเคราะห์โดยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP คือ 187.74, 173.12 , 136.39 μg Trolox Equivalent/g DW ตามลำดับ ข้อมูลปริมาณเมลาโทนินและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในพืชผักนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลทางเลือกใหม่ในการคัดเลือกเพื่อนำไปพัฒนาเป็นอาหารสุขภาพต่อไป

ตอนที่ 4 การนอนหลับและการตื่น

1. วงจรการนอนหลับ (Sleep Cycle)

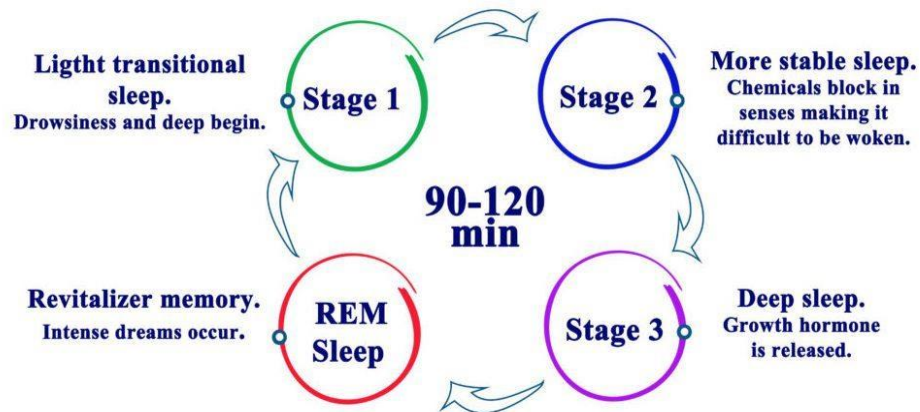
อินทิดา ปากันทะ (2550) กล่าวว่า การนอนหลับ (Sleep) หมายถึง ภาวะที่บุคคลมีความรู้สึกสติเปลี่ยนแปลงไป โดยมีการรับรู้และมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมลดลง ขณะหลับถึงแม้ว่าบุคคลจะสูญเสียความรู้สึกตัวแต่ก็สามารถปลุกให้ตื่นได้ด้วยสิ่งเร้าที่เหมาะสม การนอนหลับเป็นพื้นฐานสำหรับสุขภาพและคุณภาพชีวิต (Matos et al., 2019) การนอนหลับถือเป็นกิจกรรมหนึ่งของการพักผ่อน การนอนหลับจะใช้เวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง ซึ่งภาวะหลับจะมี 2 แบบ คือ การนอนหลับในขณะที่ดวงตามีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว (Rapid Eye Movement) หรือ REM Sleep และ Non-Rapid Eye Movement หรือ Non-REM Sleep โดยจะสลับไปมา REM Sleep เป็นระยะที่ยังคงหลับอยู่ในการศึกษาและวิจัยทางคลินิกใช้ตัวชี้วัด 3 อย่างในการบ่งชี้ระยะการนอน ได้แก่ Electrooculogram (EOG) Electroencephalogram (EEG), และ Electromyogram (EMG) ใช้แบ่งระยะการนอน การนอนหลับจำแนกได้เป็น 2 ระยะได้แก่ NREM (Non-Rapid Eye Movement) กับระยะ REM (Rapid Eye Movement) การนอนหลับจะเริ่มตนด้วยระยะ NREM สลับกับ REM และเกิดต่อเนื่องกันเป็นวงจร วงจรแต่ละรอบจะใช้เวลาประมาณ 70-100 นาที หรือ 90 นาที โดยเฉลี่ย คืนหนึ่งอาจเกิดวงจรดังกล่าว 4-6 รอบ โดยพบว่า

1.1 ระยะ NREM เป็นช่วงที่หลับสนิทเกิดขึ้นประมาณ 75-80% ของระยะเวลาการนอนหลับทั้งหมด เป็นช่วงที่ดวงตาไม่มีการเคลื่อนไหว โดยอาจจำแนก NREM ออกเป็นระยะย่อย ๆ ได้ 4 ระยะ ตามระดับความลึกของการนอนหลับ คลื่นไฟฟ้าสมองมีขนาดเล็กและความถี่สูงคล้าย Beta Wave โดยสังเกตเห็นลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและความถี่ลดลงตามลำดับ

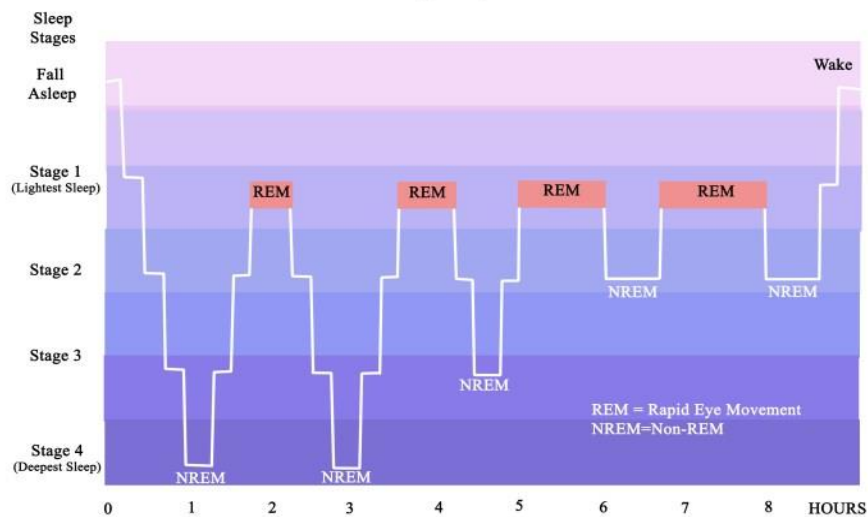
ระยะที่ 1 เป็นระยะเริ่มหลับ คลื่นไฟฟ้าสมองจะมีขนาดเล็ก มีความถี่หลาย ๆ ความถี่ สังเกตเห็นที่ Alpha Activity หายไป เริ่มเห็น Low Voltage, Mix Frequency EEG Pattern, Theta Activity (4-7Hz), บางครั้งอาจพบ Vertex Shape Wave แม้ Awareness จะลดลง ระยะนี้อาจจะไม่ได้รับรู้ว่าเป็นหลับ แต่จะเกิดการรับรู้ คล้าย ๆ ฝัน ระยะนี้สามารถปลุกให้ตื่นได้ง่าย

ระยะที่ 2 จะสังเกตเห็นลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองที่จำเพาะต่อระยะนี้ของการนอนหลับ คือ คลื่นไฟฟ้าสมองที่มีลักษณะเป็น Sinusoidal Wave ซึ่งมีขนาดสูงตรงกลางมากกว่าที่ส่วนเริ่มต้นและส่วนปลาย (Sleep Spindles 11-16 HZ) และยังพบ Biphasic Wave ที่มีขนาดใหญ่ K Complexes (High Amplitude Negative Sharp Wave Followed by Positive Slow Wave)

ระยะที่ 3 และ ระยะที่ 4 เป็นระยะที่หลับลึก ปลุกให้ตื่นได้ยาก คลื่นไฟฟ้าสมองที่เด่นในช่วงนี้คือ Delta Wave ซึ่งเป็นคลื่นขนาดใหญ่มีความถี่ประมาณ 0.5-4.0 เฮิรตซ์ โดยจะมีมากที่สุดในระยะที่ 4 ด้วยเหตุนี้จึงเรียกระยะนี้ของการนอนหลับว่า Slow Wave Sleep ทั้งสองระยะนี้ของการนอนหลับ การหดตัวของกล้ามเนื้อและความตึงตัวของกล้ามเนื้อจะลดลงตามลำดับ และไม่



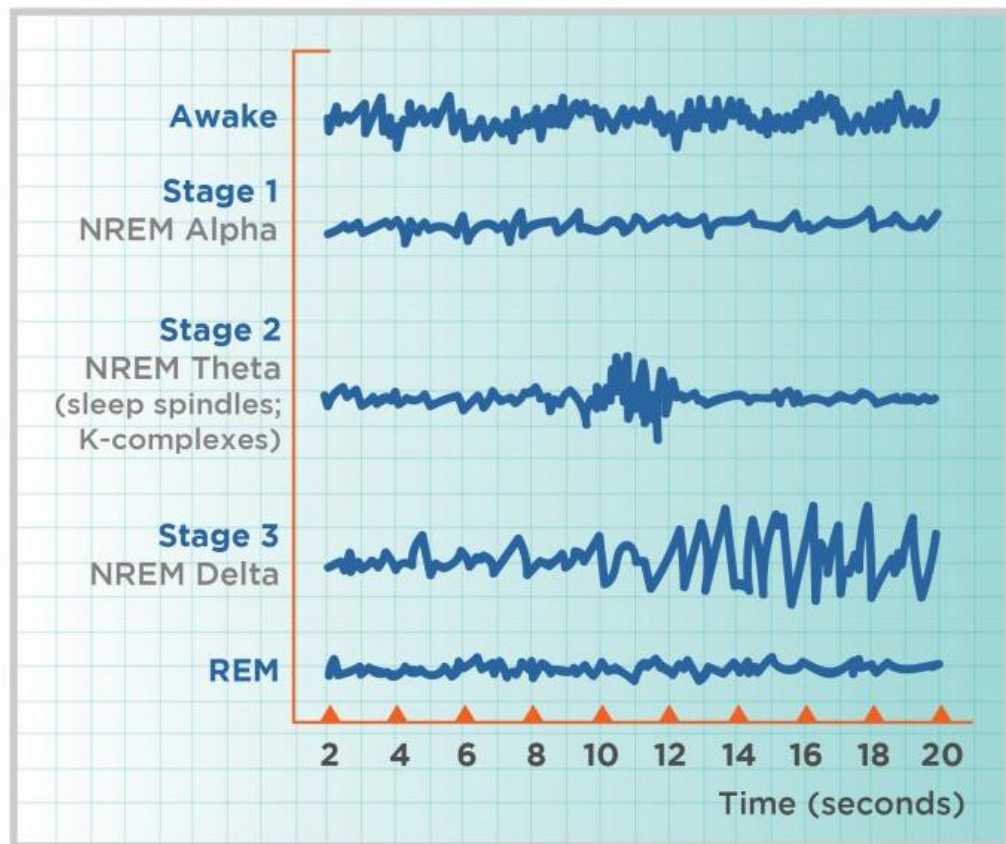
Sleep Cycles



ภาพที่ 2-28 วงจรการนอนหลับ (Sleep Cycle)

พบการลอกตาเป็นจิ้งหะในระยนี้ ชวงนี้ระบบการหายใจจะทำงานช้าลงแต่ยังคงรักษาระดับให้คงที่ ความดันเลือดจะลดต่ำลงประมาณ 20-30% ร่างกายจะไม่รู้สึกตัวและไม่ตอบสนองต่อสัญญาณภายนอก ชวงนี้ระบบภูมิคุ้มกันจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ร่างกายจะซ่อมแซมตัวเอง มีการหลั่ง GHRH ออกมากระตุ้นไฮโดรมพิทูอิทารีหลัง Growth Hormone (GH) มาส่งเสริมการเจริญเติบโตทั้งนี้ร่างกายจะหลั่ง GH ออกมามากในชวงวัยรุ่นและจะลดอัตราการหลั่งลงเมื่อมีอายุมากขึ้น

1.2 ระยะ REM เกิดขึ้นประมาณ 20-25% ของระยะการนอนหลับ คลื่นสมองทั้งคลื่นอัลฟาที่มีความถี่ต่ำประมาณ 1-2 Hz และคลื่นเธต้า ระยะนี้เป็นชวงที่มีการเคลื่อนไหวของดวงตาและ เป็นชวงที่เกิดความฝัน โดยจะพบว่า ร่างกายจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ขณะที่ความดันโลหิต, การเต้นของหัวใจ และการหายใจก็จะสูงขึ้นเช่นกัน ซึ่งอาจมีคาใกล้เคียงกับขณะตื่น



ภาพที่ 2-29 คลื่นไฟฟ้าสมองจากการวัดด้วย EEG ระหว่างระยะต่าง ๆ ของการนอน

ตารางที่ 2-2 คลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างช่วงเวลาการนอน

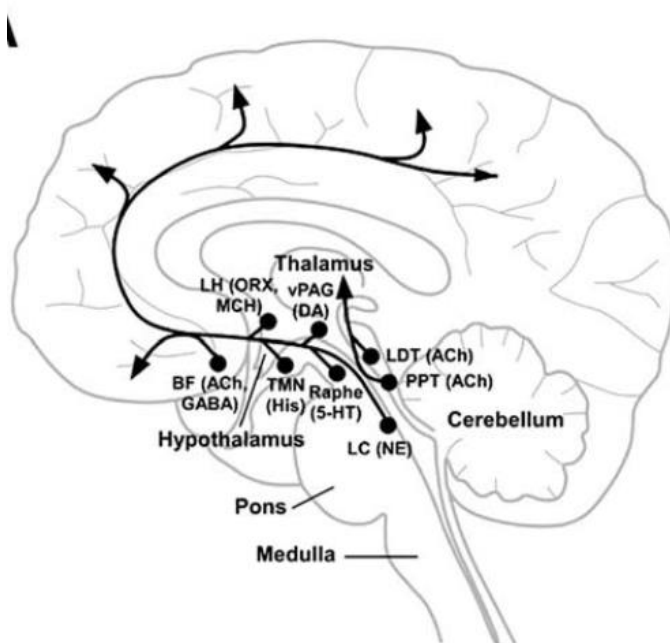
Stage	Frequency (Hz)	Amplitude (micro Volts)	Waveform type
awake	15-50	<50	
pre-sleep	8-12	50	alpha rhythm
1	4-8	50-100	theta
2	4-15	50-150	spindle waves
3	1-4	100-200	spindle waves and slow waves
REM	15-30	<50	

จากตารางที่ 2-2 พบว่า ช่วงก่อนนอน หรือ เริ่มง่วง (Pre-Sleep) มีความถี่ช่วง 8-12 Hz มีขนาดความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมองประมาณ 50 ไมโครโวลท์ และเป็นช่วงคลื่น Alpha

2. ระบบประสาทควบคุมการนอน การตื่น (Neural Regulation of Sleep-Wake)

Fuller, Gooley, and Saper (2006) กล่าวว่าสมมติฐานและทฤษฎีหลายอย่างได้รับการพัฒนาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์เชิงเหตุผล (Teleological) สำหรับการทำงานของกรนอนหลับ ทฤษฎีการทำงานของกรนอนหลับยังคงเข้าใจยาก ความเข้าใจที่จำกัดดังกล่าวเกี่ยวกับการนอนหลับเป็นปรากฏการณ์ทางชีวภาพ เกือบหนึ่งในสามของการใช้ชีวิต ใช้กับการนอนหลับกระบวนการทำงานของระบบประสาทขณะนอนหลับเริ่มต้นการศึกษาของ Moruzzi และ Magoun (1949) แสดงให้เห็นพฤติกรรมก่อนที่สมองและเยื่อหุ้มสมองตื่น พฤติกรรมตื่นตัวเป็นสื่อกลาง จากต้นกำเนิดในสมองส่วนบนใกล้กับทางแยก Pons-Midbrain

ระบบการตื่นตัว (Arousal) จากน้อยไปมากประกอบไปด้วยเซลล์ประสาท Noradrenergic Locus Coeruleus (LC), เซลล์ Cholinergic Neurons ใน Pedunculopontine และนิวเคลียสของต่อมน้ำเหลือง (PPT/ LDT) นิวเคลียส (vPAG) เซลล์ประสาท Histaminergic ของTuberomammillary (TMN) ระบบเหล่านี้ผลิตเยื่อหุ้มสมองคอร์รีลผ่านทางเดิน 2 เส้นทาง: เส้นทางด้านหลังผ่านทาลามัส (Thalamus) และเส้นทางผ่านไฮโปทาลามัส Basal Forebrain ทางเดินหลังได้รับการสนับสนุนจาก Orexin (ORX) และเซลล์ประสาทฮอริโมน (MCH) เมลานิน (MCH) ของพื้นที่ด้านข้าง Hypothalamic (LH) เช่นเดียวกับจาก GABAergic หรือ ACh เซลล์ประสาท Basal forebrain (BF) ดังภาพที่ 2-30



ภาพที่ 2-30 ระบบการตื่นตัว (Arousal) (Fuller et al., 2006)

การศึกษาทั้งในสัตว์และมนุษย์พบว่ากลุ่มเซลล์ประสาทในบริเวณ Reticular Activating System (RAS) ซึ่งอยู่ที่แกนกลางของก้านสมอง และกลุ่มเซลล์ประสาท Posterior Hypothalamus

มีบทบาทสำคัญต่อการตื่น (Wakefulness) การทำลายบริเวณนี้สามารถทำให้เกิดการหมดสติ (Coma หรือ Unconsciousness) ขณะที่การกระตุ้นด้วยไฟฟ้าบริเวณ Anterior Hypothalamus สามารถทำให้เกิดการนอนหลับได้ ดังนั้นการนอนหลับและการตื่นจึงเป็นการทำงานสลับกันอย่างเป็นระบบของกลุ่มเซลล์ประสาทที่ควบคุมการนอนหลับและการตื่น ซึ่งมีตำแหน่งสำคัญอยู่ในก้านสมองและไฮโปทาลามัส สมองส่วนไฮโปทาลามัสมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุม Homeostasis ซึ่งรวมถึงการนอนหลับ โดยกลุ่มเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่ควบคุมการนอนหลับอยู่ในส่วน Preoptic Nucleus เรียกว่า Ventrolateral Preoptic Nucleus (VLPO) เซลล์ประสาทกลุ่มนี้เป็น GABAergic Neuron ส่งปลายประสาทไปยังยังการทำงานของเซลล์ประสาทใน Basal Forebrain และศูนย์ควบคุมการตื่นในก้านสมอง เซลล์ประสาทใน VLPO จะทำงานเพิ่มขึ้นในขณะนอนหลับทั้งในระยะ NREM และ REM การทำลายสมองส่วนนี้จะทำให้เกิดอาการนอนไม่หลับที่รุนแรง

Eban-Rothschild, Appelbaum, and de Lecea (2018) ได้อธิบายถึง การนิยามระบบ Ascending Reticular Activating System (ARAS) ซึ่งเป็นกลุ่มนิวเคลียสประสาทที่เชื่อมต่อกันรวม ๆ เป็นส่วนที่มีกายวิภาคไม่ชัดเจนเพราะอยู่กระจายไปทั่วก้านสมอง เป็นส่วนหนึ่งเซลล์ประสาท Reticular Formation (RF) โดยที่ RF ในมนุษย์ประกอบด้วยนิวเคลียสประสาทเกือบร้อยอัน ซึ่งส่งเส้นประสาทไปยังสมองส่วนต่าง ๆ มากมายรวมทั้งสมองส่วนหน้า ก้านสมอง และสมองน้อย เป็นต้น องค์ประกอบต่าง ๆ รวมทั้ง Reticular Nuclei, โยประสาทที่ส่งไปยังทาลามัส (Reticulothalamic Projection Fiber) แล้วส่งต่อเป็นโยประสาทจากทาลามัสไปทั่วเปลือกสมอง (Thalamocortical Projection), โยประสาทที่ใช้สารสื่อประสาท Acetylcholine (ACh) และส่งไปยังสมองส่วนที่สูงขึ้น (เป็น Ascending Cholinergic Projections), โยประสาทที่ไม่ได้ใช้สารสื่อประสาท ACh และส่งไปยังระบบประสาทที่ต่ำกว่า (Descending non-Cholinergic Projections) และโยประสาทที่ส่งไปยังไขสันหลัง (Reticulospinal Projections) RF ยังมีระบบประสาทย่อยหลัก ๆ สองอย่าง คือระบบ Ascending Reticular Activating System (ARAS) ซึ่งส่งกระแสประสาทไปยังเปลือกสมอง และลำเส้นโยประสาท Reticulospinal Tracts ซึ่งส่งไปยังไขสันหลัง ทั้งสองช่วยอำนวยความสะดวกทางประสานและทางสรีรภาพต่าง ๆ มีการแบ่งส่วนตามหน้าที่ตามทั้งระนาบซ้ายขวา (Sagittal) และระนาบหน้าหลัง (Coronal)

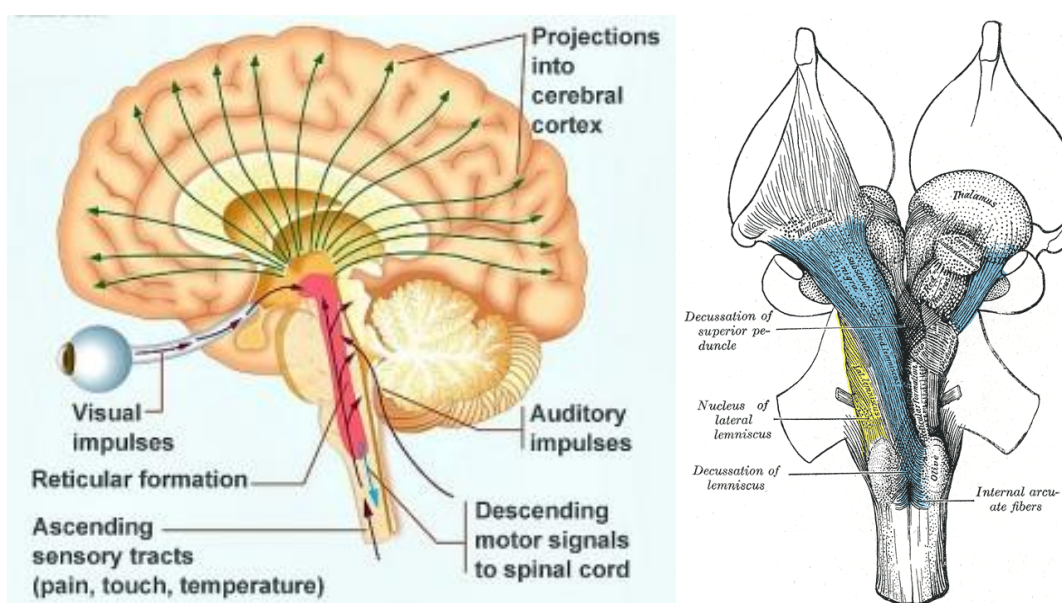
Ascending Reticular Activating System (ARAS)

Ascending Reticular Activating System (ARAS) หรือเรียกอีกอย่าง Extrathalamic Control Modulatory System หรือ Reticular Activating System (ตัวย่อ RAS) เป็นกลุ่มนิวเคลียสประสาทที่เชื่อมต่อกันในสมองสัตว์มีกระดูกสันหลัง มีหน้าที่ควบคุมความตื่น (Wakefulness) และการตื่นหลับ (Sleep-Wake Transition) เป็นส่วน Reticular Formation (RF) โดยมากประกอบด้วยนิวเคลียสต่าง ๆ ในทาลามัสและนิวเคลียส ที่ใช้สารสื่อประสาทโดพามีน (Dopaminergic), สาร Norepinephrine (Noradrenergic), สารเซโรโทนิน (Serotonergic), สารฮิสตามีน (Histaminergic),

สาร Acetylcholine (Cholinergic) และสารกลูตาเมต (Glutamatergic)

โครงสร้างของ ARAS

ARAS ประกอบด้วยวงจรประสาท เครือข่ายประสาทหลายหน่วยซึ่งเชื่อมส่วนหลัง (Dorsal) ของสมองส่วนกลางด้านหลัง (Posterior Midbrain) และพอนส์ส่วนหน้า (Anterior) กับเปลือกสมองผ่านวิถีประสาทโดยเฉพาะ ๆ ที่วิ่งผ่านทาลามัสและไฮโปทาลามัส ARAS เป็นกลุ่มนิวเคลียสโดยมีมากกว่า 20 หน่วยในแต่ละข้างของก้านสมองส่วนบน พอนส์ เมดัลลา และไฮโปทาลามัสส่วนหลัง สารสื่อประสาทที่เซลล์ประสาทเหล่านี้หลั่งรวมทั้งโดพามีน, Norepinephrine, เซโรโทนิน, ฮิสตามีน, Acetylcholine และกลูตาเมต ARAS มีอิทธิพลต่อเปลือกสมองด้วยแอกซอนที่ส่งไปโดยตรงและโดยอ้อมด้วยแอกซอนที่ส่งผ่านทาลามัส (Meira e Cruz, Matoso Laranjo, & Rocha, 2018)



ภาพที่ 2-31 โครงสร้างของ ARAS

ที่มา: <https://integratedlistening.com/meet-the-reticular-activating-system-ras/>

วิถีประสาทผ่านทาลามัสโดยหลักประกอบด้วยเซลล์ประสาทที่ใช้สารสื่อประสาท Acetylcholine ใน Pontine Tegmentum เทียบกับวิถีประสาทผ่านไฮโปทาลามัสที่โดยหลักประกอบด้วยเซลล์ที่หลั่งสารสื่อประสาทกลุ่ม Monoamine ซึ่งก็คือ โดพามีน, Norepinephrine, Serotonin และฮิสตามีน ส่วนเซลล์ประสาทที่หลั่งกลูตาเมตใน ARAS พึ่งระบุได้ไม่นานเทียบกับเซลล์ประสาทแบบ Monoaminergic และ Cholinergic เซลล์ประสาทที่หลั่งกลูตาเมตรวมนิวเคลียสหน่วยหนึ่งในไฮโปทาลามัสและนิวเคลียสต่าง ๆ ในก้านสมอง เซลล์ประสาทที่หลั่งนิวโรเพปไทด์ (Neuropeptide) คือ Orexin ภายในไฮโปทาลามัสส่วนข้าง (Lateral Hypothalamus) ส่งแอกซอนไปยังองค์ประกอบทุกส่วนของ ARAS และมีหน้าที่ประสานงานของระบบ

การควบคุมการหลับ-ตื่น

Meira e Cruz et al. (2018) อธิบายหน้าที่หลักของ ARAS ก็คือเปลี่ยนและเพิ่มการทำงานของทาลามัสและเปลือกสมองจนกระทั่งคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ไม่ประสาน (Desynchronized) การทำงานทางไฟฟ้าในสมองจะต่างกันเมื่อตื่นและหลับ คลื่นสมองที่ความต่างศักย์ต่ำ เปลี่ยนแปลงเร็ว (Fast Burst) เป็นสภาวะเรียกว่า EEG Desynchronization สัมพันธ์กับความตื่น การนอนหลับระยะ REM คือสภาพทั้งสองมีการทำงานทางไฟฟ้าสรีรภาพคล้าย ๆ กัน ส่วนคลื่นสมองที่ความต่างศักย์สูง และเปลี่ยนแปลงช้า (Slow Wave) จะพบในระยะนอนหลับนอกเหนือจาก REM เมื่อเซลล์ประสาทรีเลย์ในทาลามัสส่งกระแสประสาทแบบ Burst (คือส่งในอัตราสูงพักหนึ่งแล้วพัก) EEG โดยทั่วไปแล้วอยู่ในสภาวะ Synchronized (ประสาน) แต่ถ้าส่งกระแสประสาทแบบ Tonic (คือส่งเรื่อย ๆ) EEG ก็อยู่ในสภาวะ Desynchronized (ไม่ประสาน) การกระตุ้น ARAS จะมีผลให้อีอีจีไม่ประสานโดยระงับคลื่นเปลือกสมองที่ช้า (0.3-1 เฮิร์ตซ์), คลื่นเดลตา (1-4 เฮิร์ตซ์) Spindle Wave Oscillation (11-14 เฮิร์ตซ์) และโดยสนับสนุนคลื่นแกมมา (20-40 เฮิร์ตซ์)

สภาพทางสรีระที่เปลี่ยนจากการหลับลึกไปเป็นตื่นสามารถผันกลับไปมาได้โดยมี ARAS เป็นตัวอำนวย ไฮโปทาลามัสส่วน Ventrolateral Preoptic Nucleus (VLPO) มีหน้าที่ยับยั้งวงจรประสาทที่ก่อสภาวะตื่น ดังนั้น เมื่อ VLPO ทำงาน ก็จะทำให้เริ่มสภาวะการหลับ เมื่อนอนหลับอยู่ เซลล์ประสาทใน ARAS มีอัตราการกระแสประสาทที่ต่ำกว่ามาก และในนัยตรงกันข้าม ก็ส่งกระแสประสาทในอัตราที่สูงกว่าเมื่อตื่น เพื่อให้สมองหลับได้ จึงต้องลดการทำงานของ ARAS เพื่อลดการส่งกระแสประสาทขึ้นไปยังเปลือกสมอง

Alfonsi et al. (2019) ทำวิจัย การเคลื่อนไหวของ Spatiotemporal การหมุนเวียน การนอนหลับ วงจรการนอนหลับ NREM อธิบายว่า การดำรงอยู่ของการหมุนเวียนที่แตกต่างกันสองประเภท (ช้าและเร็ว) นั้นได้รับการยอมรับเป็นอย่างดี เป้าหมายเพื่อให้การตรวจสอบอย่างเป็นระบบ มุ่งเน้นไปที่วิวัฒนาการทางโลกของแหล่งการหมุนเวียนการนอนหลับระหว่างการนอนหลับ ไม่เคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว (NREM) กิจกรรมหมุนเวียนถูกบันทึกและตรวจโดยอัตโนมัติใน 20 คนที่มีสุขภาพดี การตรวจเอกซเรย์สมองด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าความละเอียดต่ำ (LORETA) ได้ถูกนำมาใช้สำหรับการแปลแหล่ง EEG การประเมินเส้นทางเวลาของแหล่งกำเนิดหมุนเวียนช้าและเร็วที่ตรวจพบ พิจารณารอบการนอนหลับ NREM สี่ครั้งแรกและแบ่งแต่ละรอบออกเป็นห้าช่วงเวลาเท่ากัน งานวิจัยนี้ยืนยันการแปลเป็นพิเศษในพื้นที่ด้านหลัง (Brodmann 10) ข้างขม่อม (Brodmann 7) ของพื้นที่เยื่อหุ้มสมองตามลำดับสำหรับช้า (11.0–12.5) และหมุนเร็ว (13.0–14.5) ในตอนท้ายของการนอนหลับ NREM ครั้งต่อไปการเปิดใช้งานแหล่งที่มาสูงสุดยังคงอยู่อย่างเป็นระบบในพื้นที่ Brodmann 10 และ Brodmann 7 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเสถียรทางพื้นที่ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ตรวจพบ ผลของงานวิจัยชี้ไปที่การโต้ตอบระหว่างกิจกรรมไฟฟ้าที่บันทึกบนหนังศีรษะ และพื้นที่ที่เป็นแหล่งข้อมูลพื้นฐานซึ่งสนับสนุนความคิดที่ว่ากิจกรรมการนอนไม่ได้เป็นปรากฏการณ์ที่

เหมือนกัน รูปแบบที่ซับซ้อนของพื้นที่และเวลาเฉพาะนั้นเกี่ยวข้องกับการสร้างการหมุนเวียนการนอน และการแสดงออก

Kim, Jo, Hong, Han, and Suh (2019) ทำวิจัย ส่วนผสมของ GABA และ L-Theanine ช่วยลดเวลาแฝงการนอนหลับและปรับปรุงการนอนหลับของ NREM อธิบาย γ -Aminobutyric Acid (GABA) เป็นสารสื่อประสาทที่ยิ่งหลัก และเป็นที่ยอมรับ การเปิดใช้งานตัวรับ GABA จะช่วยให้ นอนหลับ L-Theanine กรดอะมิโนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่ค้นพบครั้งแรกในชาเขียวเป็นผลิตภัณฑ์ เสริมอาหารต่อต้านความวิตกกังวล พร้อมประโยชน์การผ่อนคลายที่พิสูจน์แล้ว วัตถุประสงค์การศึกษา เพื่อศึกษาผลการเสริมการนอนหลับที่เป็นไปได้ โดยศึกษาส่วนผสม GABA/ L-theanine วิธีการ โดยการทดสอบการนอนหลับ การเหนี่ยวนำให้เกิด Pentobarbital ถูกนำมาใช้เพื่อค้นหาความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับผลการส่งเสริมการนอนหลับในหนู ICR ทำการวิเคราะห์ด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) เวลานอนโดยรวมและคุณภาพการนอนหลับในหนู SD ปกติและรูปแบบการรับรู้ที่เกิดจากคาเฟอีน ปฏิกริยาถูกใช้เพื่อตรวจสอบว่ากลไกการส่งเสริมการนอนหลับ ของส่วนผสม GABA/ L-theanine เกี่ยวข้องกับกระบวนการถอดรหัส การวิจัยพบว่า ส่วนผสมของ GABA/ L-theanine (100/20 มก./ กก.) แสดงว่าเวลาแฝงการนอนหลับลดลง (20.7 และ 14.9%) และ เพิ่มระยะเวลาการนอนหลับ (87.3 และ 26.8%) เมื่อเปรียบเทียบกับ GABA หรือ theanine เพียง อย่างเดียว GABA/ L-thea- แก้วส่วนผสม นำไปสู่การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในการเคลื่อนไหวของ ดวงตาอย่างรวดเร็ว (REM) (99.6%) และ non-REM (NREM) (20.6%) เมื่อเทียบกับตัวควบคุม การใช้ส่วนผสมของ GABA/ L-theanine มากกว่า GABA หรือ L-theanine เพียงอย่างเดียวคืนสู่ ระดับปกติเวลาดอนหลับ และคุณภาพแบบจำลองในสัตว์ที่เร้าอารมณ์

3. อิทธิพลของเพศส่งผลต่อการนอนหลับ (Effects of Age on Sleep)

ช่วงเวลานอนจะแปรผันไปตามบุคคล โดยส่วนใหญ่ ผู้ใหญ่ต้องการเวลานอน 7-9 ชั่วโมง ต่อคืนเพื่อที่จะทำงานได้ แต่ก็มี Short Sleeper ที่ทำงานได้ดีแม้จะนอนน้อยกว่า 6 ชั่วโมงต่อคืน ในขณะที่เดียวกันก็มี Long Sleeper ที่ต้องการเวลานอนอย่างน้อย 12 ชั่วโมงหรือมากกว่า Long Sleeper มี ช่วง REM มากกว่า Short Sleeper ปกติคนจะต้องการการนอนมากขึ้นเมื่อ ทำงานใช้ แรงงานทางกาย หรือ ทางจิต, ออกกำลังกาย, เจ็บป่วย, ตั้งครรภ์

Pattern การนอนมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงอายุโดยเฉพาะช่วงขวบปีแรก ๆ ของชีวิต การพัฒนารูปแบบ EEG ของการนอนและการตื่นเริ่มต้นเมื่ออายุครรภ์ 24 สัปดาห์และเริ่มแบ่งเป็น REM และ NREM ช่วงการตั้งครรภ์ในไตรมาสที่สาม เด็กทารกใช้เวลาอน 16-18 ชั่วโมงต่อวัน มีวงจร การหลับ- ตื่น ประมาณ 3-4 ชั่วโมง วงจรของ Active -Quiet Sleep ประมาณ 50 นาที การนอน ประกอบ Active Sleep ครึ่งหนึ่งเวลาที่เข้านอน เริ่มต้นการนอน Active Sleep อายุ 3-4 เดือนจะ มีการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่หลายครั้ง Pattern การนอนใกล้เคียงผู้ใหญ่มากขึ้น คือเริ่มต้นการนอน ด้วย NREM นอนกลางคืนมากขึ้น EEG Waveform ของ REM และ NREM ใกล้เคียงผู้ใหญ่มากขึ้น

วัยเด็กตอนต้น เวลารวมที่ใช้นอนลดลง สัดส่วนของ REM Sleep ลดลงเท่ากับผู้ใหญ่ (20-25%) ในเด็กเล็กจะมีสัดส่วนของ SWS สูงที่สุดและ Arousal Threshold สูง

วัยรุ่น SWS และเวลานอนหลับรวม จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การลดลงของเวลานอน อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม มากกว่าเวลาที่ต้องการนอนลดลง และวัยรุ่นมีแนวโน้ม จะเป็น “นกฮูกกลางคืน” เพราะจะนอนดึกและตื่นสาย

ในผู้สูงอายุ SWS ซึ่งลดลง ตั้งแต่วัยผู้ใหญ่เรื่อยมา และอาจหมดไปเมื่ออายุ 60 ปี การนอนหลับจะแยกเป็นส่วน ๆ และใช้เวลาตื่นขึ้นกว่าจะหลับ ระยะเวลาที่ตื่นและจำนวนครั้ง ของการตื่นจะมากขึ้น นอนกลางวันเพิ่มขึ้น ดังนั้นผู้สูงอายุจะใช้เวลาอนมากขึ้นแต่หลับจริงลดลง โดยมากจะตื่นเช้าขึ้น และความตื่นตัวในตอนเช้าจะมีมากกว่า

Matos et al. (2019) ทำวิจัย การนอนหลับในวัยรุ่นและเพศ: กรณีศึกษาเรื่องเพศ มี จุดมุ่งหมายศึกษาการนอนหลับ ที่มีความสำคัญสูงสุดสำหรับทุกคนและโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับ วัยรุ่นที่ต้องเผชิญกับความท้าทายในชีวิต และการพักผ่อนที่อาจทำให้การนอนหลับพวกเขาแย่ลง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าผู้หญิงมีความเสี่ยงสูงกว่าที่จะนำเสนอปัญหาการ นอนหลับ และถ้าสังคมของการรับรู้การนอนหลับที่แตกต่างระหว่างเพศ ข้อมูลมาจากการสำรวจ HBSC Portuguese ปี 2014 ตัวแปรทั้งหมดถูกรายงานด้วยตนเอง ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นวัยรุ่น 3869 คน (หญิง 2057 คน) อายุเฉลี่ย 14.8 ปี ลักษณะทางสังคมและประชากรของผู้เข้าร่วม ประกอบด้วย เพศ อายุ เกรดโรงเรียน การศึกษาของพ่อและแม่ นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมถูกถามเกี่ยวกับ ระยะเวลาการนอนหลับ และลักษณะของคุณภาพการนอนหลับ ผลวิจัยพบว่า การอดนอน 13.1% ของวัยรุ่น (หญิง 14.3%, ชาย 11.7%, $p < 0.05$) ลักษณะที่พบบ่อยที่สุดของคุณภาพการนอนหลับ ที่ไม่ดี คือ ตื่นขึ้นมาเหนื่อยล้า (50.8%) ความยากลำบากในการหลับ (19.5%) สำหรับวัยรุ่นหญิง สูงมากกว่าวัยรุ่นชาย โดยรวมแล้ววัยรุ่นหญิงมีสุขภาพการนอนหลับที่แย่ลง ด้วยคุณภาพและ ปริมาณการนอนหลับที่ต่ำ ความสัมพันธ์ระหว่างการนอนหลับพักผ่อนที่เพียงพอและดี แตกต่างกัน ระหว่างเพศชายและเพศหญิง

4. งานวิจัยเกี่ยวข้องกับการนอน และแสง

Harrison, Yablonsky, Powell, Ancoli-Israel, and Glickman (2019) รายงานแสง ในสภาพแวดล้อมการนอนหลับ: กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของการนอนหลับแต่ละวัน เขา อธิบายว่าแสงเป็นสัญญาณซิงโครไนซ์หลักสำหรับระบบนาฬิกาชีวิต (Circadian Timing System) ความสามารถในการออกแรงทางสรีรวิทยาที่แข็งแกร่งแม้จะมีแสงน้อยมากและ/ หรือการเปิดรับ แสงช่วงสั้น ๆ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมรวมถึงมนุษย์มีความไวต่อแสงโดยเฉพาะในเวลากลางคืน ดังนั้น การวัดแสงในสภาพแวดล้อมการนอนจึงมีความสำคัญสำหรับการประเมินสุขภาพการนอนหลับ สมุดบันทึกการนอนหลับมีมาตรการ การนอนหลับที่ไม่แพง แต่จะไม่รวมข้อมูลแสง วิธีการวิจัยใช้ คำถามสั้นๆ ในการมองเห็นแสงเวลาก่อนนอนและสภาพแวดล้อมที่ตื่น ได้ถูกบันทึกอยู่ใน Consensus

Sleep Diary for Morning Administration เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเรื่องแสงไฟส่องสว่าง เจ้าหน้าที่แผนกแรงงานและการจัดส่งสินค้าของโรงพยาบาล 18 คน ได้ทำสมุดบันทึกการนอนหลับเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในแต่ละเดือนไขการทดลอง ทั้งสองขณะที่สวมอุปกรณ์ Actiwatch พร้อมกับโฟโต้เซ็นเซอร์ การตอบสนองของไดอารี่ถูกประเมินเทียบกับค่า Photosensor จากจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของแต่ละช่วงเวลาพัก ($n = 194$ ช่วงเวลาพัก) เช่นเดียวกับมาตรการนอนหลับใช้โมเดลเชิงเส้นผสม ผลการวิจัย การตอบคำถามที่เกี่ยวกับแสงมีความสัมพันธ์กับ การวัดแสงจริงก่อนนอน การควบคุมสำหรับประเภทรอบ และสภาพการทดลอง นอกจากนี้ข้อมูลแสงก่อนนอนและการตื่นมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์การนอนหลับ โดยทั่วไปข้อมูลจะระบุว่า การนอนหลับที่ไม่ดีมาจากมีแสงสว่างขณะนอน

Figueiro et al. (2019) ทำวิจัยเรื่อง ผลของแสงสีแดงต่อความเฉื่อยในการนอนหลับ อธิบายว่า ความเฉื่อยในการนอนหลับ หมายถึง การลดลงของประสิทธิภาพการทำงาน และความตื่นตัวที่ลดลงหลังจากตื่นขึ้นมาเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 1 นาที่ถึง 3 ชั่วโมง การศึกษาครั้งนี้ศึกษาว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพแสงสลัว (ตัวควบคุม) การสัมผัสกับแสงที่มีความยาวคลื่นยาว (สีแดง) ที่ส่งไปยังเปลือกตาปิดระหว่างการนอนหลับ (มาสก์แสงสีแดง) และดวงตาที่เปิดเมื่อตื่น วิธีการวิจัยกลุ่มตัวอย่าง 30 คน (เพศหญิง 18 คน เพศชาย 12 คน อายุเฉลี่ย 30.4 ปี) มีการรวบรวมมาตรการการง่วงนอน และการวัดระดับวัตถุประสงค์การได้ยิน ระดับคอร์ติซอลด้วยตนเอง 3 ครั้ง ติดต่อกัน 3 สัปดาห์ การวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญระหว่างช่วงเวลารวบรวมข้อมูล 30 นาที ในทุกเงื่อนไขการทดลอง ความง่วงนอนแบบอัตนัยลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาผ่านไปทุกสภาวะการทดลอง จากการตั้งสมมติฐานประสิทธิภาพของงานบางอย่างดีกว่า ในสภาพหน้ากากแสงสีแดงอย่างมีนัยสำคัญกว่าในสภาพแสงสลัว คณะกรรมการปฏิบัติงานในสภาพแว่นสายตาแสงสีแดงดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยพบว่าแสงสีแดงอิมมิตัวที่ส่งผ่านเปลือกตาปิดในระดับที่ไม่กีดเมลาโทนิสามารถนำมาใช้เพื่อลดแรงเฉื่อยในการนอนหลับเมื่อตื่น

Blume, Garbazza, and Spitschan (2019) ทบทวนวรรณกรรมผลกระทบของแสงที่มีต่อนาฬิกาชีวิตของมนุษย์ การนอนหลับและอารมณ์ อธิบายว่ามนุษย์อาศัยในสภาพแวดล้อมตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งแสงและความมืดเป็นไปตามรูปแบบรายวัน จากนิวเคลียส Suprachiasmatic (SCN) ใน Hypothalamus นั้นเชื่อมกันตลอด 24 ชั่วโมงผ่านทางเดินจากเรตินาและประสานงังหะทางชีววิทยาภายใน การแปรผันของงังหะในการส่องสว่างรอบข้างส่งผลกระทบต่อพฤติกรรม เช่น การพักผ่อนระหว่างการนอนหลับและการทำกิจกรรมในช่วงตื่นตัว รวมถึงกระบวนการทางชีวภาพพื้นฐาน เมื่อเร็ว ๆ นี้ความพร้อมใช้งานของแสงประดิษฐ์ได้เปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของแสงอย่างมาก โดยเฉพาะช่วงเย็นและเวลากลางคืน สิ่งนี้อาจเพิ่มความเสี่ยงของการพัฒนาความผิดปกติของการนอนหลับ – ตื่นจากระบบนาฬิกาชีวิต ซึ่งมักจะเกิดจากการประเมินค่าของงังหะภายนอกและรอบมืดแสงภายนอก ในขณะที่ความสัมพันธ์ที่แน่นนอนระหว่างความพร้อมใช้งานของแสง

ประดิษฐ์และ นาฬิกาชีวิตยังคงเป็นที่ยอมรับ แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงจังหวะการเต้นของหัวใจ ในทางกลับกันแสงยังสามารถใช้เป็นตัวเลือกการรักษาที่มีประสิทธิภาพและไม่อันตรายโดยไม่ มีผลข้างเคียงเล็กน้อยถึงไม่มีเลย เพื่อปรับปรุงการนอนหลับอารมณ์และความเป็นอยู่ทั่วไป

สรุปได้ว่าการศึกษาระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัว ผู้มี อาการง่วงนอน: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองเป็นการวิจัยเพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมและปลอดภัยที่จะกระตุ้นให้เกิดการตื่นตัวสำหรับผู้ที่มีอาการง่วงนอน มีความสัมพันธ์ระหว่างแสงสีฟ้า (Blue Light) การมองเห็นแบบภาพ (Image Forming) สเปกตรัมแสง (Light Spectrum) เมื่อ Visual Pigment ใน Rods และ Cones cells ดูดซึมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่น 380-770 นาโนเมตร จะเกิดกระแสประสาท (Nerve Impulse) ส่งผ่านตาไปยังสมองทำให้รับรู้เกิดการมองเห็น แสงจาก วัตถุเดินทางผ่านเลนส์ตา หักเหไปตกกระทบบนภาพที่เรตินา การทำงานสมองหลังจากถูกกระตุ้น โดยสิ่งเร้า จะเข้าสู่วิถีประสาทการมองเห็น (Visual Pathway) จากกระจกตา (Cornea) ที่จะเห็นภาพ หรือวัตถุสะท้อนเข้าสู่จอประสาทตา (Retina) จากนั้นส่งสัญญาณต่อไปยังจุดประสานเส้นประสาท (Optic Chiasm) ผ่านเส้นประสาทตา (Optic Nerve) ไป Primary Visual Cortex สมองส่วนหลัง (Occipital Lobe) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น วิถีประสาทการรับภาพ (Visual Pathway) เริ่มที่ Neural Epithelium ของ Rods Cell, Cone Cell มีสารสีหรือวัตถุซึ่งไวต่อแสง (Photosensitive Pigment) จำนวนมากบรรจุอยู่ในเยื่อเซลล์ซึ่งพันตัวไปมาซ้อนกันอยู่บริเวณปลายยอดตัวรับ (Receptor) เมื่อมีแสงมาตกกระทบบ โครงสร้าง Photosensitive Pigment เปลี่ยนแปลงก่อให้เกิด การเปลี่ยนศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อเซลล์ (Membrane Potential) เซลล์ที่รับการถ่ายทอดสัญญาณประสาท ครั้งแรกหรือเซลล์ลำดับที่ 1 คือ Bipolar Cell สัญญาณประสาทถูกส่งไปยังเซลล์ประสาทลำดับ 2 คือ Ganglion Cell เพื่อส่งต่อไปยังเซลล์ประสาทลำดับที่ 3 ที่ Lateral Geniculate Body จากนั้น ถูกส่งเข้าไปตาม Optic Radiation สิ้นสุดยังเซลล์ประสาทใน Visual Cortex ของสมองใหญ่ เซลล์ รับแสงมีบทบาททำหน้าที่แสดงการควบคุมนาฬิกาชีวิต (Circadian Rhythm) เซลล์รับแสงนี้ เรียกว่า Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells (ipRGCs) ซึ่งเป็นส่วนย่อย ๆ ของ Retinal Ganglion Cells (RGC) ที่อยู่ในเรตินาชั้นด้านในด้านหลังของเซลล์ รูปทรงและเซลล์ รูปกรวย ซึ่งนาฬิกาชีวิต (Circadian Rhythm) เป็นลักษณะทางชีววิทยาตลอด 24 ชั่วโมงของแต่ละคนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเพื่อควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ฮอริโมน อุณหภูมิของร่างกาย การหลับและการตื่น การเปิดรับแสงสีฟ้าสามารถส่งผลกระทบต่อ จังหวะนาฬิกาชีวิต สรีรวิทยาวงจรการตื่นนอนตามธรรมชาติ ควบคุมโดย ฮอริโมนเมลาโท닌จาก ต่อมไพเนียล ปกติการหลั่งเมลาโท닌จะเพิ่มขึ้นทันทีหลังจากเริ่มมีความมืดตอนกลางคืน และค่อย ๆ ตกลงมาในช่วงครึ่งคืน การเปิดรับแสงที่มองเห็นได้โดยเฉพาะแสงสีฟ้ายับยั้งการหลั่งเมลาโทนิ การสัมผัสกับความสว่างที่เทียบเคียงได้แสงสีฟ้าจะยับยั้ง เมลาโทนิเป็นเวลานานกว่าสองเท่าและ เพิ่มการเปลี่ยนแปลงในจังหวะนาฬิกาชีวิตสองเท่า

บทที่ 3

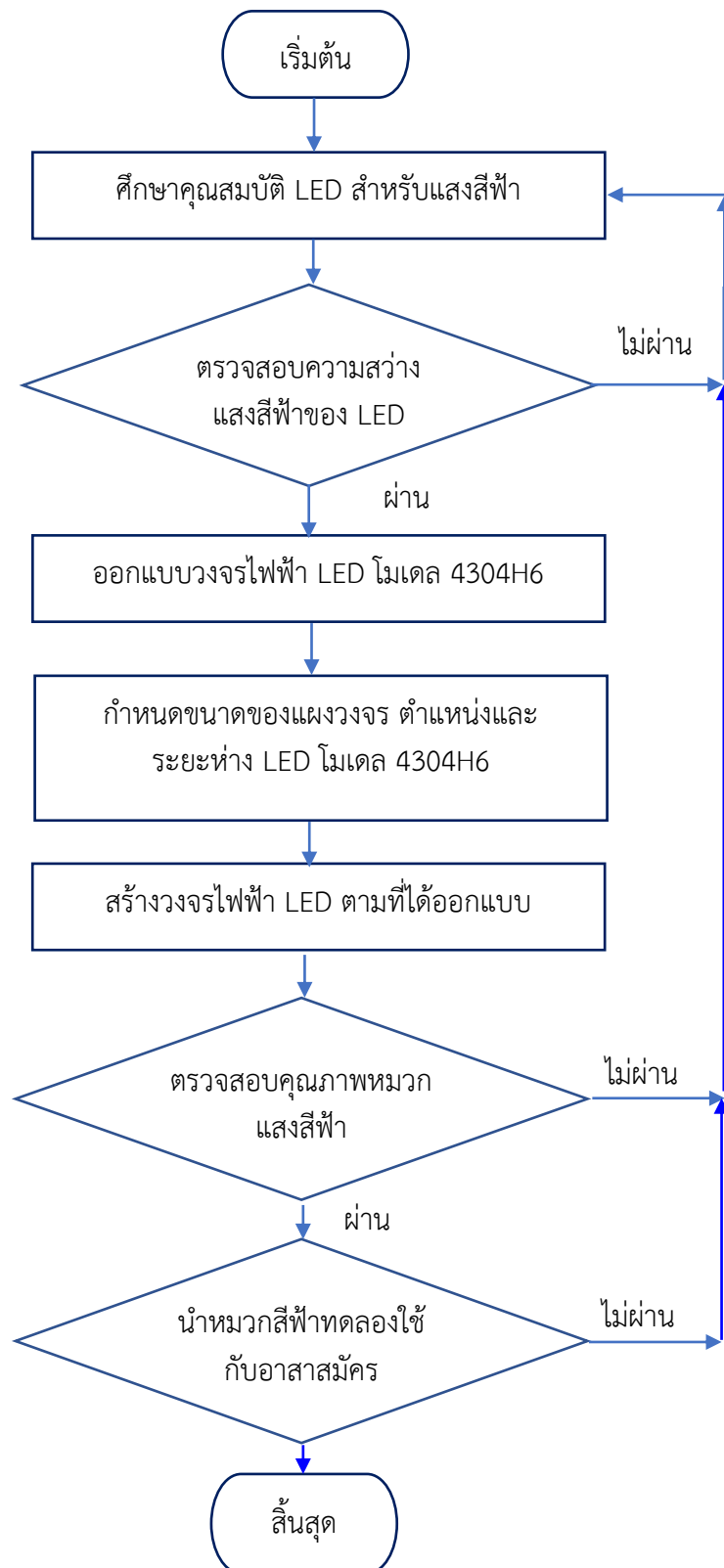
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน การศึกษาค้นคว้าใช้การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ใช้แบบแผนการทดลอง 4 Factor Posttest Design (Edmond & Kennedy, 2017, p. 38) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน เปรียบเทียบผลการตื่นตัวด้วยมาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale (KSS) และเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง Electroencephalography (EEG) ความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ (Power Spectral Density: PSD) ความถี่อัลฟา และความถี่เบต้า ในกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกัน คือ กลุ่มได้รับแสงสีฟ้าเวลา 0 นาที กลุ่มได้รับแสงสีฟ้าเวลา 10 นาที กลุ่มได้รับแสงสีฟ้าเวลา 20 นาที และกลุ่มได้รับแสงสีฟ้าเวลา 30 นาที โดยทำการวัดที่เวลา 0 นาที การวัดที่เวลา 10 นาที การวัดที่เวลา 20 นาที การวัดที่เวลา 30 นาที การวัดที่เวลา 40 นาที การวัดที่เวลา 50 นาที และการวัดที่เวลา 60 นาที วิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยดำเนินการศึกษาจากพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน

ตอนที่ 2 การทดลองระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน

ตอนที่ 1 การพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน

จากภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน ดังนี้ มีรายละเอียดดังนี้

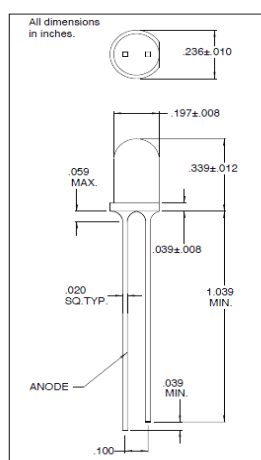
1. ศึกษาคุณสมบัติ LED สำหรับแสงสีฟ้า

คุณสมบัติ LED สำหรับทดลองมีความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ไม่มีรังสีอินฟราเรดและอุตราไวโอเล็ต โดยตรวจสอบคุณภาพด้วยเครื่องมือ Spectrometer ซึ่งมีความแม่นยำ ในช่วงความยาวคลื่น 325 – 1075 nm ดังภาพที่ 3-2 แสงสีฟ้าความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ไม่เป็นอันตรายต่อสายตา ซึ่งเรียกว่า Blue-Turquoise Light มีความยาวคลื่นช่วง 465-495 นาโนเมตร และแสงสีฟ้าที่อันตรายต่อสายตานั้นเรียกว่า Blue-Velvet Light มีความยาวคลื่นช่วง 415-455 นาโนเมตร (Smick & Villette, 2013)



ภาพที่ 3-2 แสดงเครื่องวัดสเปกตรัมแสงด้วย spectrometer

จากการตรวจสอบคุณสมบัติ LED ตามกำหนด ผู้วิจัยใช้ LED ของบริษัท VCC Lighting ใช้โมเดล 4304H6 Solid State LED Lamps High Brightness T-1 3/4 แสงสีฟ้า ขนาด 5 มิลลิเมตร ความยาวคลื่นช่วง 470 นาโนเมตร รายละเอียดและคุณสมบัติดังภาพที่ 3-3 ถึง 3-4

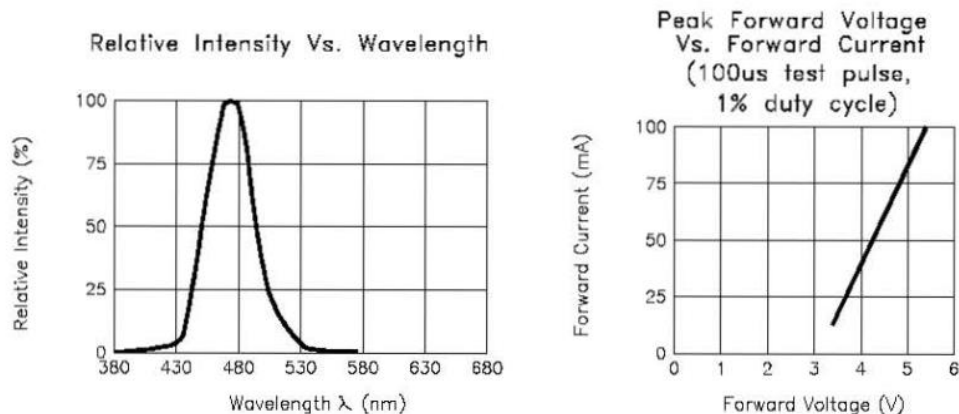


- T-1 3/4 LED
- Emitting Color: 466nm Blue
- Gallium Nitride
- White diffused lens
- High brightness

PART NUMBER	4304H6
Output Color	Super Blue
Diffusion	Diffused
Package Color	Clear
Rated Current (mA)	20
Forward Voltage Typ. (V)	3.8
Forward Voltage Max. (V)	4.5
Luminous Intensity Typ. (mcd)	500
Peak Wavelength (nm)	428
Dominant Wavelength (nm)	466
Viewing Angle 2θ 1/2 (degrees)	30
Power Dissipation (mW)	132
Forward Current (mA)	30
Reverse Breakdown Voltage (V)	5

ภาพที่ 3-3 รายละเอียดและคุณสมบัติของ LED ที่นำมาใช้ในการวิจัย

ที่มา: <https://www.vcclite.com/product/4304h6/>



ภาพที่ 3-4 แสดงความสัมพันธ์ความยาวคลื่นแสงกับความเข้มแสงของ LED

ที่มา: <https://www.vcclite.com/product/4304h6/>

2. ตรวจสอบความสว่างแสงสีฟ้าของ LED โมเดล 4304H6 จากงานวิจัยของ Beaven and Ekström (2013) พบว่า การใช้ความสว่างของแสงสีฟ้า 40 lux คงที่นานเวลา 40 นาที สามารถเพิ่มความตื่นตัวและฟังก์ชันการรับรู้ผ่านทาง Neuropathways สามารถนำไปแก้ปัญหาอาการง่วงนอน โดยทดลองเปรียบเทียบการใช้การดื่มคาเฟอีน 240 มิลลิกรัม และปริมาณแสงสีฟ้าประมาณ 40 lux พบว่าแสงสีฟ้ามีประสิทธิภาพดีกว่าคาเฟอีน การตรวจสอบความสว่างแสงสีฟ้า โดยใช้แสดงเครื่องวัดแสง Lux meter Light Meter Illuminometer โดยระยะห่างของหลอด LED และ Light Meter กำหนด 5 เซนติเมตร (LED จะติดตั้งบริเวณปีกหมวก มีระยะห่างจากดวงตาประมาณ 5 เซนติเมตร)

ผลการตรวจสอบพบว่า LED โมเดล 4304H6 ให้ความสว่างต่อหลอดประมาณ 5 lux ดังนั้นจะต้องใช้ LED จำนวน 8 หลอด ถึงจะให้ความสว่างของแสงสีฟ้าได้ประมาณ 40 lux

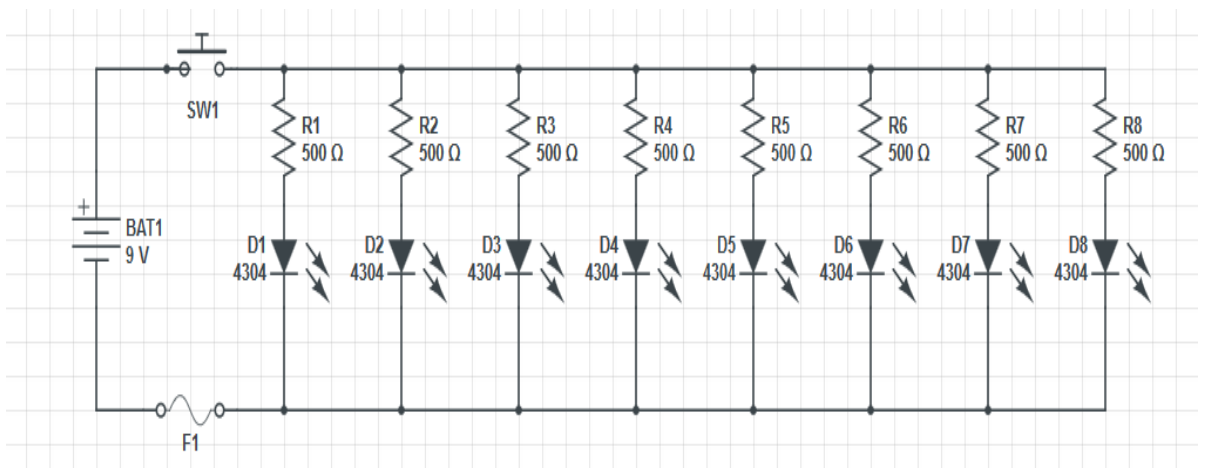


ภาพที่ 3-5 เครื่องวัดแสง Lux meter Light Meter Illuminometer

3. ออกแบบวงจรไฟฟ้า โดยนำคุณสมบัติของ LED โมเดล 4304H6 ชีตจำกัดการทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดที่ 4.5 VDC และกระแสไฟฟ้าที่ 20 mA จำลองวงจรไฟฟ้าและทดสอบวงจรไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Electronic Workbench ซึ่งเป็น Free Ware ผลการออกแบบวงจรไฟฟ้าจะประกอบด้วย

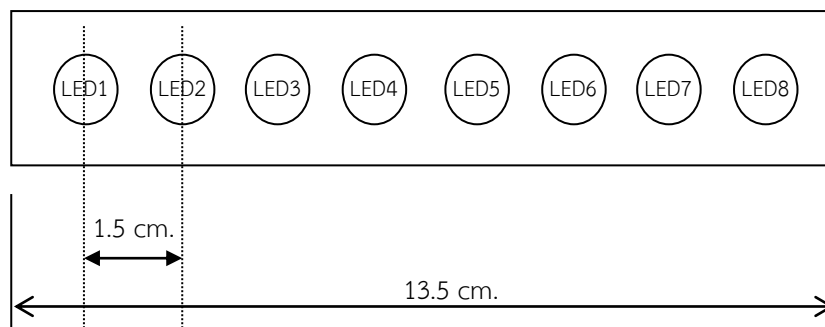
แบตเตอรี่ Alkaline ขนาด 9 Volt 550 mAh	จำนวน 1 ก้อน
สวิตช์ปิดเปิด	จำนวน 1 อัน
ตัวต้านทาน 500 โอห์ม 1 วัตต์	จำนวน 8 ตัว
LED โมเดล 4304H6	จำนวน 8 ตัว
ฟิวส์แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 1 A	จำนวน 1 ตัว

นำอุปกรณ์ประกอบเป็นวงจรผสม ระหว่างวงจรอนุกรม วงจรขนาน ตัวต้านทานและ LED จำนวน 8 ชุด



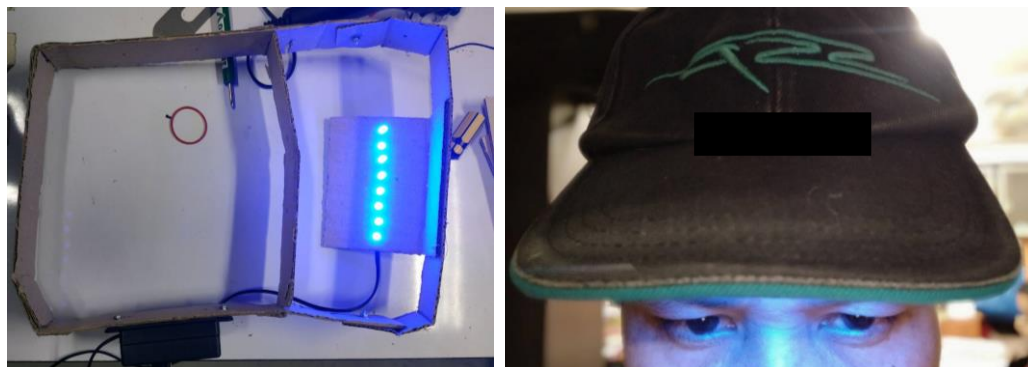
ภาพที่ 3-6 วงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

4. กำหนดขนาดของแผงวงจร ตำแหน่งและระยะห่างของ LED ที่จะติดตั้งบนหมวก



ภาพที่ 3-7 ขนาดแผงวงจร ตำแหน่งและระยะห่าง LED

5. สร้างวงจรไฟฟ้า LED ตามที่ได้ออกแบบ และประกอบเข้ากับหมวก



ภาพที่ 3-8 หมวกแสงสีฟ้า สำหรับการทดลอง

6. ตรวจสอบคุณภาพหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอนด้วยในห้องปฏิบัติการโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาการปัญญา ด้านวิทยาศาสตร์ และด้านวิศวกรรมไฟฟ้าส่องสว่าง ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญสรุปได้ดังตารางที่ 3-1

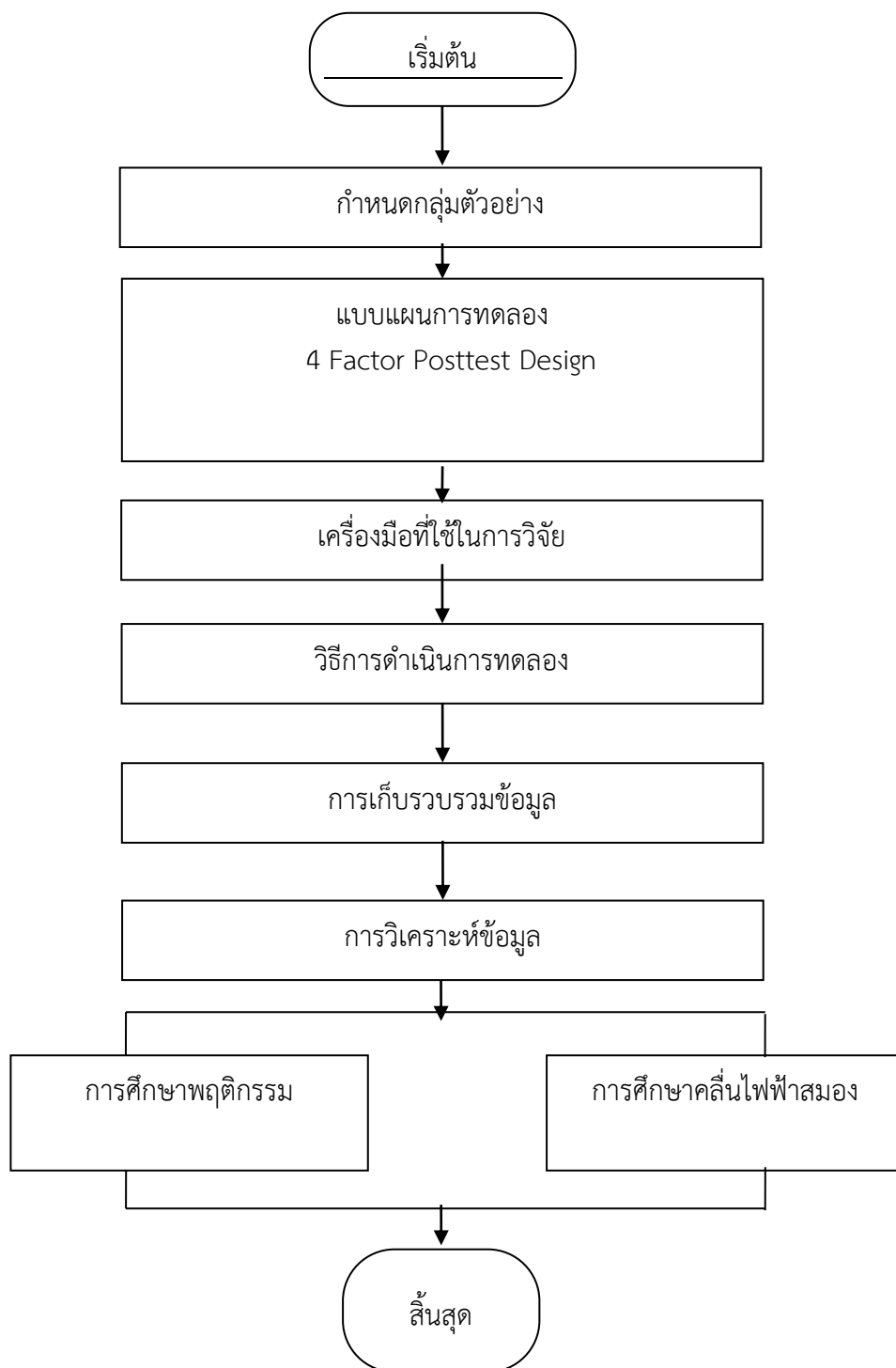
ตารางที่ 3-1 การตรวจสอบคุณภาพของหมวกแสงสีฟ้าโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตัวชี้วัด	ค่าเฉลี่ย
ด้านการออกแบบ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	0.78
ด้านวัสดุศาสตร์ มีความเหมาะสมและจัดหาได้	1.00
ด้านประโยชน์ นำไปใช้เพื่อตอบจุดมุ่งหมายได้	0.89
ด้านความปลอดภัย สอดรับกับมาตรฐานอุปกรณ์ และการใช้งาน	0.89
ด้านความคงทน ใช้งานได้ต่อเนื่อง และคงสภาพ	0.67
ด้านความเที่ยง ให้ผลได้แม่นยำ จากการวัดซ้ำหลายรอบ	0.78

จากตารางที่ 3-1 แต่ละด้านของตัวชี้วัดคุณภาพหมวกแสงสีฟ้า ผ่านความเห็นผู้เชี่ยวชาญเกินกว่าครึ่งทุกด้าน แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าหมวกสีฟ้ามีคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้

7. นำหมวกสีฟ้าทดลองใช้กับอาสาสมัครซึ่งเป็นกลุ่มใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในการทดลองจำนวน 8 คน พบว่า ทุกคนสามารถใช้หมวกได้อย่างถูกต้อง สวมหมวกโดยไม่อึดอัด และไม่รู้สึกรบกวนกับสายตา จึงรวบรวมข้อมูลและปรับปรุงหมวกแสงสีฟ้าให้มีความเหมาะสมพร้อมนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย

ตอนที่ 2 การทดลองระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัว
ของผู้มีอาการง่วงนอน



ภาพที่ 3-9 ขั้นตอนการทดลองระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้น
การตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน

จากภาพที่ 3-9 ขั้นตอนการทดลองระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง นิสิตที่กำลังเรียนอยู่ในมหาวิทยาลัยบูรพาปีการศึกษา 2562 เพศชายและเพศหญิง อายุระหว่าง 18-25 ปี คัดกรองกลุ่มตัวอย่างที่คุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 80 คน กำหนดขนาดตัวอย่างใช้โปรแกรม G*power เวอร์ชัน 3.1 การทดสอบตระกูล T-test กำหนดขนาดอิทธิพล (Effect Size) เท่ากับ 0.80 ความน่าจะเป็นความคลาดเคลื่อนในการทดสอบประเภทที่หนึ่ง (α) เท่ากับ 0.05 อำนาจการทดสอบ ($1-\beta$) เท่ากับ 0.95 อัตราส่วนการจัดสรรขนาดตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม (Allocation ratio) เท่ากับ 1 (Buchner, 2007) การคำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 35 คน df เท่ากับ 68 ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง 80 คน เพศชาย 40 คน เพศหญิง 40 คน โดยให้อาสาสมัครกรอกแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล พิจารณาตามเกณฑ์การคัดเข้า (Inclusions Criteria) เกณฑ์การคัดออก (Exclusions Criteria) ดังนี้

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria) มีดังนี้

1) สมัยครใจ และเต็มใจในการเข้าร่วมการทดลอง โดยลงนามในเอกสารยินยอมด้วยความสมัครใจ (Informed Consent Form)

2) ถนัดมือขวา ประเมินจากแบบสำรวจความถนัด ในการใช้มือของเอดินเบิร์ก (Edinburgh Handedness Inventory) พัฒนาโดย โอลฟิลด์ (Oldfield, 1971) และ รันซิล กับชาชเตอร์ (Ransil & Schachter, 1994)

3) เป็นนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพาชั้นปีที่ 1-4 เพศชายและเพศหญิง โดยมีอายุระหว่าง 20-25 ปี และมีสุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว หรือได้รับบาดเจ็บที่สมองหรือการผ่าตัดสมอง

4) ไม่มีการติดตั้งเครื่องกระตุ้นหัวใจด้วยไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ที่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้าภายในร่างกาย และมีความง่วงระดับ 5-6 ประเมินโดย Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)

5) มีชีพจรปกติ 60-100 ครั้งต่อนาที วัดได้จากอัตราการหายใจ จำนวนการหายใจต่อนาทีปกติประมาณ 16-20 ครั้งต่อนาที ความดันโลหิต พิจารณาจากความดันของหัวใจเมื่อหัวใจบีบตัวปกติ โดยมีค่าอยู่ที่ 90-139 mmHg และความดันหัวใจคลายตัว โดยมีค่าอยู่ที่ 60-89 mmHg วัดจากเครื่องวัดความดันโลหิต

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria) มีดังนี้

1) มีความง่วงน้อยกว่าที่กำหนด

2) มีปัญหาสุขภาพ หรืออาการเจ็บป่วย ที่ต้องได้รับการรักษาระหว่างการเข้าร่วมการวิจัย

3) ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ต่อเนื่อง

2. แบบแผนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ใช้รูปแบบแผนการทดลอง 4 Factor Posttest Design (Edmonds & Kennedy, 2017) โดยแบบแผนการทดลองแสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 แบบแผนการทดลอง 4 Factor Posttest Design

Group	Treatment	Posttest
1	T _{A1}	O _{B0,B1,B2,B3,B4,B5,B6} E
2	T _{A2}	O _{B0,B1,B2,B3,B4,B5,B6} E
3	T _{A3}	O _{B0,B1,B2,B3,B4,B5,B6} E
4	T _{A4}	O _{B0,B1,B2,B3,B4,B5,B6} E
Time >>>		

จากตารางที่ 3-2 แบบแผนการทดลอง 4 Factor Posttest Design ความหมายของสัญลักษณ์ คือ

T	หมายถึง	การทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง
A1	หมายถึง	กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า เป็นเวลา 0 นาที
A2	หมายถึง	กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า เป็นเวลา 10 นาที
A3	หมายถึง	กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า เป็นเวลา 20 นาที
A4	หมายถึง	กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า เป็นเวลา 30 นาที
O	หมายถึง	การวัดพฤติกรรมด้วย มาตรฐานระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)
B0	หมายถึง	การวัดพฤติกรรม ที่เวลา 0 นาที
B1	หมายถึง	การวัดพฤติกรรม ที่เวลา 10 นาที
B2	หมายถึง	การวัดพฤติกรรม ที่เวลา 20 นาที
B3	หมายถึง	การวัดพฤติกรรม ที่เวลา 30 นาที
B4	หมายถึง	การวัดพฤติกรรม ที่เวลา 40 นาที
B5	หมายถึง	การวัดพฤติกรรม ที่เวลา 50 นาที
B6	หมายถึง	การวัดพฤติกรรม ที่เวลา 60 นาที
E	หมายถึง	การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วย เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีรายละเอียด ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมการทดลอง ประกอบด้วย

3.1.1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ประกอบด้วย เพศ อายุ ชั้นปีการศึกษา ประวัติการเจ็บป่วย โรคประจำตัว ความถนัดของมือ การบาดเจ็บที่สมองหรือการผ่าตัดสมอง

3.1.2 มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS) เป็นแบบประเมินรายงานด้วยตนเองแต่ละระดับของอาการง่วงในเวลาานั้น มาตรวัดระดับของ Likert มีพัฒนาสองรุ่น ฉบับแรกพัฒนาโดย Akerstedt and Gillberg (1990) มี 9 ระดับความง่วง และฉบับปรับปรุงพัฒนาโดย Baulk, Reyner, and Horne (2001) มี 10 ระดับความง่วง ในงานวิจัยนี้ใช้มาตรวัดความง่วงต้นฉบับของ Akerstedt and Gillberg (1990) มี 9 ระดับ โดยใช้ตัวเลขกำกับระดับความง่วง ดังนี้

ตารางที่ 3-3 มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)

ตัวเลข	ต้นฉบับภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย
9	Extremely sleepy, fighting sleep	อยากนอนหลับ
8	Sleepy, some effort to keep alert	ง่วงนอนมาก
7	Sleepy, but no difficulty remaining awake	ง่วงนอน แต่ยังตื่นได้
6	Some signs of sleepiness	เริ่มหาว ต้องการนอน
5	Neither alert nor sleepy	ไม่ตื่นตัวหรือง่วงนอน
4	Rather alert	ค่อนข้างตื่นตัว
3	Alert	ตื่นตัว
2	Very alert	ตื่นตัวมาก
1	Extremely alert	ตื่นตัวอย่างมาก

Kaida et al. (2006) ได้วิจัย ตรวจสอบความตรงมาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS) กับประสิทธิภาพและตัวแปรที่ใช้วัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) พบว่า มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale (KSS) มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการวัดด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง EEG และตัวแปรพฤติกรรมซึ่งบ่งชี้ว่ามีความถูกต้องสูงในการวัดความง่วงนอน ดังนั้น มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS) นี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิจัยด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองและตัวชี้วัดพฤติกรรมความง่วงได้

3.1.3 เครื่องวัดความดันโลหิตที่ใช้เป็นเครื่องวัดแบบดิจิทัล ยี่ห้อ Omron ใช้วัดความดันโลหิตของกลุ่มทดลองก่อนเริ่มดำเนินการทดลอง เพื่อประเมินความพร้อมของร่างกาย

3.1.4 แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือของเอดินเบิร์ก (Edinburgh Handedness Inventory) พัฒนาโดยโอลฟิลด์ (Oldfield, 1971) และรันซิล กับซาชเตอร์ (Ransil. & Schachter., 1994) แบบสำรวจ มีจำนวน 10 ข้อ ประกอบด้วย การเขียน การวาด การขว้างปา การใช้กรรไกร การแปรงฟัน การใช้มีด (ไม่ใช่ซ่อม) การใช้ช้อน การใช้ไม้กวาด การแข่งขันที่ถนัด การเปิดฝากล่อง ในแต่ละข้อมีเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับ หากตอบว่าใช้ข้างขวาทุกครั้ง ได้ 10 คะแนน มักใช้ข้างขวาได้ 5 คะแนน, ใช้มือทั้งสองข้างเท่ากันได้ 0 คะแนน, มักใช้ข้างซ้ายได้ -5 คะแนน ใช้ข้างซ้ายทุกครั้ง ได้ -10 คะแนน และนำคะแนนรวมที่ได้ว่าถนัดแขนข้างใด โดยมีเกณฑ์ตัดสินความถนัดของแขน ดังนี้ การตัดสินว่าผู้ทดสอบถนัดข้างซ้ายหรือข้างขวาให้ดูจากคะแนนรวม หากได้คะแนนรวมช่วงคะแนน 80 ถึง 100 คือถนัดแขนขวา คะแนน -80 ถึง -100 คือถนัดซ้าย และคะแนน -75 ถึง 75 คือ ถนัดแขนทั้งสองข้าง แบบสำรวจนี้มีค่าความเที่ยง (Reliability) ของประเมินเท่ากับ 0.95 ผลจากการประเมินด้วยแบบสำรวจนี้หากมีคะแนนต่ำกว่า 80 คะแนนถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

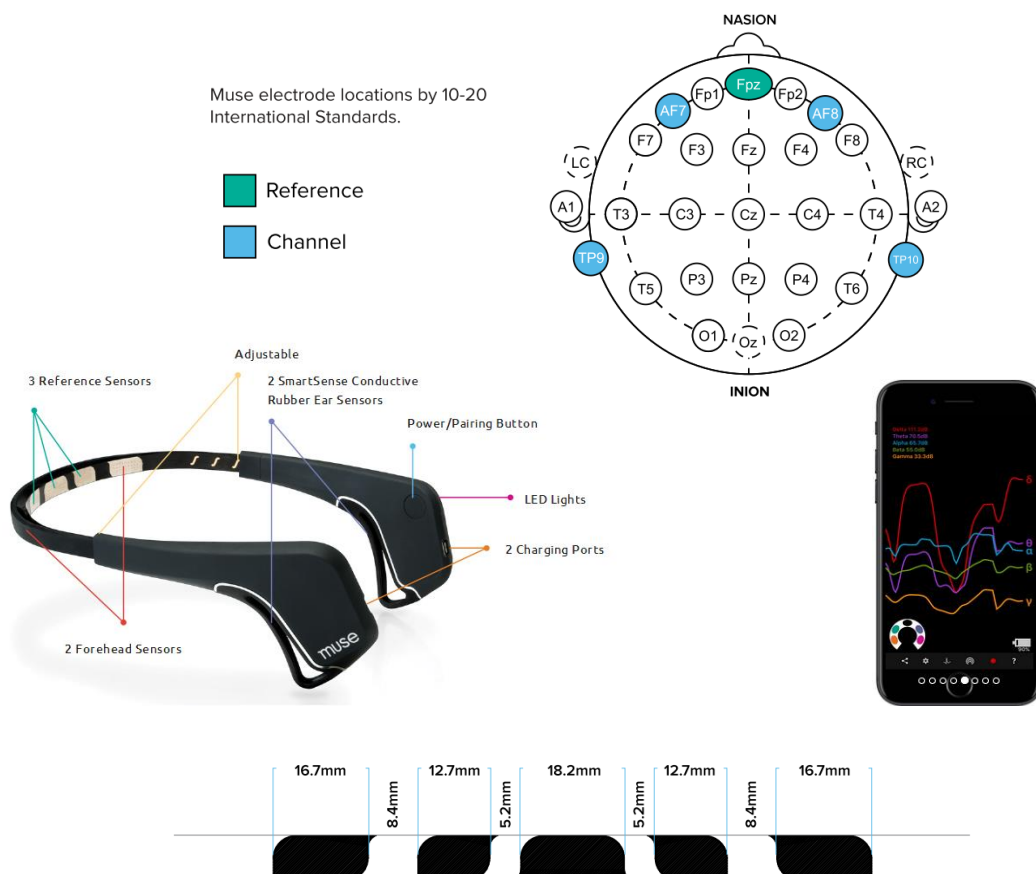
3.2.1 หมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน

3.2.2 เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse เป็นเครื่องวัดและบันทึกสัญญาณจากคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse ของบริษัท Interaxon Inc. ประเทศแคนาดา มีความสะดวกในการใช้งานทั้งภายในห้องปฏิบัติการและนอกสถานที่ โดยใช้ตำแหน่งอิเล็กโทรดระบบการวางอิเล็กโทรดมาตรฐาน 10-20 ตำแหน่งขั้วอิเล็กโทรดของช่อง AF7 และ AF8 ขึ้นอยู่กับขนาดศีรษะผู้ใหญ่โดยเฉลี่ยในขณะที่หูฟังของ Muse นั้นสามารถปรับได้ ใช้ Muse ในศีรษะที่เล็กกว่า หรือศีรษะที่ใหญ่ขึ้นอาจเปลี่ยนตำแหน่งของขั้วไฟฟ้า AF7 และ AF8 ตัวอย่าง เช่น บนศีรษะที่เล็กกว่าค่าเฉลี่ย AF7 อาจเข้าใกล้ F7 และ AF8 อาจเข้าใกล้ F8 ด้านล่างเป็นการวัดระหว่างขั้วไฟฟ้าช่องสัญญาณบนแถบพลาสติก ใช้เพื่อตรวจสอบว่ามีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในตำแหน่งอิเล็กโทรดขึ้นอยู่กับขนาดศีรษะที่ใช้วัด

Muse ตรวจพบกิจกรรมทางสมองที่หลากหลายและแปลงให้เป็นประสบการณ์ที่เข้าใจง่าย เครื่องมือบริการของ Muse แปลงสัญญาณสมองให้เป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันมากมาย เช่น เสียงการสนทนาที่ไม่น่าเป็นระยะ และเหตุการณ์ทางสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ชั่วคราว การประมวลผลสัญญาณ เทคนิคการเรียนรู้ของ Muse ถูกนำไปใช้กับส่วนประกอบสัญญาณสมองเพื่อควบคุมประสบการณ์แบบเรียลไทม์ ความสนใจในการบันทึกการแสดงภาพและสตรีมมิ่ง EEG และข้อมูลเซ็นเซอร์การเคลื่อนไหวด้วย Muse จากข้อมูลดิบและพลังของคลื่นความถี่ Muse สามารถใช้ร่วมกับ Muse Direct สำหรับระบบปฏิบัติการ iOS Muse Direct สามารถใช้สำหรับแอปพลิเคชัน

เช่น Neurofeedback Muse สามารถเข้าถึงได้อย่างง่าย เป็นแบบไร้สาย (Bluetooth), น้ำหนักเบา, ยืดหยุ่น, ปรับได้และง่ายตายในการสวมใส่ รวมถึงการตั้งค่าน้อยกว่าหนึ่งนาที่ Muse ใช้สองช่องทาง ด้านซ้ายและสองช่องทางด้านขวาดังนั้นจึงเหมาะสำหรับการสำรวจครึ่งซีกความไม่เท่าเทียม Muse มีพอร์ต micro-USB สองพอร์ตที่ด้านหลังของฝั่งหู ซึ่งสามารถใช้เป็นขั้วไฟฟ้าเสริมได้สองตัวแบบ ขั้วไฟฟ้าเหล่านี้สามารถใช้ในการวัด EMG, ECG หรือ EEG ในพื้นที่อื่น ๆ ของศีรษะหรือร่างกาย

การบันทึกข้อมูลโดยการกำหนดเป็นมาตรฐานรูปแบบไฟล์ CSV (Comma Separated Values) ข้อมูลจะเริ่มต้นที่เกือบทุก ๆ วินาที ข้อมูลจากการบันทึกจะเป็นค่าสัมบูรณ์ (Absolute) ข้อมูลดิบ ข้อมูลแหล่งอ้างอิง เป็นต้น



ภาพที่ 3-10 เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse (Muse, 2018)

3.2.3 เครื่องมือวัดความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)

3.2.4 เครื่องมือวัดความสว่างแสง (ลักซ์มิเตอร์)

3.2.5 โทรศัพท์มือถือที่มีระบบปฏิบัติการ Android

3.2.6 โปรแกรม Muse monitor

โปรแกรม Muse monitor เป็นโปรแกรมที่เชื่อมต่อกับ เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse โดยจะแสดงกราฟคลื่นไฟฟ้าสมองตามเวลาจริง ผ่านการเชื่อมต่อแบบไร้สาย (Bluetooth) โดยมีความสามารถส่งผ่านข้อมูลได้หลากหลาย ทั้งผ่านคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ ผ่านโปรแกรมอำนวยความสะดวกบนเว็บไซต์ (App) หรือแบ่งปันข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ 3-11 โปรแกรม Muse monitor

ที่มา: https://musemonitor.com/Technical_Manual.php#help_horseshoe

การใช้งานโปรแกรม Muse monitor

- 1) Download โปรแกรม จากเว็บไซต์ผู้ผลิต <https://musemonitor.com/> ซึ่งผู้ผลิตจะให้เลือกแหล่งที่จะทำการ Download มีค่าลิขสิทธิ์การใช้โปรแกรม 500 บาท จากนั้นทำการติดตั้งในคอมพิวเตอร์ หรือ บนโทรศัพท์มือถือ
- 2) หลังจากติดตั้งโปรแกรมเรียบร้อย เปิดใช้งานเครือข่ายไร้สาย (Bluetooth) ของโทรศัพท์มือถือ และเปิดโปรแกรม Muse monitor จากนั้นเปิดเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse โปรแกรมจะทำการเชื่อมต่อกันระหว่าง เครื่องบันทึกไฟฟ้าสมองและ Muse monitor
- 3) โปรแกรมจะตรวจสอบ การสวมใส่เครื่องบันทึกไฟฟ้าสมอง แถบคาดศีรษะใส่ถูกต้องหรือไม่ จากมอนิเตอร์รูปเกือกม้า (Horseshoe) เพื่อให้ได้รับสัญญาณที่ดีที่สุด กรณีที่สัญญาณเป็นสีทึบหรือเต็มพื้นที่ในวงรีแสดงว่าการเชื่อมต่อที่ดี ในทางกลับกันถ้าสีในพื้นที่ว่างหรือไม่เต็ม แสดงว่าการเชื่อมต่อไม่ดีหรือไม่มีการเชื่อมต่อ ต้องปรับแก้ไขโดยการขยับเครื่องบันทึกไฟฟ้าสมองให้หน้าสัมผัสกับพื้นผิวหน้าผาก
- 4) เมื่อสัญญาณได้รับการเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้ว ก็กำหนดค่าต่าง ๆ ที่ต้องการบันทึก และการส่งไฟล์ไปยังแหล่งเก็บข้อมูลต่าง ๆ

4. วิธีการดำเนินการทดลอง

4.1 ระยะเตรียมการ มีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1 ประกาศรับนิสิตอาสาสมัครเข้าร่วมการทดลอง โดยติดประกาศรับสมัครที่บอร์ดประชาสัมพันธ์ของคณะต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยบูรพา

4.1.2 นัดหมายและดำเนินการประชุมนิสิตอาสาสมัครเข้าร่วมการทดลอง

4.1.3 นัดหมายกลุ่มทดลองเพื่ออธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งแจ้งสิทธิ์ของกลุ่มทดลองให้ทราบ จากนั้นให้กลุ่มทดลองกรอกแบบฟอร์มแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และตอบแบบสอบถาม ตรวจสอบคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเลือกเข้าและเกณฑ์คัดออก จำนวน 3 ชุด ประกอบด้วย 1) แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ ชั้นปีการศึกษา โรคประจำตัว ประวัติการใช้ยา และประวัติการเจ็บป่วยที่บริเวณศีรษะ 2) แบบประเมินความถนัดการใช้มือของเอดินเบิร์ก

ชี้แจงวิธีการทดลองกับกลุ่มทดลอง การปฏิบัติตัวเพื่อเตรียมตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง การปฏิบัติตัวขณะทดลอง ตลอดช่วงระยะระหว่างการทดลอง นัดวัดเวลาในการดำเนินการทดลอง ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2562 ถึงวันที่ 30 ตุลาคม 2562

4.2 ระยะทดลอง

4.2.1 ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ "ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา" วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา กลุ่มทดลองตามวันเวลาที่นัดหมาย

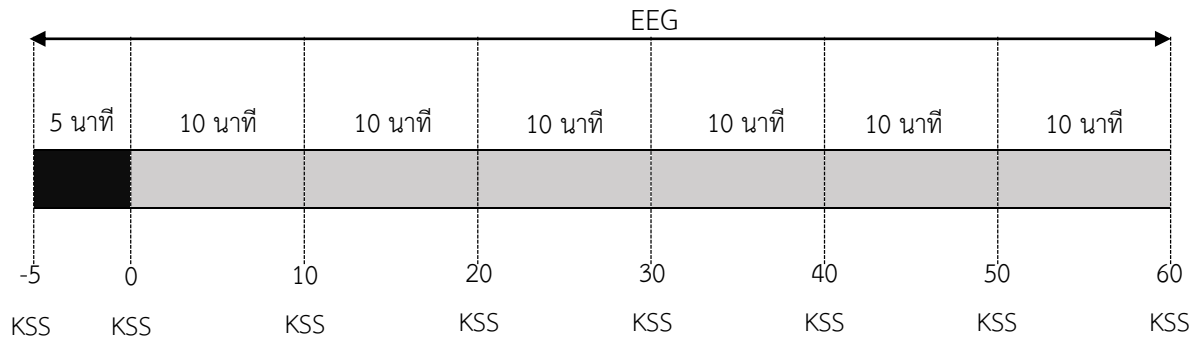
4.2.2 ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1) การเตรียมตัวก่อนทดลอง ให้กลุ่มทดลองอดนอนหนึ่งคืนก่อนทดลอง และเมื่อกลุ่มทดลองเดินทางมาถึงห้องปฏิบัติการ ให้นั่งพักตามสบาย เมื่อกลุ่มทดลองพร้อม เริ่มประเมินระดับความง่วง ผู้วิจัยใส่อุปกรณ์ และเครื่องมือการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมองกับกลุ่มทดลอง ได้แก่ การสวมเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse และการเชื่อมต่อสัญญาณกับโปรแกรม Muse monitor ในอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ และการตรวจสอบระบบก่อนการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง ไปยัง Email

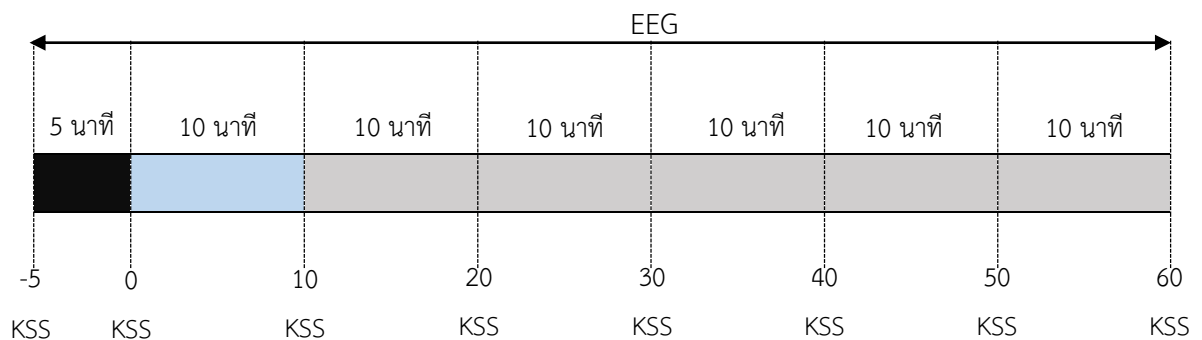


ภาพที่ 3-12 การสวมใส่เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse และสวมหมวกแสงสีฟ้า

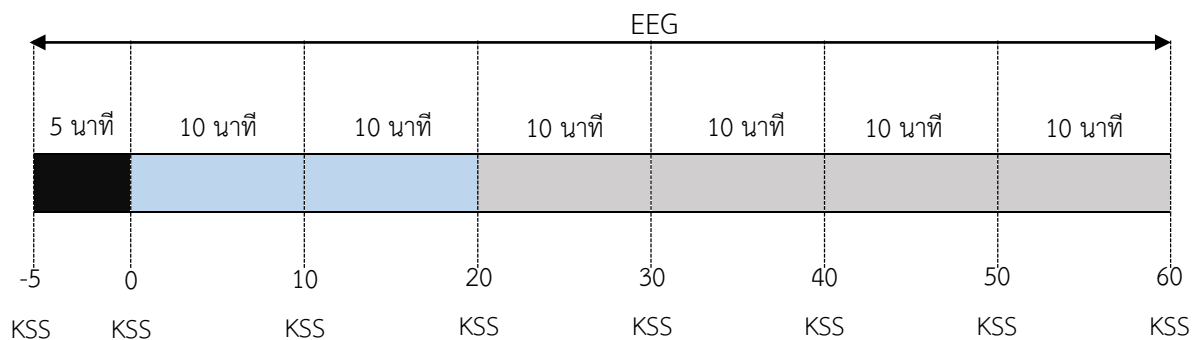
2) การทดลองระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน กับกลุ่มตัวอย่าง โดยทำกิจกรรมนั่งนิ่ง ๆ แล้วจะทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองตลอดเวลา และประเมินความง่วงเป็นช่วง ๆ ละ 10 นาที โดยใช้มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS) ดังภาพที่ 3-13 ถึง ภาพที่ 3-16



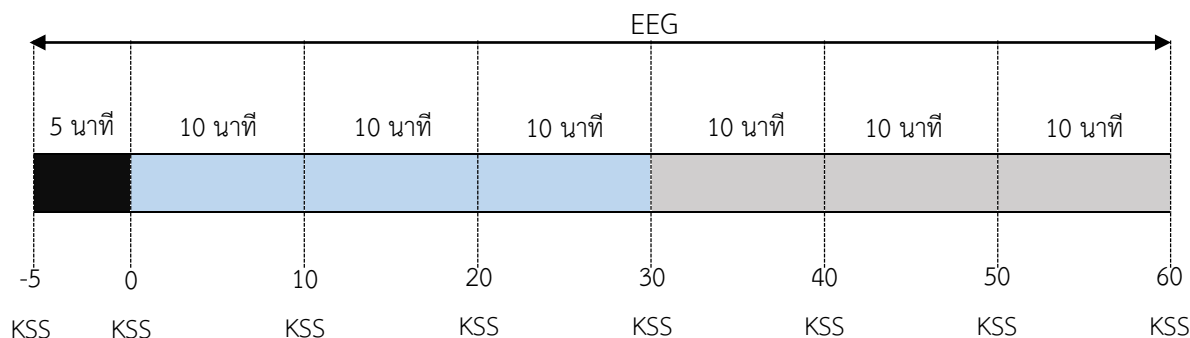
ภาพที่ 3-13 แสดงขั้นตอนการทดลองกลุ่มควบคุมที่รับแสงสีฟ้า 0 นาที



ภาพที่ 3-14 แสดงขั้นตอนการทดลองกลุ่มทดลองที่รับแสงสีฟ้า 10 นาที



ภาพที่ 3-15 แสดงขั้นตอนการทดลองกลุ่มทดลองที่รับแสงสีฟ้า 20 นาที



ภาพที่ 3-16 แสดงขั้นตอนการทดลองกลุ่มทดลองที่รับแสงสีฟ้า 30 นาที

3) หลังการทดลอง ให้กลุ่มทดลองนั่งพักเพื่อปรับอารมณ์ให้คงที่

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ดังนี้

5.1 ผู้วิจัยรวบรวมสรุปผลการคัดกรองมหาวิทยาลัยบูรพาแต่ละคน โดย มีนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพาที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกที่กำหนดและยินดีเข้าร่วมการวิจัย ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกและลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 80 คน

5.2 ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ “ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา” วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ตามวันเวลาที่กำหนดไว้

5.3 รวบรวมข้อมูลและประมวลผลคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG Signal Processing) และค่าการตื่นตัวจากมาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS) ก่อน ระหว่าง และหลังได้รับแสงสีฟ้า

5.4 เก็บรวบรวมข้อมูล สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองในรูปแบบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) โดยข้อมูลสัญญาณวัดได้จาก เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse การบันทึกข้อมูลโดยการกำหนดเป็นมาตรฐานรูปแบบไฟล์ CSV (Comma Separated Values) ข้อมูลจะเริ่มบันทึกเกือบทุก ๆ วินาที ข้อมูลจากการบันทึกจะเป็นค่าสัมบูรณ์ (Absolute) จากนั้นจะส่งข้อมูลไปผ่านเครือข่ายสัญญาณไร้สาย (Bluetooth) ไปยังโปรแกรมสำเร็จรูป Muse Monitor เพื่อทำการบันทึกข้อมูล และจัดเก็บข้อมูลหรือส่งต่อข้อมูลไปยังอีเมล โดยใช้นามสกุล .CSV จากนั้นนำข้อมูลความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Excel ขั้นตอนการดำเนินการดังภาพที่ 3-17



ภาพที่ 3-17 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมอง

5.4.1 เลือกข้อมูลที่อยู่ในช่วงเวลาของการวัดที่เวลาการทดลอง นำข้อมูลของตัวอย่างแต่ละคนมารวบรวมจุดเริ่มต้นการวัด จากนั้นเพิ่มไปที่ละ 5 นาที จนถึง 60 นาที เพื่อกำหนดเวลาสำหรับเลือกข้อมูลช่วงเวลานั้น ๆ ของแต่ละตัวอย่าง

subject	Time														
	Bestline	10 second	20 second	30 second	40 second	50 second	60 second								
1	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00
2	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00
3	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00
4	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00
5	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00
6	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00
7	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00
8	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00
9	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00
10	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00	0:05:00

ภาพที่ 3-18 ขั้นตอนกำหนดจุดเริ่มต้นการวัดและการวัดแต่ละช่วงการทดลอง

5.4.2 เก็บข้อมูลตัวอย่างตามช่วงเวลาที่กำหนด เช่น ตัวอย่างที่ 4 ที่เวลาวัด 10 นาที ข้อมูลที่ได้คือ 0.35352117, 0.35352117, 0.7859488, 0.79880613 จากนั้นนำข้อมูลไปสรุปรวมทุกตัวอย่างที่เวลาวัด 10 นาที ดังภาพที่ 3-19

	A	B	C	D	E	F
1172	57:31.6	0.056641337	0.05664134	0.540766	0.79880613	
1173	57:32.6	0.1738349	0.1738349	0.16629744	0.79880613	
1174	57:33.2		0			
1175	57:33.6	0.10935249	0.10935249	0.10855033	0.79880613	
1176	57:33.9		0			
1177	57:34.7	0.10935249	0.10935249	0.10855033	0.79880613	
1178	57:35.7	0.35352117	0.35352117	0.7859488	0.79880613	
1179	57:35.8		0			
1180	57:36.7	0.9656497	0.9656497	0.5390076	0.79880613	
1181	57:37.8	0.6649571	0.6649571	0.6286383	0.79880613	
1182	57:38.8	0.40226614	0.40226614	0.86608535	0.79880613	

	A	B	C	D	E	F
1	Subject	Alpha_AF7	Alpha_AF8	Beta_AF7	Beta_AF8	
2	1	-0.20686582	-0.03334786	0.026362257	-0.05800597	
3	2	-0.24714021	0.30963787	0.43526915	0.61280864	
4	3	0.3356118	0.36830312	0.2941613	-0.09159584	
5	4	0.35352117	0.35352117	0.7859488	0.79880613	
6	5	0	0.03035978	0	0.10349274	
7	6	0.9436561	-0.21127045	1.3916663	-0.3726557	
8	7	-3.4889655	-0.32325983	-3.1503952	-0.41299167	
9	8	0.33458623	0.4085601	0.013066137	0.7954026	
10	9	-0.14697486	0.17817114	-0.6230653	-0.2028541	
11	10	-0.6687596	-0.25157025	0.38480777	0.64717126	
12	11	0.246967133	0.329712655	0.461718252	0.55091767	

ภาพที่ 3-19 ขั้นตอนการรวมข้อมูลแต่ละช่วงการวัด

5.4.3 รวบรวมข้อมูลทุกการวัด เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

โดยข้อมูลที่ได้นำมาจากตัวอย่างการทดลอง 80 คน แยกเป็น 4 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1	รับแสงสีฟ้า 0 นาที เวลาวัด 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 นาที	140 ข้อมูล
กลุ่มที่ 2	รับแสงสีฟ้า 10 นาที เวลาวัด 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 นาที	140 ข้อมูล
กลุ่มที่ 3	รับแสงสีฟ้า 20 นาที เวลาวัด 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 นาที	140 ข้อมูล
กลุ่มที่ 4	รับแสงสีฟ้า 30 นาที เวลาวัด 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 นาที	140 ข้อมูล

จำนวนข้อมูลทั้งหมด 560 ข้อมูล การจัดการข้อมูลดังภาพ 4-20

รับแสง	วัด	เลขที่	Alpha AF7	Alpha AF8	Beta AF7	Beta AF8	Beta / Alpha AF7	Beta / Alpha AF8	วัด	รับแสง	Alpha AF7	Alpha AF8
1	1	1	-3.35	-0.09	-3.43	-0.08	0.98	1.14	1	1	-0.13	0.
3	1	2	0.16	0.33	-0.22	-0.47	-0.70	-0.71	2	1	0.35	0.
4	1	3	0.31	0.39	0.65	0.05	0.48	8.51	3	1	0.20	0.
5	1	4	0.02	-0.25	-0.33	-0.26	-0.06	0.93	4	1	-0.26	0.
6	1	5	-0.26	-0.18	-0.55	-0.46	0.47	0.39	5	1	0.18	0.
7	1	6	0.24	0.17	0.11	0.29	2.12	0.57	6	1	0.34	0.
8	1	7	0.94	0.79	1.00	0.81	0.94	0.98	7	1	0.45	0.
9	1	8	0.16	0.33	-0.22	-0.47	-0.70	-0.71	1	2	-0.41	0.
10	1	9	-3.35	-0.09	-3.43	-0.08	0.98	1.14	2	2	0.47	0.
11	1	10	0.37	0.19	-0.56	0.11	-0.67	1.80	3	2	-0.02	0.
12	1	11	0.31	0.33	0.65	-0.06	0.48	-5.53	4	2	-0.02	0.
13	1	12	-0.19	-0.28	-0.31	-0.30	0.61	0.94	5	2	0.00	-0.
14	1	13	-0.26	-0.18	-0.55	-0.46	0.47	0.39	6	2	-0.09	-0.
15	1	14	0.24	0.17	0.11	0.29	2.12	0.57	7	2	0.22	0.
16	1	15	0.94	0.79	1.00	0.81	0.94	0.98	1	3	-0.06	0.
17	1	16	0.27	0.35	0.31	0.54	0.87	0.65	2	3	0.35	0.
18	1	17	-0.46	-0.24	-0.67	-0.63	0.69	0.38	3	3	0.42	0.

ภาพที่ 3-20 ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการวัดทั้งหมด

5.4.4 นำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล มีรายละเอียด

6.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยโปรแกรม SPSS

6.2 วิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรตาม คือ คลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) และการตื่นตัวจากมาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS) ด้วยสถิติ 2-way ANOVA ด้วยโปรแกรม SPSS

6.3 วิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองใช้การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ใช้แบบแผนการทดลองแบบ 4 Factor Posttest Design มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน 2) เปรียบเทียบการตื่นตัวด้วยมาตรวัดระดับความง่วง KSS ที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน โดยเปรียบเทียบผลการตื่นตัวภายในกลุ่มทดลองและระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที 3) เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) โดยเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ความถี่อัลฟา (Alpha) ความถี่เบต้า (Beta) ดัชนีอัตราส่วนความถี่เบต้าต่ออัลฟา (Beta/Alpha) ภายในกลุ่มทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที 4) วิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมองการนำเสนอผลการวิจัยแบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลของการพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน

ตอนที่ 2 ผลเปรียบเทียบผลการตื่นตัวด้วยแบบประเมิน KSS ที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกัน ในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบผลการตื่นตัว ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที

ส่วนที่ 3 เปรียบเทียบผลการตื่นตัว ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที

ตอนที่ 3 ผลเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกัน ในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน

ส่วนที่ 1 เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที

ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

n	หมายถึง	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
\bar{X}	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)
SD	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
df	หมายถึง	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)
p	หมายถึง	ค่าความน่าจะเป็น (Probability)
SS	หมายถึง	ผลรวมคะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละตัวยกกำลังสอง (Sum of Square)
MS	หมายถึง	ความแปรปรวน (Mean of Square)
F	หมายถึง	การทดสอบเอฟ
t	หมายถึง	การทดสอบที
$Sig.$	หมายถึง	ค่าความน่าจะเป็นที่คำนวณได้จากค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ
AF7	หมายถึง	ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7 ของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse บริเวณด้านหน้าข้างซ้าย Frontal Lobe
AF8	หมายถึง	ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7 ของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse บริเวณด้านหน้าข้างขวา Frontal Lobe
Alpha	หมายถึง	สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ช่วงความถี่ 8-12 Hz
Beta	หมายถึง	สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ช่วงความถี่ 12-30 Hz
✓	หมายถึง	สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย
✗	หมายถึง	ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย
**	หมายถึง	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
*	หมายถึง	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน

การพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน มีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาคุณสมบัติ LED สำหรับแสงสีฟ้า พบว่าคุณสมบัติ LED ของบริษัท VCC Lighting โมเดล 4304H6 Solid State LED Lamps High Brightness T-1 3/4 แสงสีฟ้า ขนาด 5 มิลลิเมตร ความยาวคลื่นช่วง 470 นาโนเมตร อยู่ในช่วง ความยาวคลื่น 465-495 นาโนเมตร ไม่มีรังสีอินฟราเรด และอุตราไวโอเลต Blue-Turquoise Light เป็นแสงสีฟ้าไม่เป็นอันตรายต่อสายตา

2. ตรวจสอบความสว่างแสงสีฟ้าของ LED โมเดล 4304H6 การทบทวนวรรณกรรมพบว่าการใช้ความสว่างของแสงสีฟ้า 40 lux คงที่ สามารถเพิ่มความตื่นตัวและฟังก์ชันการรับรู้ผ่านทาง Neuro pathways สามารถนำไปแก้ปัญหอาการง่วงนอน การตรวจสอบความสว่างแสงสีฟ้า โดยใช้เครื่องวัดแสง Lux meter Light Meter Illuminometer ระยะห่างหลอด LED และ Lux meter Light Meter กำหนด 5 เซนติเมตร การตรวจสอบพบว่า LED โมเดล 4304H6 ให้ความสว่างแสงสีฟ้าต่อหลอดประมาณ 5 lux ดังนั้นจะต้องใช้ LED โมเดล 4304H6 จำนวน 8 หลอด ถึงจะให้ความสว่างของแสงสีฟ้าได้ประมาณ 40 lux

3. ออกแบบวงจรไฟฟ้า โดยนำคุณสมบัติของ LED โมเดล 4304H6 ชัดจำกัดการทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดที่ 4.5 VDC และกระแสไฟฟ้าที่ 20 mA จำลองวงจรไฟฟ้า ทดสอบวงจรไฟฟ้าด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการออกแบบวงจรไฟฟ้าจะประกอบด้วย แบตเตอรี่ Alkaline ขนาด 9 Volt 550 mAh จำนวน 1 ก้อน สวิตช์ปิดเปิดไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 1 อัน ตัวต้านทาน 500 โอห์ม 1 วัตต์ จำนวน 8 ตัว LED โมเดล 4304H6 จำนวน 8 ตัว พิวส์แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 1 จำนวน 1 ตัว นำตัวต้านทานและ LED มาเชื่อมต่อเป็นวงจรไฟฟ้าอนุกรมจำนวน 8 ชุด จากนั้น นำมาเชื่อมต่อเป็นวงจรไฟฟ้าขนาน

4. กำหนดขนาดของแผงวงจร ตำแหน่งและระยะห่างของ LED ที่จะติดตั้งบนหมวก โดยมีระยะห่างของหลอด LED แต่ละหลอด ที่ 1.5 เซนติเมตร

5. สร้างวงจรไฟฟ้า LED ตามที่ได้ออกแบบ และประกอบเข้ากับหมวก

6. ตรวจสอบคุณภาพหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอนด้วยในห้องปฏิบัติการโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาการปัญญา ด้านวิทยาศาสตร์ และด้านวิศวกรรมไฟฟ้าส่องสว่าง ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละด้านของตัวชี้วัดคุณภาพหมวกแสงสีฟ้า ผ่านความเห็นผู้เชี่ยวชาญ เกินกว่าครึ่งทุกด้าน

7. นำหมวกสีฟ้าทดลองใช้กับอาสาสมัครซึ่งเป็นกลุ่มใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในการทดลองจำนวน 8 คน พบว่า ทุกคนสามารถใช้หมวกได้อย่างถูกต้อง สวมหมวกโดยไม่อึดอัด และไม่รู้สึกรบกวนกับสายตา การพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน และการใช้สำหรับการทำวิจัย ปรากฏดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 การพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าและการทดลอง

ตอนที่ 2 ผลเปรียบเทียบผลการต้นตัวด้วยแบบประเมิน KSS ที่ได้รับแสงสีฟ้า

ระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนิสิตที่กำลังเรียนอยู่ในมหาวิทยาลัยบูรพาปีการศึกษา 2562 เพศชายและเพศหญิง อายุระหว่าง 18-25 ปี คัดกรองกลุ่มตัวอย่างที่คุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 80 คน ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างปรากฏดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

	ลักษณะทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ			
	ชาย	40	50.00
	หญิง	40	50.00
อายุ			
	19	24	30.00
	20	16	20.00
	21	32	40.00
	22	4	5.00
	24	4	5.00
คณะ			
	รัฐศาสตร์และนิติศาสตร์	36	45.00
	วิทยาศาสตร์การกีฬา	20	25.00
	มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	16	20.00
	ดนตรีและการแสดง	8	10.00
ชั้นปีการศึกษา			
	ปีที่ 1	8	10.00
	ปีที่ 2	28	35.00
	ปีที่ 3	32	40.00
	ปีที่ 4	12	15.00

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ลักษณะทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
ความถนัดการใช้มือ		
ถนัดมือขวา	80	100.00
โรคประจำตัว		
ไม่มี	64	80.00
มี	16	20.00
การได้รับบาดเจ็บที่สมอง หรือผ่าตัดสมอง		
ไม่เคย	80	100.00
การเจ็บป่วยทางจิตเวช		
ไม่มี	76	95.00
มี	4	5.00
การรับประทานยา หรือผลิตภัณฑ์อาหารเสริม		
ไม่เคย	32	40.00
นาน ๆ ครั้ง	48	60.00
การมองเห็น		
ปกติ	64	80.00
ใส่แว่นตา	16	20.00
การได้ยิน		
ปกติ	80	100.00

จากตารางที่ 4-1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน การศึกษาพฤติกรรมโดยใช้เวลาวัดระดับความง่วง KSS และการศึกษาค้นคว้าไฟฟ้าสมอง เพศชาย 40 คน เพศหญิง 40 คน มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนที่คณะรัฐศาสตร์และนิติศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 40 ถนัดมือขวาร้อยละ 100 ไม่มีโรคประจำตัวร้อยละ 80 ไม่เคยการได้รับบาดเจ็บที่สมอง หรือผ่าตัดสมองร้อยละ 100 ไม่มีการเจ็บป่วยทางจิตเวชร้อยละ 95 รับประทานยา หรือผลิตภัณฑ์อาหารเสริม นาน ๆ ครั้งร้อยละ 60 การมองเห็นเป็นปกติร้อยละ 80 การได้ยินปกติร้อยละ 100

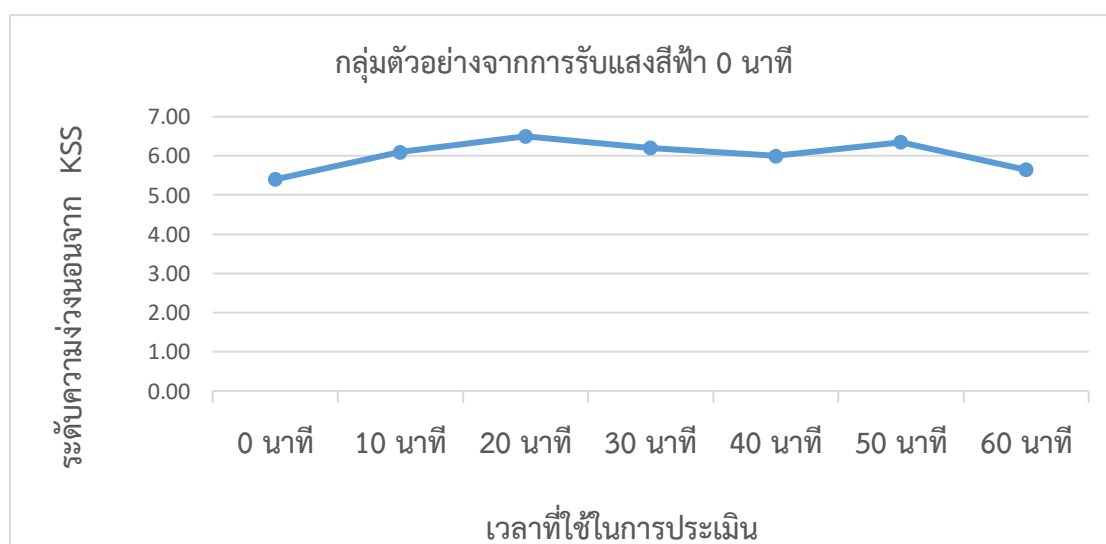
ส่วนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการตื่นตัวด้วยมาตรวัดระดับความง่วง KSS ที่ได้รับแสงสีฟ้า ระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน

การศึกษาพฤติกรรมการตื่นตัว ด้วยมาตรวัดระดับความง่วง KSS ที่ได้รับแสงสีฟ้า ระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน รายละเอียดดังตารางที่ 4-2 ถึง 4-6

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความง่วงนอนจาก KSS ของตัวอย่าง จำแนกตามการรับแสงสีฟ้า 0 นาที ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	SD.
0	5.40	1.90
10	6.10	1.55
20	6.50	1.98
30	6.20	1.79
40	6.00	1.89
50	6.35	1.75
60	5.65	1.75

จากตารางที่ 4-2 กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที มีค่าเฉลี่ยสูงสุดช่วงเวลาที่ 20 นาที เท่ากับ 6.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.98 และค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือช่วงเวลาที่ 60 นาที เท่ากับ 5.65 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.75 แสดงแนวโน้มระดับความง่วงนอนจากมาตรวัดระดับความง่วง KSS ดังภาพที่ 4-2

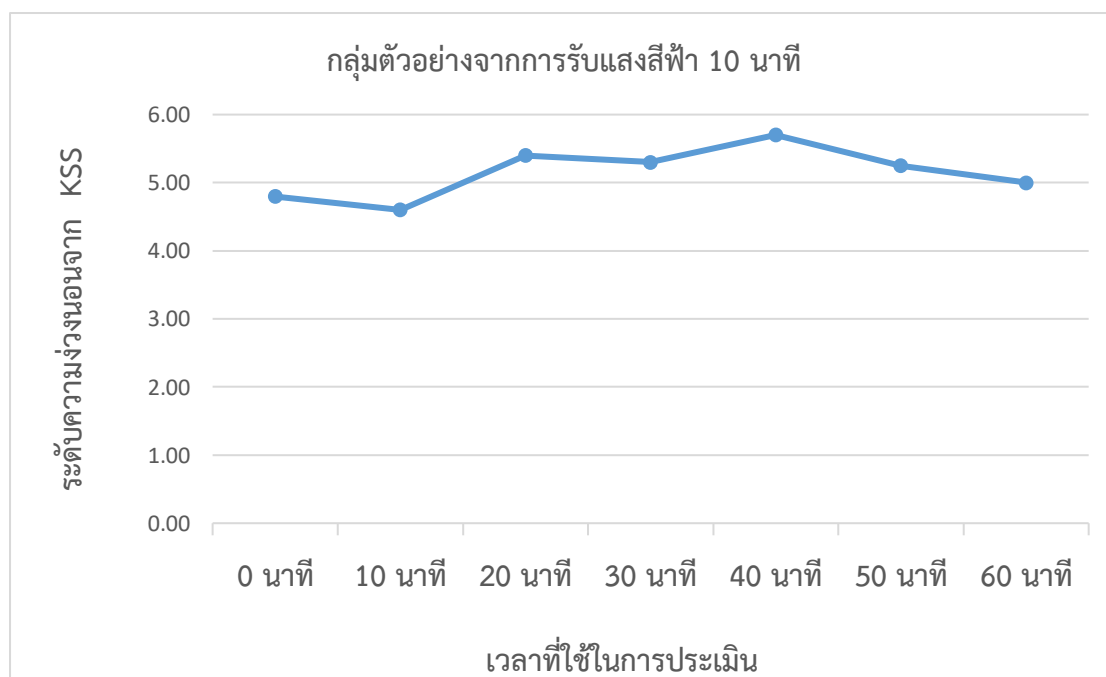


ภาพที่ 4-2 ระดับความง่วงนอน กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความง่วงนอนจาก KSS ของตัวอย่าง
จำแนกตามการรับแสงสีฟ้า 10 นาที ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	SD.
0	4.80	1.36
10	4.60	1.66
20	5.40	1.42
30	5.30	1.59
40	5.70	1.75
50	5.25	1.48
60	5.00	1.55

จากตารางที่ 4-3 กลุ่มตัวอย่างที่รับแสงสีฟ้า 10 นาที มีค่าเฉลี่ยสูงสุดช่วงเวลาที่ 40 นาที เท่ากับ 5.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.75 รองลงมาคือช่วงเวลาที่ 20 นาที เท่ากับ 5.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.42 และค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือช่วงเวลาที่ 10 นาที เท่ากับ 4.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.66 แสดงแนวโน้มระดับความง่วงนอนจากมาตรวัดระดับความง่วง KSS ดังภาพที่ 4-3

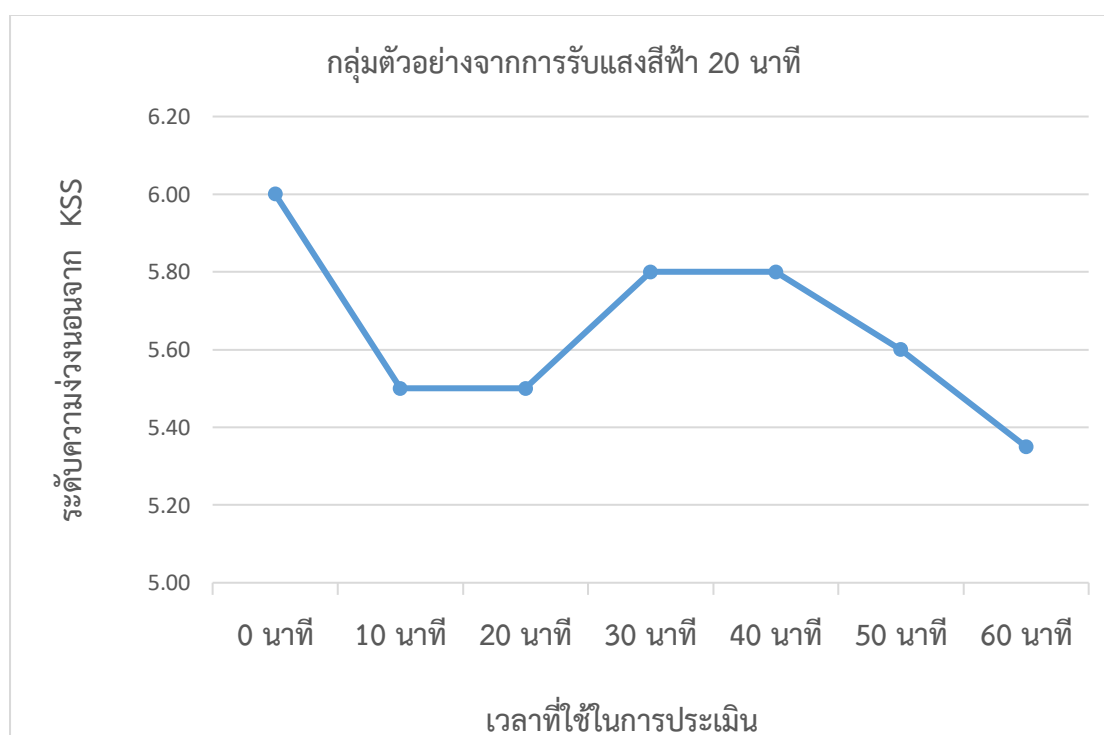


ภาพที่ 4-3 ระดับความง่วงนอน กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที

ตารางที่ 4-4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความง่วงนอนจาก KSS ของตัวอย่าง
จำแนกตามการรับแสงสีฟ้า 20 นาที ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	$SD.$
0	6.00	2.00
10	5.50	1.93
20	5.50	1.87
30	5.80	2.21
40	5.80	1.85
50	5.60	1.75
60	5.35	2.00

จากตารางที่ 4-4 กลุ่มตัวอย่างที่รับแสงสีฟ้า 20 นาที มีค่าเฉลี่ยสูงสุดช่วงเวลา 30 นาที และ 40 นาที เท่ากับ 5.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.21 และ 1.85 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ย น้อยที่สุดคือช่วงเวลา 60 นาที เท่ากับ 5.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.00 แสดงแนวโน้ม ระดับความง่วงนอนจากมาตรวัดระดับความง่วง KSS ดังภาพที่ 4-4

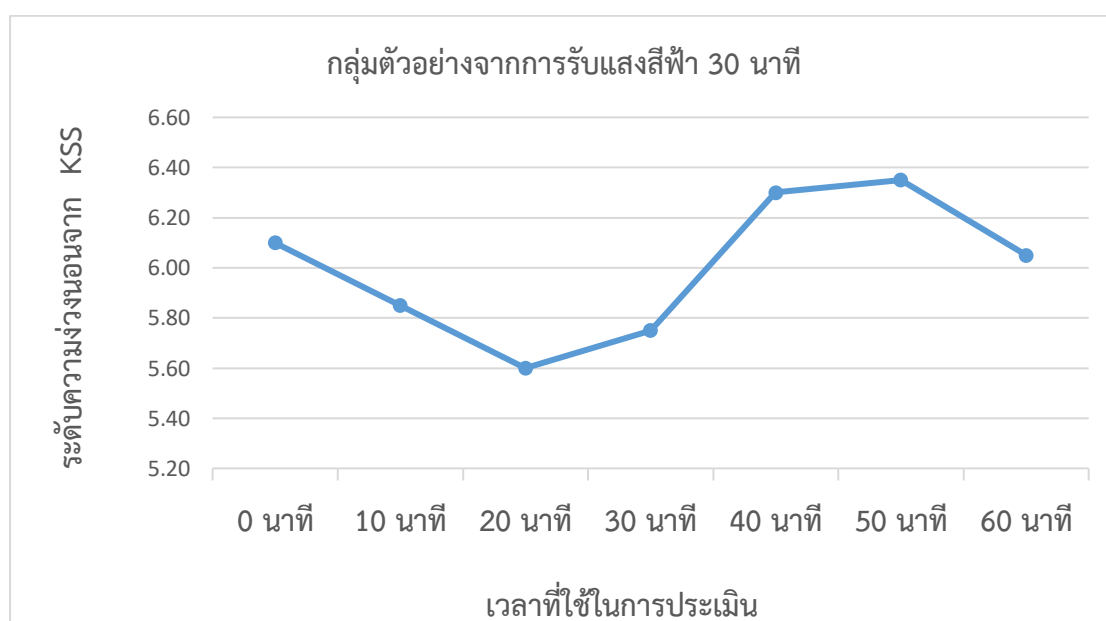


ภาพที่ 4-4 ระดับความง่วงนอน กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที

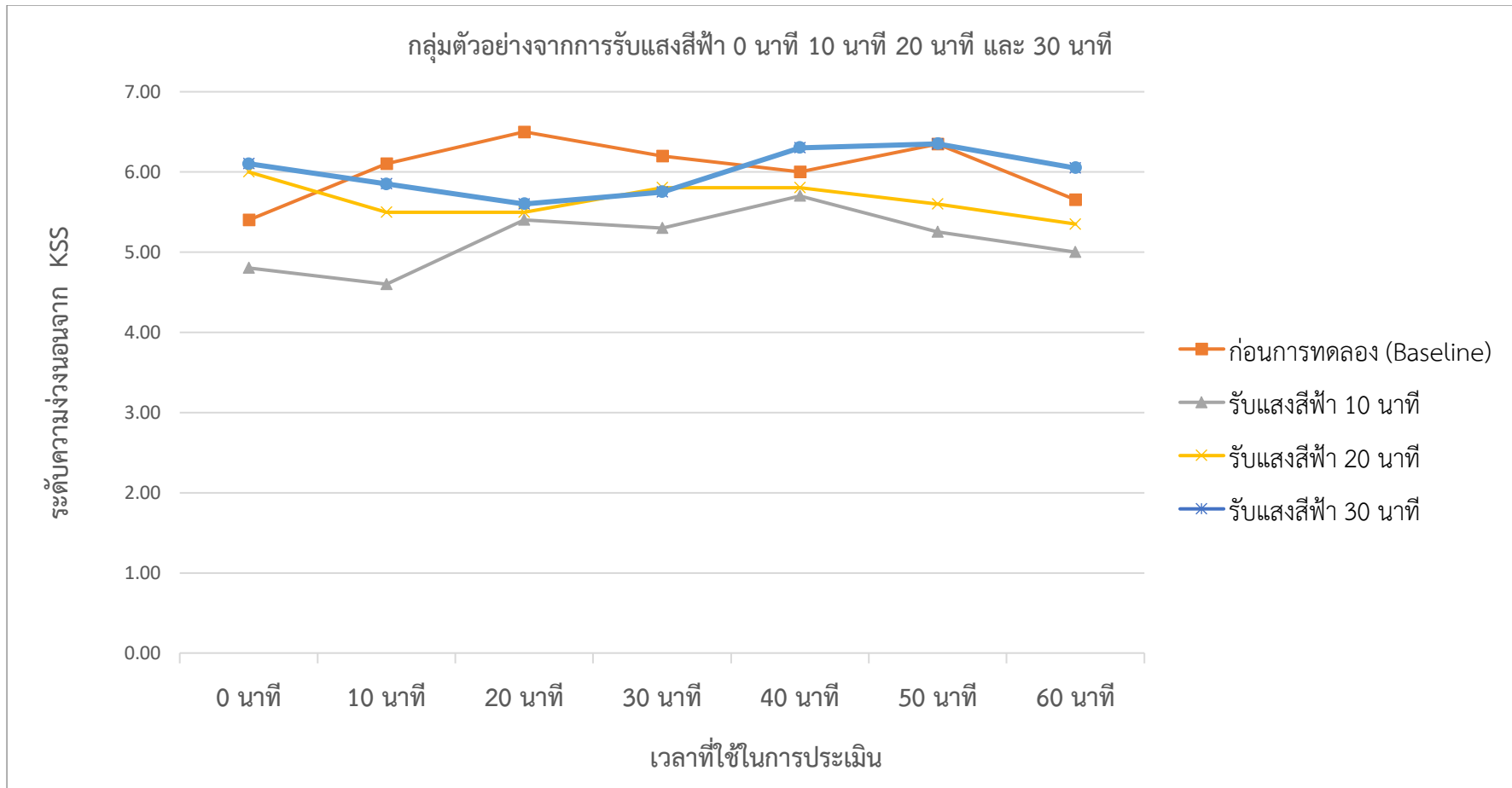
ตารางที่ 4-5 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความง่วงนอนจาก KSS ของตัวอย่าง
จำแนกตามการรับแสงสีฟ้า 30 นาที ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	SD.
0	6.10	1.68
10	5.85	1.59
20	5.6	1.5
30	5.75	2.48
40	6.3	1.83
50	6.35	1.89
60	6.05	1.73

จากตารางที่ 4-5 กลุ่มตัวอย่างที่รับแสงสีฟ้า 30 นาที มีค่าเฉลี่ยสูงสุดช่วงเวลาที่ 50 นาที เท่ากับ 6.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.89 รองลงมาคือช่วงเวลาที่ 40 เท่ากับ 6.30 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.83 และค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือช่วงเวลาที่ 20 นาที เท่ากับ 5.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.50 แสดงแนวโน้มระดับความง่วงนอนจากมาตรวัดระดับความง่วง KSS ดังภาพที่ 4-5 และแนวโน้มระดับความง่วงนอนจากมาตรวัดระดับความง่วง KSS โดยรวมทุกกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้า ดังภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4-5 ระดับความง่วงนอน กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที



ภาพที่ 4-6 ระดับความง่วงนอน กลุ่มตัวอย่างได้รับแสงสีฟ้า 0, 10, 20, 30 นาที

ส่วนที่ 3 เปรียบเทียบผลการตื่นตัวด้วยมาตรวัดระดับความง่วง KSS ที่ได้รับแสงสีฟ้า ระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน

1. เปรียบเทียบผลการตื่นตัว ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที จำแนกตามเวลาที่วัด 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที

ข้อมูลผลการเปรียบเทียบปรากฏดังตารางที่ 4-6 ถึง 4-8

ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที

ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างกลุ่ม	8.76	5	1.75	.54	.74
ภายในกลุ่ม	367.10	114	3.22		
รวม	375.86	119			

จากตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที พบว่า การตื่นตัวจากการวัดที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-7 การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที

ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างกลุ่ม	14.04	5	2.80	1.12	.35
ภายในกลุ่ม	285.75	114	2.50		
รวม	299.79	119			

จากตารางที่ 4-7 การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที พบว่า การตื่นตัวจากการวัดที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-8 การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที
ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที

แหล่งความแปรปรวน	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
ระหว่างกลุ่ม	3.24	5	.64	.17	.97
ภายในกลุ่ม	431.75	114	3.78		
รวม	434.99	119			

จากตารางที่ 4-8 การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที พบว่า การตื่นตัวจากการวัดที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-9 การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที
ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที

แหล่งความแปรปรวน	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
ระหว่างกลุ่ม	9.16	5	1.83	.52	.75
ภายในกลุ่ม	398.80	114	3.49		
รวม	407.96	119			

จากตารางที่ 4-9 การเปรียบเทียบการตื่นตัว จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที พบว่า การตื่นตัวจากการวัดที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ไม่แตกต่างกัน

2. เปรียบเทียบผลการตื่นตัว ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที จำแนกตามเวลาที่วัด 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที

ข้อมูลผลการเปรียบเทียบปรากฏดังตารางที่ 4-6 ถึง 4-8

ตารางที่ 4-10 การเปรียบเทียบการตื่นตัว ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที จำแนกตามเวลาที่วัด 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที

เวลาที่วัด	ตัวแปรที่ศึกษา	SS	df	MS	F	p
0 นาที	ระหว่างกลุ่ม	21.75	3	7.25	2.35	.07
	ภายในกลุ่ม	233.80	76	3.07		
	รวม	255.55	79			
10 นาที	ระหว่างกลุ่ม	25.83	3	8.61	3.00*	<.05
	ภายในกลุ่ม	218.15	76	2.87		
	รวม	243.98	79			
20 นาที	ระหว่างกลุ่ม	15.40	3	5.13	1.74	.16
	ภายในกลุ่ม	223.60	76	2.94		
	รวม	239.00	79			
30 นาที	ระหว่างกลุ่ม	8.13	3	2.71	.64	.58
	ภายในกลุ่ม	320.35	76	4.21		
	รวม	328.48	79			
40 นาที	ระหว่างกลุ่ม	4.20	3	1.40	.41	.74
	ภายในกลุ่ม	255.60	76	3.36		
	รวม	259.80	79			
50 นาที	ระหว่างกลุ่ม	18.33	3	6.11	2.04	.11
	ภายในกลุ่ม	227.65	76	2.99		
	รวม	245.98	79			
60 นาที	ระหว่างกลุ่ม	11.93	3	3.97	1.27	.29
	ภายในกลุ่ม	238.05	76	3.13		
	รวม	249.98	79			

จากตารางที่ 4-10 การตื่นตัว ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที จำแนกตามเวลาที่วัด 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อวัดที่ 10 นาที จึงทำการทดสอบความแตกต่างด้วยวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ Post Hoc Test

ตารางที่ 4-11 การวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นรายคู่ เมื่อทำการวัดที่เวลา 10 นาที ด้วยวิธี LDS

การวัดที่เวลา 10 นาที		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
ไม่ได้รับแสง	รับแสง 10 นาที	1.50*	.53	<.05
	รับแสง 20 นาที	.60	.53	.26
	รับแสง 30 นาที	.25	.53	.64
รับแสง 10 นาที	ไม่ได้รับแสง	-1.50*	.53	<.05
	รับแสง 20 นาที	-.90	.53	.09
	รับแสง 30 นาที	-1.25*	.53	<.05
รับแสง 20 นาที	ไม่ได้รับแสง	-.60	.53	.26
	รับแสง 10 นาที	.90	.53	.09
	รับแสง 30 นาที	-.35	.53	.51
รับแสง 30 นาที	ไม่ได้รับแสง	-.25	.53	.64
	รับแสง 10 นาที	1.25*	.53	<.05
	รับแสง 20 นาที	.35	.53	.51

จากตารางที่ 4-11 การเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ เมื่อทำการวัดที่เวลา 10 นาที ด้วยวิธีการของ LDS พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที และกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4-12 การเปรียบเทียบระหว่าง การได้รับแสงสีฟ้า และเวลาที่วัด

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
กลุ่มรับแสงสีฟ้า (0, 10, 20, 30 นาที)	62.17	3	20.72	6.37*	<.05
เวลาที่วัด	13.54	5	2.70	.83	.52
กลุ่มรับแสงสีฟ้า*เวลาที่วัด	21.67	15	1.44	.44	.96

จากตารางที่ 4-12 การเปรียบเทียบระหว่าง การได้รับแสงสีฟ้า และเวลาที่วัด พบว่า การได้รับแสงสีฟ้าในเวลาที่แตกต่างกัน (0 นาที, 10 นาที, 20 นาที, 30 นาที) มีผลต่อการตื่นตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนเวลาที่วัดไม่มีผลต่อการตื่นตัว และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง การได้รับแสงสีฟ้า และเวลาที่วัด

ตอนที่ 3 ผลเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน

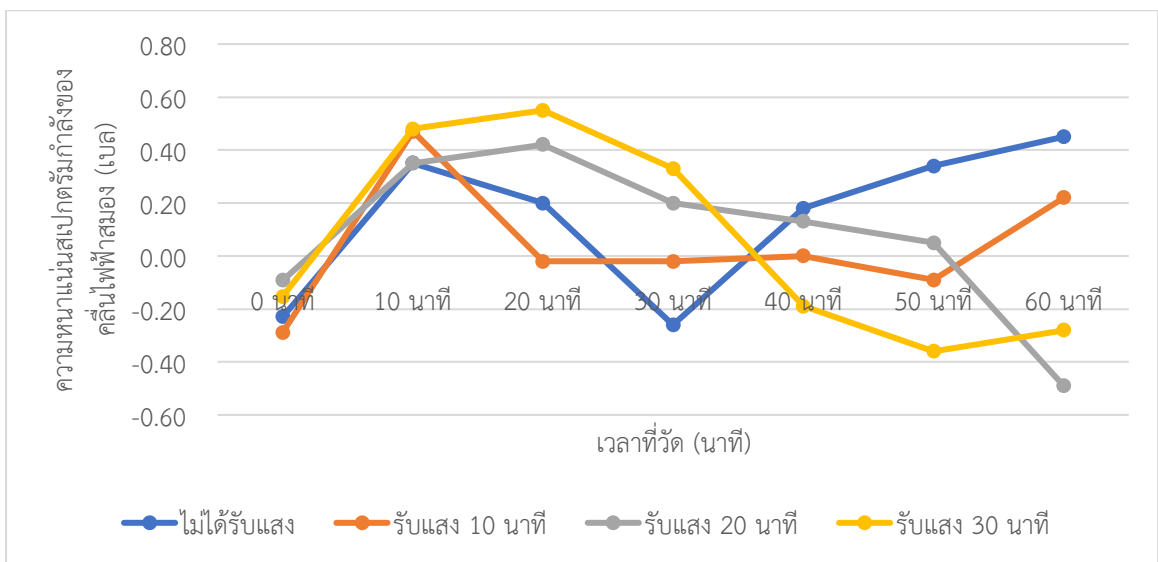
1. เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที ผลการวิจัยปรากฏดังตารางที่ 4-13 ถึง 4-31

ตารางที่ 4-13 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ความถี่ Alpha (n=80)

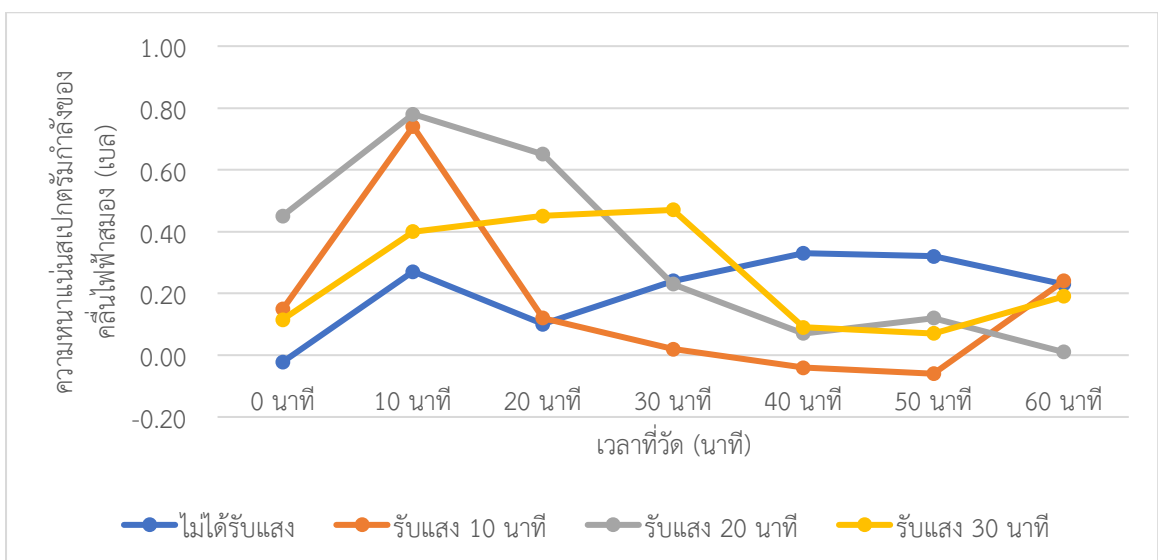
ตำแหน่ง	เวลาที่วัด	ช่วงเวลาที่ได้รับแสงสีฟ้า (นาที)							
		0		10		20		30	
		\bar{x}	SD.	\bar{x}	SD.	\bar{x}	SD.	\bar{x}	SD.
AF7	0	-0.23	1.23	-0.29	0.92	-0.09	0.90	-0.15	0.85
	10	0.35	0.33	0.47	0.42	0.35	0.92	0.48	0.67
	20	0.2	0.47	-0.02	0.78	0.42	0.43	0.55	0.33
	30	-0.26	1.77	-0.02	0.86	0.2	0.42	0.33	0.75
	40	0.18	0.86	0	0.81	0.13	0.49	-0.19	0.77
	50	0.34	0.39	-0.09	0.86	0.05	1.03	-0.36	0.96
	60	0.45	0.43	0.22	0.34	-0.49	1.51	-0.28	0.98
AF8	0	-0.02	0.45	0.15	0.42	0.45	0.58	0.11	0.96
	10	-0.02	0.33	0.78	0.34	0.65	0.6	0.49	0.73
	20	0.11	0.46	0.19	0.46	0.5	0.49	0.61	0.54
	30	0.02	0.4	0.06	0.43	0.2	0.58	0.35	0.82
	40	0.3	0.55	0.23	0.42	0.12	0.38	0.11	0.5
	50	0.11	0.45	0.27	0.41	0.1	0.34	0.25	0.52
	60	0.24	0.54	0.26	0.32	-0.21	0.24	0.37	0.31

จากตารางที่ 4-13 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ช่วงคลื่นความถี่อัลฟาที่ตำแหน่ง AF7 กลุ่มตัวอย่างไม่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.45 เบล ที่เวลา 60 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.47 เบล ที่เวลา 10 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด -0.49 เบล ที่เวลา 60 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.48 เบล ที่เวลา 10 นาที ดังภาพ 4-7

ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ช่วงคลื่นความถี่อัลฟาที่ตำแหน่ง AF8 กลุ่มตัวอย่างไม่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.24 เบล ที่เวลา 60 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.78 เบล ที่เวลา 10 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.65 เบล ที่เวลา 10 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.49 เบล ที่เวลา 10 นาที ดังภาพที่ 4-8



ภาพที่ 4-7 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองอัลฟา (Alpha) ตำแหน่ง AF7



ภาพที่ 4-8 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองอัลฟา (Alpha) ตำแหน่ง AF8

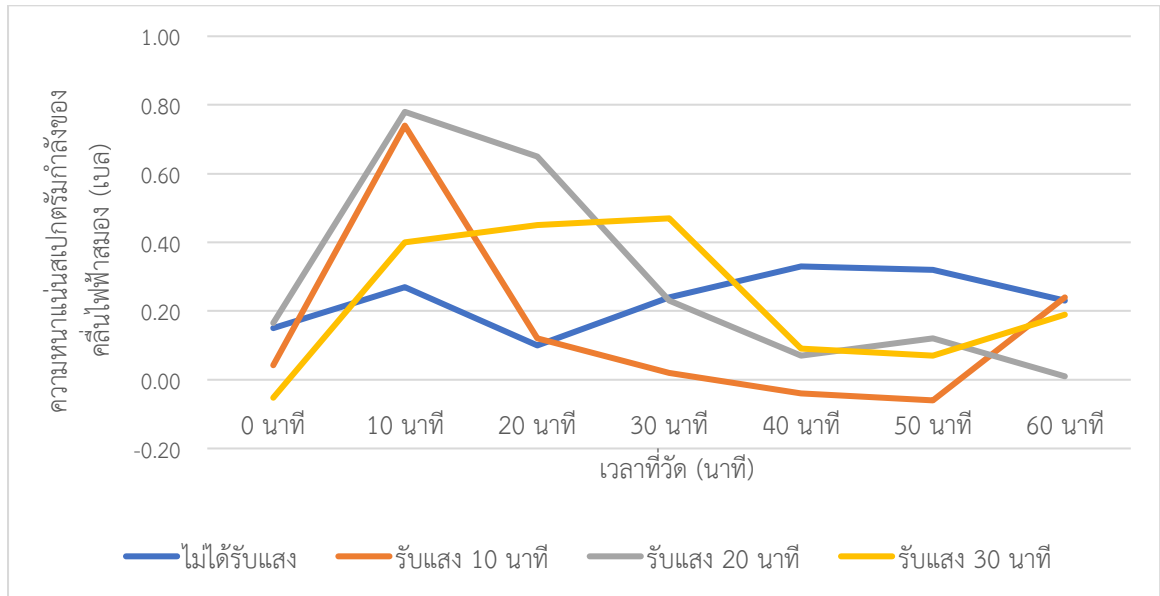
ตารางที่ 4-14 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ความถี่ Beta ($n=80$)

ตำแหน่ง	เวลาที่วัด	ช่วงเวลาที่ได้รับแสงสีฟ้า (นาทีก)							
		0		10		20		30	
		\bar{x}	SD.	\bar{x}	SD.	\bar{x}	SD.	\bar{x}	SD.
AF7	0	0.15	0.34	0.04	0.30	0.16	0.38	-0.05	0.80
	10	0.27	0.28	0.74	0.23	0.78	0.44	0.4	0.24
	20	0.1	0.38	0.12	0.37	0.65	0.23	0.45	0.41
	30	0.24	0.41	0.02	0.32	0.23	0.39	0.47	0.29
	40	0.33	0.32	-0.04	0.26	0.07	0.32	0.09	0.39
	50	0.32	0.28	-0.06	0.32	0.12	0.37	0.07	0.29
	60	0.23	0.34	0.24	0.33	0.01	0.25	0.19	0.22
AF8	0	0.59	0.82	-0.13	3.17	0.21	0.81	-0.28	1.01
	10	0.92	1.26	0.5	1.54	1.32	1.69	1.88	6.73
	20	0.2	3.73	0.07	1.74	1.54	3.11	-0.47	7.42
	30	-0.69	8.52	0.21	1.42	-4.19	8.84	0.85	1.21
	40	0.91	2.14	0.48	6.42	4.31	11.25	0.26	1.05
	50	0.47	1.77	0.16	6.01	6.87	13.81	0.08	0.95
	60	2.03	5.03	-1.02	5.89	0.88	0.19	-1.68	7.83

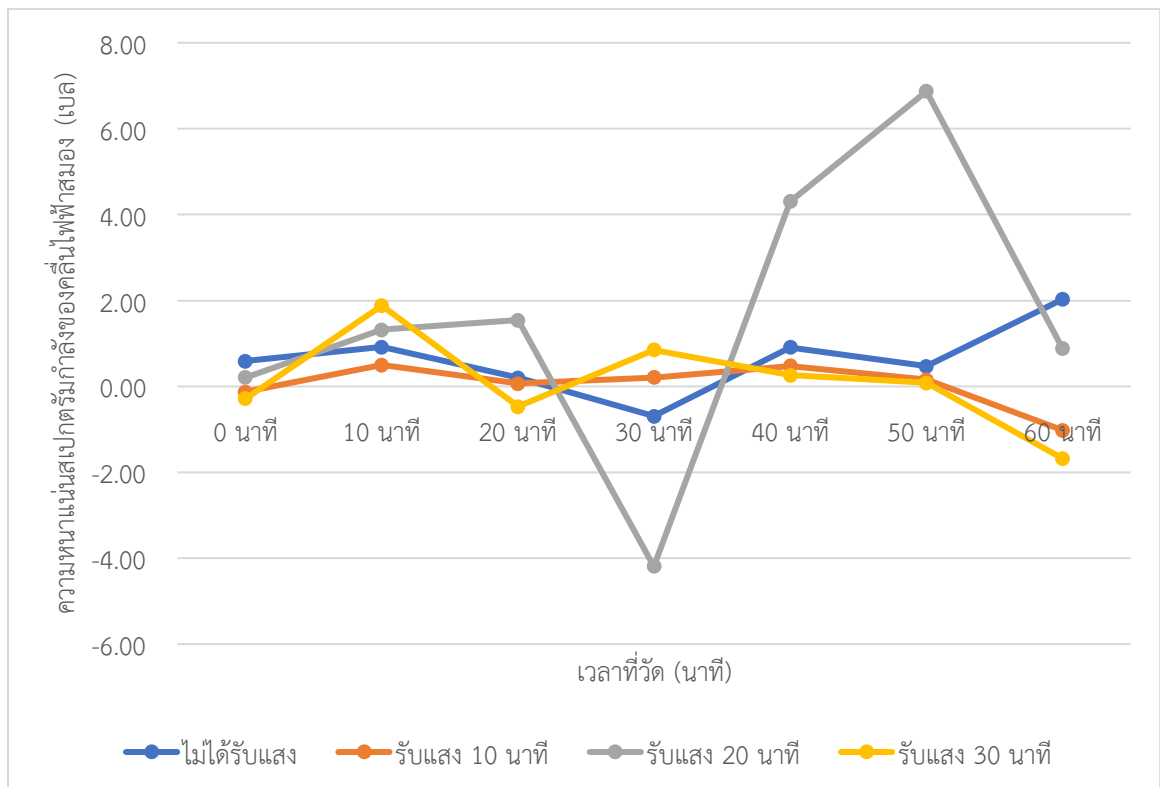
จากตารางที่ 4-14 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ช่วงคลื่นความถี่เบต้าที่ตำแหน่ง AF7 กลุ่มตัวอย่างไม่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.33 เบล ที่เวลา 40 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.74 เบล ที่เวลา 10 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.78 เบล ที่เวลา 10 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.47 เบล ที่เวลา 30 นาที ดังภาพ 4-9

ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ช่วงคลื่นความถี่เบต้าที่ตำแหน่ง AF8 กลุ่มตัวอย่างไม่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 0.92 เบล ที่เวลา 10 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด -1.02 เบล ที่เวลา 60 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองมากที่สุด 6.87 เบล ที่เวลา 50 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้า

สมองมากที่สุด 1.88 เบล ที่เวลา 10 นาที ดังภาพ 4-10



ภาพที่ 4-9 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองเบต้า (Beta) ตำแหน่ง AF7



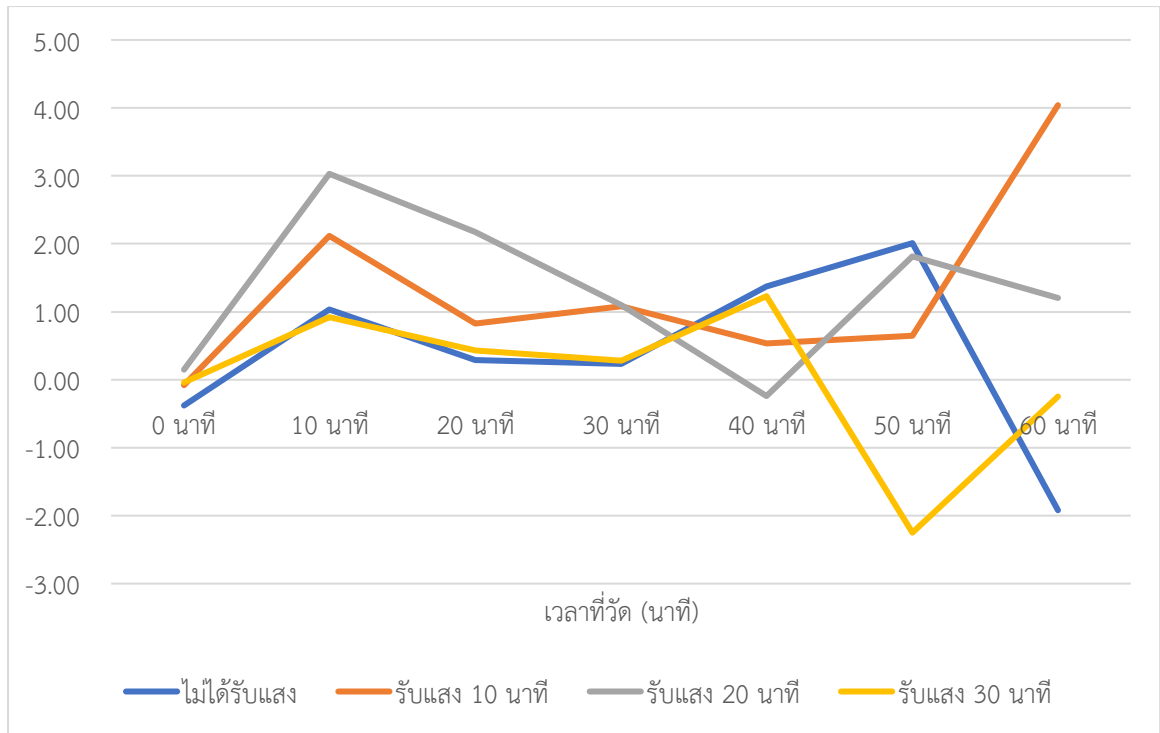
ภาพที่ 4-10 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองเบต้า (Beta) ตำแหน่ง AF8

ตารางที่ 4-15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ดัชนี Beta/Alpha ($n=80$)

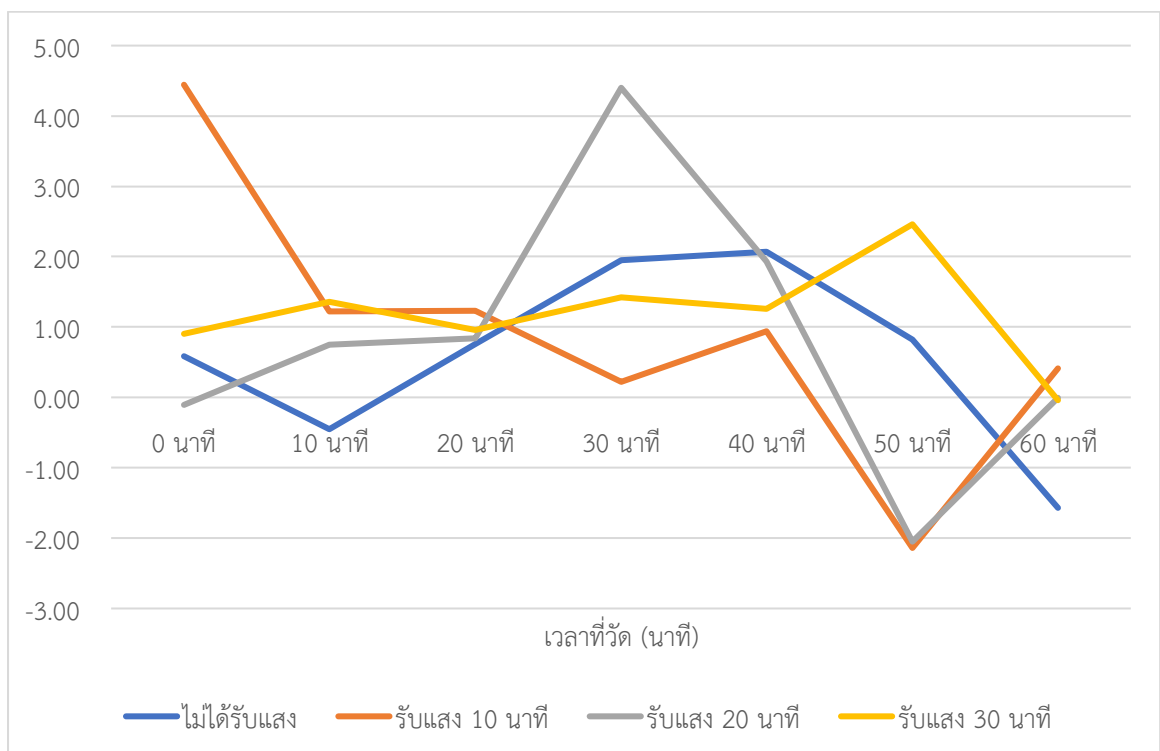
ตำแหน่ง	เวลาที่วัด	ช่วงเวลาที่ได้รับแสงสีฟ้า (นาท)							
		0		10		20		30	
		\bar{x}	SD.	\bar{x}	SD.	\bar{x}	SD.	\bar{x}	SD.
AF7	0	-0.38	1.27	-0.08	0.90	0.15	0.97	-0.04	0.89
	10	1.03	0.95	2.12	8.21	3.03	7.16	0.92	0.95
	20	0.29	1.33	0.83	2.37	2.17	2.13	0.43	2.27
	30	0.23	1.2	1.08	1.65	1.1	2.42	0.28	2.33
	40	1.37	2.49	0.53	1.66	-0.24	8.61	1.23	4.22
	50	2.01	4.09	0.65	1.44	1.82	3.48	-2.25	6.82
	60	-1.92	7.42	4.04	6.71	1.2	0.27	-0.25	2.21
AF8	0	0.59	2.57	4.44	16.04	-0.10	2.06	0.91	4.44
	10	-0.45	3.28	1.22	0.8	0.75	0.62	1.36	2.87
	20	0.76	1.99	1.23	1.52	0.84	1.22	0.96	4.81
	30	1.95	2.54	0.22	1.65	4.4	11.67	1.42	1.85
	40	2.07	8.08	0.94	3.22	1.93	7.05	1.26	2.39
	50	0.82	1.96	-2.14	7.18	-2.05	9.15	2.46	4.68
	60	-1.57	7.41	0.41	1.51	-0.01	1.17	-0.04	12.97

จากตารางที่ 4-15 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ดัชนี Beta/Alpha ที่ตำแหน่ง AF7 กลุ่มตัวอย่างไม่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที มีค่าเฉลี่ยดัชนี Beta/Alpha มากที่สุด 2.01 เบล ที่เวลา 50 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที ค่าเฉลี่ยดัชนี Beta/Alpha มากที่สุด 4.04 เบล ที่เวลา 60 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที ค่าเฉลี่ยดัชนี Beta/Alpha มากที่สุด 3.03 เบล ที่เวลา 10 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที ค่าเฉลี่ยดัชนี Beta/Alpha มากที่สุด -2.25 เบล ที่เวลา 60 นาที ดังภาพ 4-11

ดัชนี Beta/Alpha ที่ตำแหน่ง AF8 กลุ่มตัวอย่างไม่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที มีค่าเฉลี่ยดัชนี Beta/Alpha มากที่สุด 2.07 เบล ที่เวลา 40 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที ค่าเฉลี่ยดัชนี Beta/Alpha มากที่สุด 4.44 เบล ที่เวลา 10 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที ค่าเฉลี่ยดัชนี Beta/Alpha มากที่สุด 4.4 เบล ที่เวลา 30 นาที ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที ค่าเฉลี่ยดัชนี Beta/Alpha มากที่สุด 2.46 เบล ที่เวลา 30 นาที ดังภาพ 4-12



ภาพที่ 4-11 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7



ภาพที่ 4-12 ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Beta/Alpha ตำแหน่ง AF8

ตารางที่ 4-16 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที

แหล่งความแปรปรวน		SS	df	MS	F	Sig.
Alpha_AF7	ระหว่างกลุ่ม	8.33	6.00	1.39	1.65	0.14
	ภายในกลุ่ม	111.82	133.00	0.84		
	รวม	120.16	139.00			
Alpha_AF8	ระหว่างกลุ่ม	0.75	6.00	0.12	1.08	0.38
	ภายในกลุ่ม	15.36	133.00	0.12		
	รวม	16.10	139.00			
Beta_AF7	ระหว่างกลุ่ม	7.04	6.00	1.17	1.63	0.14
	ภายในกลุ่ม	95.88	133.00	0.72		
	รวม	102.92	139.00			
Beta_AF8	ระหว่างกลุ่ม	1.74	6.00	0.29	1.35	0.24
	ภายในกลุ่ม	28.54	133.00	0.21		
	รวม	30.28	139.00			
Beta/Alpha AF7	ระหว่างกลุ่ม	185.58	6.00	30.93	2.61*	<.05
	ภายในกลุ่ม	1574.41	133.00	11.84		
	รวม	1759.99	139.00			
Beta/Alpha AF8	ระหว่างกลุ่ม	197.51	6.00	32.92	1.53	0.17
	ภายในกลุ่ม	2865.91	133.00	21.55		
	รวม	3063.42	139.00			

จากตารางที่ 4-16 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที พบว่า คลื่นไฟฟ้าสมอง ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 และ AF8 ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF7 และ AF8 และดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF8 **ไม่แตกต่างกัน** แต่จะพบดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการทดสอบความแตกต่างด้วยวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ Post Hoc Test โดยใช้ Least-Significant Different (LSD)

ตารางที่ 4-17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	-0.38	1.03	0.29	0.23	1.37	2.01	-1.92
0	-0.38	-	0.70	0.77	0.72	0.49	0.20	<.05
10	1.03		-	0.50	0.46	0.76	0.37	<.05
20	0.29			-	0.96	0.32	0.12	<.05
30	0.23				-	0.30	0.11	<.05
40	1.37					-	0.56	<.01
50	2.01						-	<.01
60	-1.92							-

จากตารางที่ 4-17 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 ที่เวลาการวัด 60 นาที แตกต่างจาก เวลาการวัด 0 นาที 10 นาที 40 นาที และ 50 นาที ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-18 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที

แหล่งความแปรปรวน		SS	df	MS	F	Sig.
Alpha_AF7	ระหว่างกลุ่ม	8.85	6	1.47	2.37*	<.05
	ภายในกลุ่ม	82.72	133	.62		
	รวม	91.57	139			
Alpha_AF8	ระหว่างกลุ่ม	9.20	6	1.53	16.10**	<.01
	ภายในกลุ่ม	12.67	133	.10		
	รวม	21.87	139			
Beta_AF7	ระหว่างกลุ่ม	11.89	6	1.98	3.14**	<.01
	ภายในกลุ่ม	83.90	133	.63		
	รวม	95.79	139			

ตารางที่ 4-18 (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน		SS	df	MS	F	Sig.
Beta_AF8	ระหว่างกลุ่ม	6.60	6	1.10	6.80**	<.01
	ภายในกลุ่ม	21.50	133	.16		
	รวม	28.10	139			
Beta/Alpha AF7	ระหว่างกลุ่ม	224.20	6	37.37	1.94	.08
	ภายในกลุ่ม	2559.60	133	19.25		
	รวม	2783.79	139			
Beta/Alpha AF8	ระหว่างกลุ่ม	408.37	6	68.06	1.58	.16
	ภายในกลุ่ม	5722.16	133	43.02		
	รวม	6130.52	139			

จากตารางที่ 4-18 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองจากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที พบว่าคลื่นไฟฟ้าสมอง ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนตำแหน่ง AF8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF7 AF8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้น Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 และ AF8 ไม่มีมีความแตกต่างกัน จึงทำการทดสอบความแตกต่างด้วยวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ Post Hoc Test

ตารางที่ 4-19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	-0.29	0.47	-0.02	-0.02	0.00	-0.09	0.22
0	-0.29	-	<.01	0.12	0.12	0.10	0.20	<.05
10	0.47		-	<.05	<.05	0.06	<.05	0.32
20	-0.02			-	0.99	0.96	0.77	0.35
30	-0.02				-	0.95	0.78	0.34
40	0.00					-	0.73	0.37
50	-0.09						-	0.22
60	0.22							-

จากตารางที่ 4-19 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ตำแหน่ง AF7 ที่เวลาการวัด 20, 30, 50 นาที แตกต่างจากเวลาการวัด 10 นาที และค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ตำแหน่ง AF7 ที่เวลาการวัด 0 นาที แตกต่างจาก ที่เวลาการวัด 10 และ 60 นาที ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	0.15	0.78	0.19	0.06	0.23	0.27	0.26
0	0.15	-	<.01	0.54	0.71	0.31	0.25	0.06
10	0.78		-	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01
20	0.19			-	0.32	0.10	0.08	0.21
30	0.06				-	0.52	0.43	<.05
40	0.23					-	0.88	<.01
50	0.27						-	<.01
60	0.26							-

จากตารางที่ 4-20 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ตำแหน่ง AF8 ที่เวลาการวัดทุกช่วงเวลา แตกต่างจาก เวลาการวัด 10 นาที และค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ตำแหน่ง AF7 ที่เวลาการวัด 60 นาที แตกต่างจาก ที่เวลาการวัด 30, 40 และ 50 นาที ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-21 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	0.04	0.74	0.12	0.02	-0.04	-0.06	0.24
0	0.04	-	<.01	0.18	0.56	0.37	0.20	<.01
10	0.74		-	<.05	<.01	<.01	<.05	0.24

ตารางที่ 4-21 (ต่อ)

เวลาที่วัด (นาทีก)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
20	0.12			-	0.45	0.65	0.94	0.25
30	0.02				-	0.75	0.49	0.06
40	-0.04					-	0.71	0.11
50	-0.06						-	0.22
60	0.24							-

จากตารางที่ 4-21 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Beta ตำแหน่ง AF7 ที่เวลาการวัด 0, 20, 30, 40 และ 50 นาที แตกต่างจาก เวลาการวัด 10 นาที และค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่การวัด 0 นาที แตกต่างจาก เวลาการวัด 60 นาที ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที

เวลาที่วัด (นาทีก)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	-0.13	0.5	0.07	0.21	0.48	0.16	-1.02
0	-0.13	-	<.01	0.71	0.53	0.49	0.31	0.35
10	0.5		-	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01
20	0.07			-	0.31	0.74	0.53	0.57
30	0.21				-	0.18	0.10	0.12
40	0.48					-	0.76	0.81
50	0.16						-	0.95
60	-1.02							-

จากตารางที่ 4-22 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Beta ตำแหน่ง AF8 ที่เวลาการวัด 0, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที แตกต่างจาก เวลาการวัด 10 นาที ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-23 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที

แหล่งความแปรปรวน		SS	df	MS	F	Sig.
Alpha_AF7	ระหว่างกลุ่ม	10.98	6	1.83	2.33*	<.05
	ภายในกลุ่ม	104.68	133	.79		
	รวม	115.66	139			
Alpha_AF8	ระหว่างกลุ่ม	10.94	6	1.82	15.20**	<.01
	ภายในกลุ่ม	15.95	133	.12		
	รวม	26.88	139			
Beta_AF7	ระหว่างกลุ่ม	11.66	6	1.94	2.06	.06
	ภายในกลุ่ม	125.32	133	.94		
	รวม	136.98	139			
Beta_AF8	ระหว่างกลุ่ม	9.84	6	1.64	7.20**	<.01
	ภายในกลุ่ม	30.28	133	.23		
	รวม	40.11	139			
Beta/Alpha AF7	ระหว่างกลุ่ม	158.48	6	26.41	1.24	.29
	ภายในกลุ่ม	2826.68	133	21.25		
	รวม	2985.16	139			
Beta/Alpha AF8	ระหว่างกลุ่ม	479.82	6	79.97	2.02	.07
	ภายในกลุ่ม	5263.08	133	39.57		
	รวม	5742.90	139			

จากตารางที่ 4-23 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที พบว่า ดัชนี Beta/Alpha AF7 และ AF8 ไม่แตกต่างกัน แต่จะพบ ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของ คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha และ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .01 และความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ตำแหน่ง AF7 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี เปรียบเทียบพหุคูณ Post Hoc Test โดยใช้วิธีการ Least-Significant Different (LSD)

ตารางที่ 4-24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	-0.09	0.35	0.42	0.20	0.13	0.05	-0.49
0	-0.09	-	0.15	0.09	0.35	0.50	0.69	0.13
10	0.35		-	0.80	0.60	0.44	0.29	<.01
20	0.42			-	0.44	0.30	0.19	<.01
30	0.20				-	0.80	0.59	<.05
40	0.13					-	0.78	<.05
50	0.05						-	0.06
60	-0.49							-

จากตารางที่ 4-24 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ตำแหน่ง AF7 ที่เวลาการวัด 60 นาที แตกต่างจาก เวลาการวัด 10, 20, 30, และ 40 นาที ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	0.45	0.65	0.50	0.20	0.12	0.10	-0.21
0	0.45	-	<.01	<.01	0.45	0.48	0.80	0.23
10	0.65		-	0.23	<.01	<.01	<.01	<.01
20	0.50			-	<.01	<.01	<.01	<.01
30	0.20				-	0.15	0.31	<.05
40	0.12					-	0.66	0.62
50	0.10						-	0.35
60	-0.21							-

จากตารางที่ 4-25 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ย

ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ตำแหน่ง AF8 ที่เวลาการวัด 0, 30, 40, 50 และ 60 นาที แตกต่างจาก เวลาการวัด 10, และ 20 นาที และค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ตำแหน่ง AF8 ที่เวลาการวัด 60 นาที แตกต่างจากเวลาการวัด 30 นาที ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-26 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	0.21	1.32	1.54	-4.19	4.31	6.87	0.88
0	0.21	-	0.09	0.46	0.22	0.08	0.06	<.01
10	1.32		-	0.32	<.01	<.01	<.01	<.01
20	1.54			-	<.05	<.01	<.01	<.01
30	-4.19				-	0.59	0.50	<.01
40	4.31					-	0.89	<.05
50	6.87						-	<.05
60	0.88							-

จากตารางที่ 4-26 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Beta ตำแหน่ง AF8 ที่เวลาการวัด 30, 40, 50 และ 60 นาที แตกต่างจาก เวลาการวัด 10, และ 20 นาที และค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Beta ตำแหน่ง AF8 ที่เวลาการวัด 60 นาที แตกต่างจากทุกช่วงเวลาการวัด ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-27 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
Alpha_AF7 ระหว่างกลุ่ม	17.70	6	2.95	4.87**	<.01
ภายในกลุ่ม	80.55	133	0.61		
รวม	98.26	139			

ตารางที่ 4-27 (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน		<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Alpha_AF8	ระหว่างกลุ่ม	4.87	6	0.81	4.79**	<.01
	ภายในกลุ่ม	22.56	133	0.17		
	รวม	27.43	139			
Beta_AF7	ระหว่างกลุ่ม	10.34	6	1.72	2.41*	<.05
	ภายในกลุ่ม	95.02	133	0.71		
	รวม	105.36	139			
Beta_AF8	ระหว่างกลุ่ม	3.67	6	0.61	1.43	.21
	ภายในกลุ่ม	57.06	133	0.43		
	รวม	60.74	139			
Beta/Alpha AF7	ระหว่างกลุ่ม	157.81	6	26.30	2.25*	<.05
	ภายในกลุ่ม	1555.07	133	11.69		
	รวม	1712.88	139			
Beta/Alpha AF8	ระหว่างกลุ่ม	68.99	6	11.50	0.31	.93
	ภายในกลุ่ม	4993.10	133	37.54		
	รวม	5062.09	139			

จากตารางที่ 4-27 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองจากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที พบว่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Beta ตำแหน่ง AF8 และ ดัชนี Beta/Alpha AF8 ไม่แตกต่างกัน แต่จะพบ ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ตำแหน่ง AF7 และ AF8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Beta ตำแหน่ง AF7 และ ดัชนี Beta/Alpha AF7 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการทดสอบความแตกต่างด้วยวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ Post Hoc Test ใช้ Least-Significant Different (LSD)

ตารางที่ 4-28 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	-0.15	0.48	0.55	0.33	-0.19	-0.36	-0.28
0	-0.15	-	<.01	<.01	0.06	0.85	0.36	0.55
10	0.48		-	0.77	0.54	<.01	<.01	<.01
20	0.55			-	0.36	<.01	<.01	<.01
30	0.33				-	<.05	<.01	<.01
40	-0.19					-	0.47	0.69
50	-0.36						-	0.75
60	-0.28							-

จากตารางที่ 4-28 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ตำแหน่ง AF7 ที่เวลาการวัด 40, 50, และ 60 นาที แตกต่างจาก เวลาการวัด 10, 20, 30 นาที และที่เวลาการวัด 0 นาที แตกต่างจากเวลาการวัด 10, 20 นาที ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-29 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	0.11	0.49	0.61	0.35	0.11	0.25	0.37
0	0.11	-	<.01	<.01	<.01	0.41	0.52	0.11
10	0.49		-	0.67	0.57	<.05	<.01	0.12
20	0.61			-	0.89	<.01	<.01	<.05
30	0.35				-	<.01	<.01	<.05
40	0.11					-	0.85	0.43
50	0.25						-	0.34
60	0.37							-

จากตารางที่ 4-29 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF8 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ย

ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha ตำแหน่ง AF8 ที่เวลาการวัด 0, 40, 50 นาที แตกต่างจากเวลาการวัด 10, 20, 30 นาที และที่เวลาการวัด 60 นาที แตกต่างจากเวลาการวัด 20, 30 นาที ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	-0.05	0.40	0.45	0.47	0.09	0.07	0.19
0	-0.05	-	0.10	<.05	0.26	0.95	0.74	0.45
10	0.40		-	0.66	0.59	0.09	<.05	<.05
20	0.45			-	0.33	<.05	<.05	<.01
30	0.47				-	0.24	0.14	0.06
40	0.09					-	0.78	0.48
50	0.07						-	0.67
60	0.19							-

จากตารางที่ 4-30 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง Beta ตำแหน่ง AF7 ที่เวลาการวัด 50 และ 60 นาที แตกต่างจาก เวลาการวัด 10, และ 20 นาที และที่เวลาการวัด 0, 40 นาที แตกต่างจากเวลาการวัด 20 นาที ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
\bar{x}	-	-0.04	0.92	0.43	0.28	1.23	-2.25	-0.25
0	-0.04	-	0.24	0.47	0.55	0.14	0.08	0.92
10	0.92		-	0.65	0.55	0.78	<.01	0.28
20	0.43			-	0.89	0.46	<.01	0.53
30	0.28				-	0.38	<.05	0.63

ตารางที่ 4-31 (ต่อ)

เวลาที่วัด (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30	40	50	60
40	1.23					-	<.01	0.17
50	-2.25						-	0.07
60	-0.25							-

จากตารางที่ 4-31 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 ที่เวลาการวัด 50 นาที แตกต่างจาก เวลาการวัด 10, 20, 30 และ 40 นาที ที่เหลือไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-32 สรุปผลการศึกษาเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที

รับแสงสีฟ้า (นาที)	คลื่นความถี่			
	Alpha		Beta	
	AF7	AF8	AF7	AF8
0	✗	✗	✗	✗
10	✓	✓	✓	✓
20	✓	✓	✗	✓
30	✓	✓	✓	✗

หมายเหตุ: ✓ แทน สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย
✗ แทน ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย

จากตารางที่ 4-32 สรุปผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ดังนี้

ภายในกลุ่มทดลองไม่ได้รับแสงสีฟ้า (0 นาที) การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง ไม่มีความแตกต่างกันทุกช่วงของการวัด ทั้งความถี่อัลฟา และเบต้า ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ตามข้อ 3

ภายในกลุ่มทดลองได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง มีความแตกต่างกันทุกช่วงของการวัด ทั้งความถี่

อัลฟา และเบต้า สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ตามข้อ 3

ภายในกลุ่มทดลองได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง มีความแตกต่างกันทุกช่วงของการวัด ทั้งความถี่อัลฟา และเบต้า สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ตามข้อ 3

ภายในกลุ่มทดลองได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง มีความแตกต่างกันทุกช่วงของการวัด ทั้งความถี่อัลฟา และเบต้า สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ตามข้อ 3

2. การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที

งานวิจัยนี้สนใจตัวแปรสองตัวแปร ตัวแปรแรก คือ กลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้าแยกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มไม่ได้รับแสงสีฟ้า (0 นาที) กลุ่มได้รับแสงสีฟ้าเวลา 10 นาที กลุ่มได้รับแสงสีฟ้าเวลา 20 นาที และกลุ่มได้รับแสงสีฟ้าเวลา 30 นาที ตัวแปรที่สอง คือ เวลาที่วัดแยกเป็น 7 เวลา คือการวัดที่ 0 นาที การวัดที่ 10 นาที การวัดที่ 20 นาที การวัดที่ 30 นาที การวัดที่ 40 นาที การวัดที่ 50 นาที การวัดที่ 60 นาที ใช้รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA)

สมมติฐานหลักผลการเปรียบเทียบ ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที แตกต่างกัน

สมมติฐานย่อย 1

H_0 : ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่าง กลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า และเวลาที่วัดแสงสีฟ้า

H_1 : มีผลกระทบร่วมระหว่าง กลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า และเวลาที่วัดแสงสีฟ้า

สมมติฐานย่อย 2 กลุ่มรับแสงสีฟ้า

H_0 : กลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้าเวลา 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที ไม่แตกต่างกัน

H_1 : กลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้าเวลา 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที แตกต่างกัน

สมมติฐานย่อย 3 เวลาที่วัด

H_0 : เวลาที่วัดแสงสีฟ้า 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 นาที ไม่แตกต่างกัน

H_1 : เวลาที่วัดแสงสีฟ้า 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 นาที แตกต่างกัน

ข้อมูลความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ความถี่อัลฟา (Alpha) ความถี่เบต้า (Beta) และดัชนีอัตราส่วน Beta/Alpha ผลการวิจัยปรากฏดังตารางที่ 4-33

ตารางที่ 4-33 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที และเวลาที่วัด

ตำแหน่ง	ข้อมูล	df	SS	MS	F	p
Alpha_AF7	กลุ่มรับแสง	3	1.51	0.50	0.70	.55
	เวลาที่วัด	6	19.71	3.29	4.60**	<.01
	กลุ่มรับแสง*เวลาที่วัด	18	26.15	1.45	2.04**	<.01
	ผลรวม	560	430.84			
Alpha_AF8	กลุ่มรับแสง	3	1.23	0.41	3.28*	<.05
	เวลาที่วัด	6	12.81	2.14	17.07**	<.01
	กลุ่มรับแสง*เวลาที่วัด	18	12.94	0.72	5.75**	<.01
	ผลรวม	560	122.77			
Beta_AF7	กลุ่มรับแสง	3	1.25	0.42	0.56	.65
	เวลาที่วัด	6	14.13	2.36	3.13**	<.01
	กลุ่มรับแสง*เวลาที่วัด	18	26.81	1.49	1.98**	<.01
	ผลรวม	560	453.18			
Beta_AF8	กลุ่มรับแสง	3	3.83	1.28	4.94**	<.01
	เวลาที่วัด	6	7.20	1.20	4.65**	<.01
	กลุ่มรับแสง*เวลาที่วัด	18	14.65	0.81	3.15**	<.01
	ผลรวม	560	195.65			
Beta/Alpha AF7	กลุ่มรับแสง	3	173.69	57.90	3.62**	<.01
	เวลาที่วัด	6	126.07	21.01	1.31	.25
	กลุ่มรับแสง*เวลาที่วัด	18	599.99	33.33	2.08**	<.01
	ผลรวม	560	9762.77			
Beta/Alpha AF8	กลุ่มรับแสง	3	36.80	12.27	0.35	.79
	เวลาที่วัด	6	386.78	64.46	1.82	.09
	กลุ่มรับแสง*เวลาที่วัด	18	767.91	42.66	1.20	.25
	ผลรวม	560	20482.12			

จากตารางที่ 4-33 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง ความถี่ Alpha Beta ดัชนีอัตราส่วน Beta/Alpha ที่ตำแหน่ง AF7 และ AF8 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที กับเวลาที่วัด 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที พบว่า

ตารางที่ 4-34 สรุปผลการศึกษาการเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที และ เวลาที่วัด

ตำแหน่งการวัด	รับแสงสีฟ้าต่างกัน	เวลาที่วัดต่างกัน	รับแสงสีฟ้า*เวลาที่วัด
Alpha_AF7	ยอมรับ H_0	ปฏิเสธ H_0	ปฏิเสธ H_0
Alpha_AF8	ปฏิเสธ H_0	ปฏิเสธ H_0	ปฏิเสธ H_0
Beta_AF7	ยอมรับ H_0	ปฏิเสธ H_0	ปฏิเสธ H_0
Beta_AF8	ปฏิเสธ H_0	ปฏิเสธ H_0	ปฏิเสธ H_0
Beta/Alpha_AF7	ปฏิเสธ H_0	ยอมรับ H_0	ปฏิเสธ H_0
Beta/Alpha_AF8	ยอมรับ H_0	ยอมรับ H_0	ยอมรับ H_0

จากตารางที่ 4-34 สรุปได้ว่าการศึกษาการเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า และเวลาที่วัด จากการทดสอบอหิทธิพลร่วมพบว่า กลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้าและเวลาที่วัดมีอิทธิพลร่วมกันส่งผลต่อการตื่นตัว ทำให้ผู้วิจัยทดสอบอหิทธิพลย่อยของกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้าต่างกัน จำแนกตามเวลาที่วัด แล้ววิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบทางเดียว ด้วยวิธี One Way Anova ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตาราง 4-35

ตารางที่ 4-35 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที

แหล่งความแปรปรวน		SS	df	MS	F	Sig.
Alpha_AF7	ระหว่างกลุ่ม	1.51	3	.50	.66	.58
	ภายในกลุ่ม	425.64	556	.77		
	รวม	427.15	559			
Alpha_AF8	ระหว่างกลุ่ม	1.23	3	.41	2.48	.06
	ภายในกลุ่ม	92.28	556	.17		
	รวม	93.52	559			
Beta_AF7	ระหว่างกลุ่ม	1.25	3	.42	.53	.66
	ภายในกลุ่ม	441.05	556	.79		
	รวม	442.30	559			
Beta_AF8	ระหว่างกลุ่ม	3.83	3	1.276	4.46**	<.01
	ภายในกลุ่ม	159.23	556	.286		
	รวม	163.06	559			

ตารางที่ 4-35 (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน		SS	df	MS	F	Sig.
Beta/Alpha	ระหว่างกลุ่ม	173.69	3	57.90	3.49*	<.05
AF7	ภายในกลุ่ม	9241.82	556	16.62		
	รวม	9415.51	559			
Beta/Alpha	ระหว่างกลุ่ม	36.80	3	12.27	.34	.796
AF8	ภายในกลุ่ม	19998.93	556	35.97		
	รวม	20035.73	559			

จากตารางที่ 4-35 การเปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที พบว่า ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่ Alpha ตำแหน่ง AF7 และ AF8 ความถี่ Beta ตำแหน่ง AF7 และดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF8 ไม่แตกต่างกัน แต่จะพบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองดัชนี Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการทดสอบความแตกต่างด้วยวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ Post Hoc Test โดยใช้ Least-Significant Different (LSD)

ตารางที่ 4-36 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า

รับแสง (นาที)	\bar{x}	0	10	20	30
\bar{x}	-	0.11	0.27	0.25	0.34
0	0.11	-	<.05	<.05	<.01
10	0.27		-	0.70	0.32
20	0.25			-	0.17
30	0.34				-

จากตารางที่ 4-36 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 ของกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0, 10, 20 และ 30 นาทีพบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองดัชนีความถี่ Beta ตำแหน่ง AF8 ที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที แตกต่างจากได้รับแสงสีฟ้า 10, 20 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และแตกต่างจากได้รับแสงสีฟ้าเวลา 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 4-37 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง
ดัชนีความถี่ Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า

รับแสง (นาทีก)	\bar{x}	0	10	20	30
\bar{x}	-	0.52	1.32	1.31	0.00
0	0.52	-	0.10	0.11	0.29
10	1.32		-	0.99	<.01
20	1.31			-	<.01
30	0.00				-

จากตารางที่ 4-37 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองดัชนีความถี่ Beta/Alpha ตำแหน่ง AF7 ของกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0, 10, 20 และ 30 นาทีพบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองดัชนีความถี่ Beta/Alpha ตำแหน่ง AF8 ที่ได้รับแสงสีฟ้าเวลา 10 นาที และ 20 นาที แตกต่างจากที่ได้รับแสงสีฟ้าเวลา 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตอนที่ 4 วิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง

การวิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง ด้วยความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยใช้วิธีการพลอตกราฟ (Scatterplot) และการสร้างแนวเส้นสมการ (Trendline) เพื่อหาสมการที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลแต่ละชุด ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์สมการประกอบด้วย

ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่อัลฟา อิเล็กโทรด AF7

ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่อัลฟา อิเล็กโทรด AF8

ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่เบต้า อิเล็กโทรด AF7

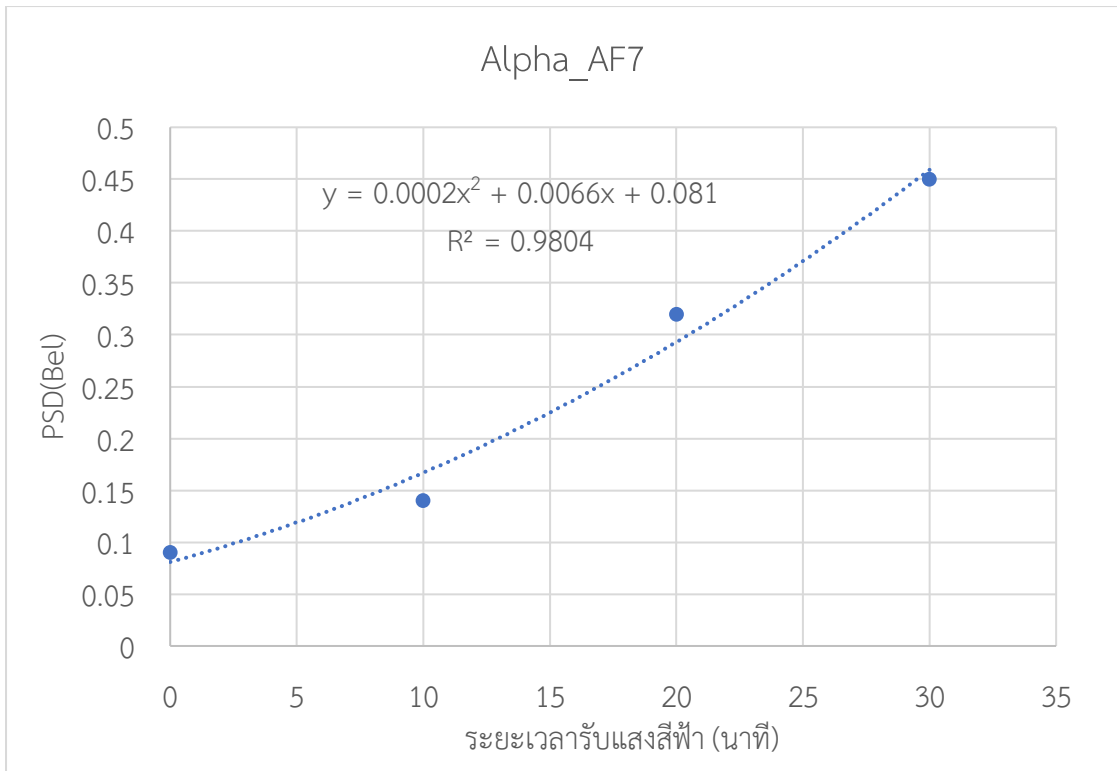
ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่เบต้า อิเล็กโทรด AF8

ดัชนีความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่ เบต้า/ อัลฟา อิเล็กโทรด AF7

ดัชนีความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองความถี่ เบต้า/ อัลฟา อิเล็กโทรด

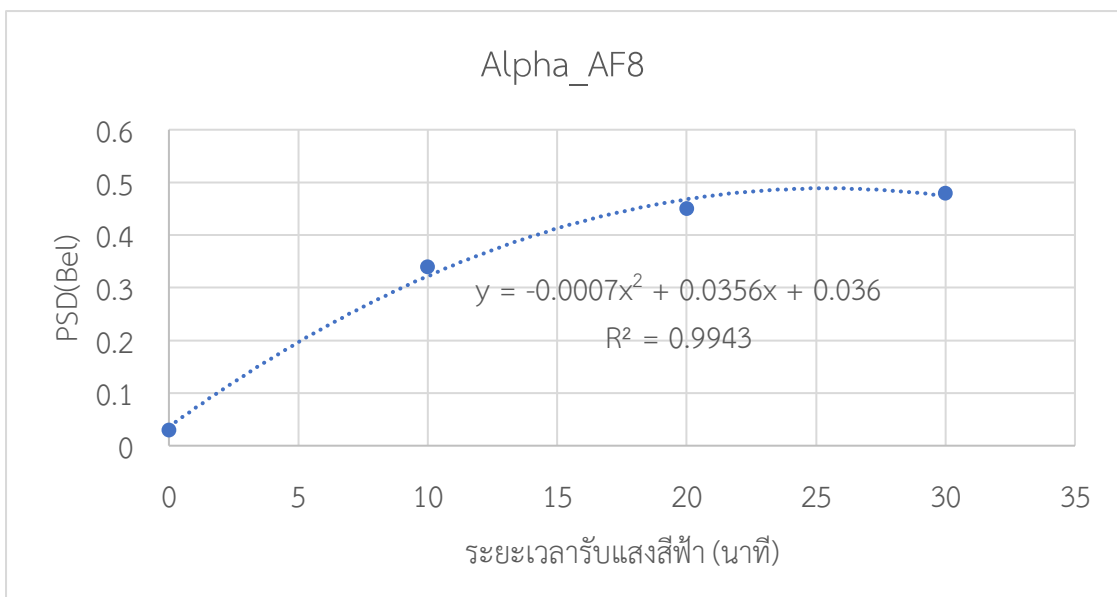
AF8 ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังนี้

1. สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่คลื่นความถี่อัลฟา ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7 พบความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด ในฟังก์โพลีโนเมียลอันดับสอง



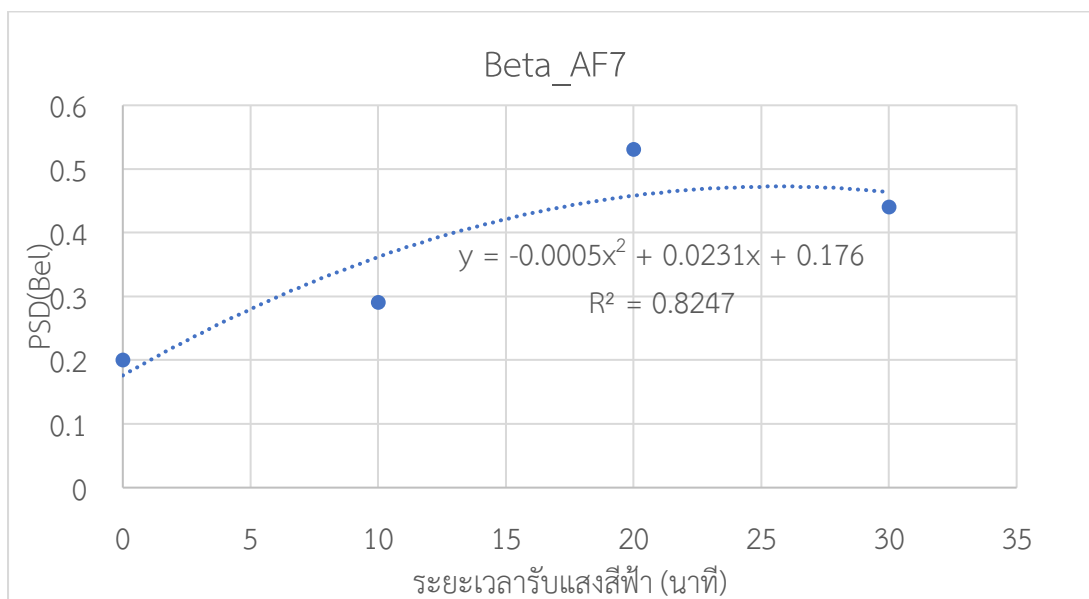
ภาพที่ 4-13 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่อัลฟา ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7

2. สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่คลื่นความถี่อัลฟา ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8 พบความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด ในฟังก์ชันโพลิโนเมียล อันดับสอง



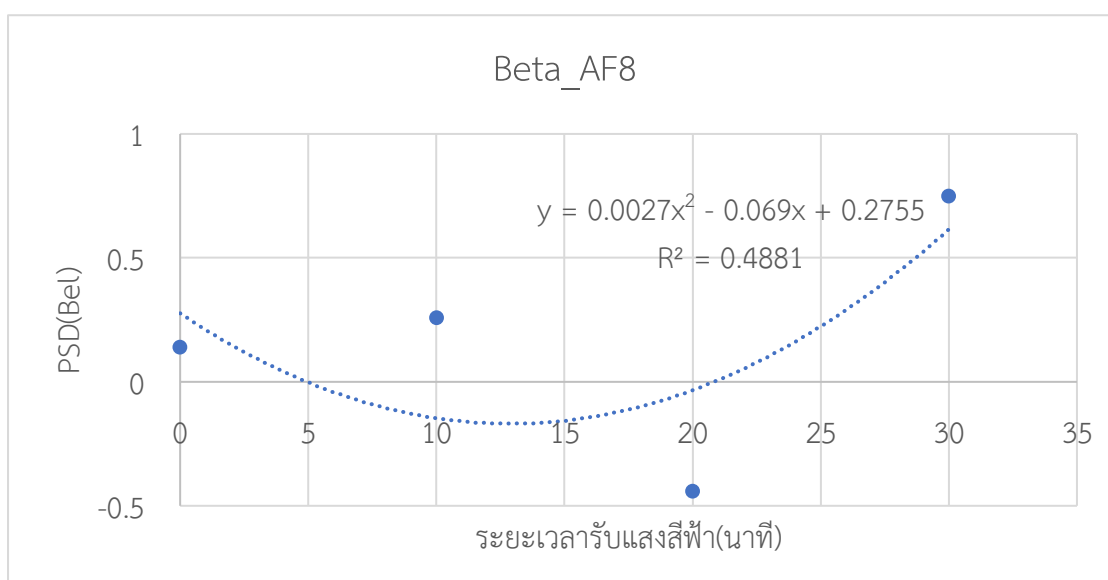
ภาพที่ 4-14 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่อัลฟา ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8

3. สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่คลื่นความถี่เบต้าตำแหน่ง อิเล็กโทรด AF7 พบความสัมพันธ์ที่ตีที่สุด ในฟังก์ชันโพลิโนเมียล อันดับสอง



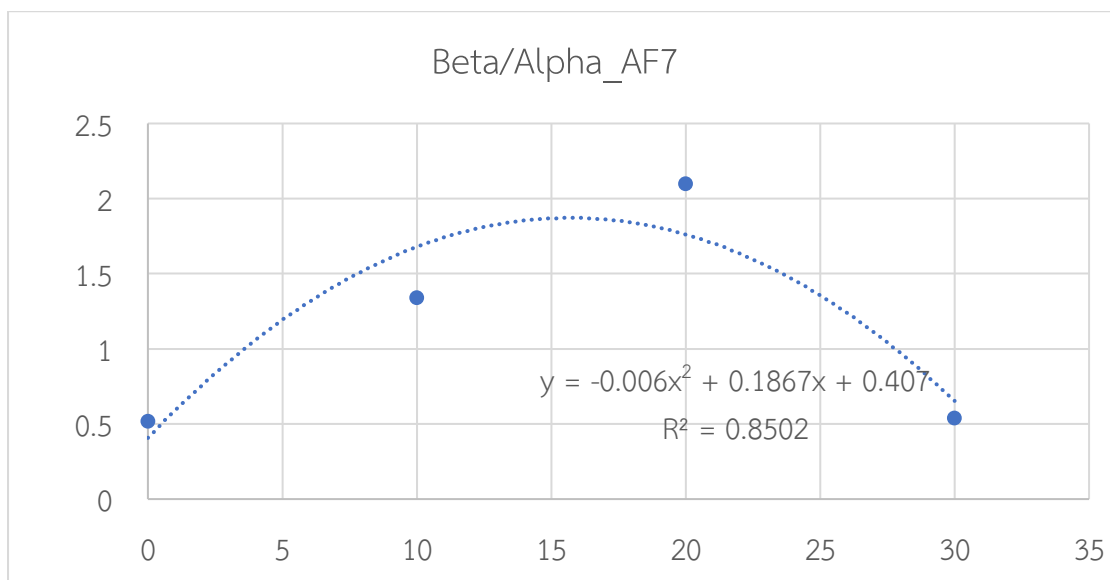
ภาพที่ 4-15 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่เบต้า ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7

4. สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่คลื่นความถี่เบต้าตำแหน่ง อิเล็กโทรด AF8 พบความสัมพันธ์ที่ตีที่สุด ในฟังก์ชันโพลิโนเมียล อันดับสอง



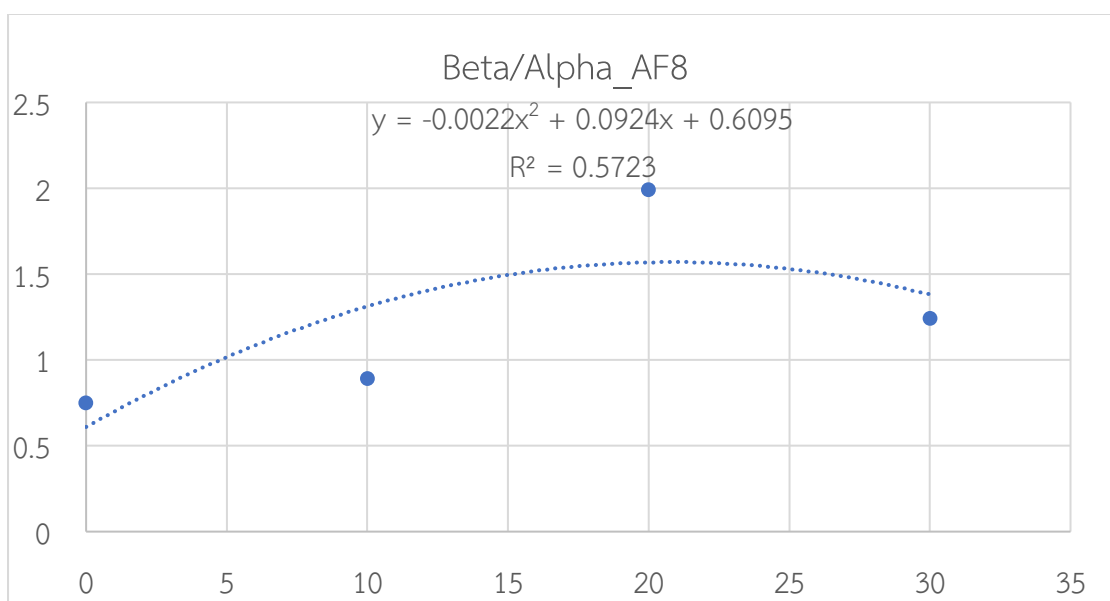
ภาพที่ 4-16 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่เบต้า ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8

5. สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง ดัชนีข้อมูล Beta/Alpha ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7 พบความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด ในฟังก์ชันโพลิโนเมียล อันดับสอง



ภาพที่ 4-17 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่ดัชนีข้อมูล Beta/Alpha ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7

6. สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง ดัชนีข้อมูล Beta/Alpha ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8 พบความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด ในฟังก์ชันโพลิโนเมียล อันดับสอง



ภาพที่ 4-18 ความสัมพันธ์ คลื่นความถี่ดัชนีข้อมูล Beta/Alpha ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองใช้การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ใช้แบบแผนการทดลอง 4 Factor Posttest Design มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอนเปรียบเทียบผลการตื่นตัวด้วยมาตรวัดระดับความง่วง KSS ที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน โดยเปรียบเทียบผลการตื่นตัว ก่อนทดลองระหว่างทดลอง หลังทดลองภายในกลุ่มทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลอง ที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนทดลอง ระหว่างทดลอง หลังทดลอง ภายในกลุ่มทดลองและระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที วิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลา รับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ปีการศึกษา 2562 จำนวน 80 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบสำรวจความถนัดการใช้มือของเอ็ดวินเบิร์ก หมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS) เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองแบบแถบคาดศีรษะ (Headband) Muse วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ Two-way ANOVA

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1. หมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัว ใช้หลอด LED แสงสีฟ้า โมเดล 4304H6 บริษัท VCC Lighting ขนาด 5 มิลลิเมตร ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร 8 หลอด แต่ละหลอดต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน 500 โอห์ม 1 วัตต์ และต่อเป็นวงจรขนานโดยใช้แบตเตอรี่ Alkaline ขนาด 9 Volte 550 mAh จำนวน 1 ก้อนเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ระยะห่างหลอด LED แต่ละหลอด 1.5 เซนติเมตร นำประกอบติดกับปีกหมวกระยะห่างสายตาประมาณ 5 เซนติเมตร ให้ความสว่างแสงสีฟ้าประมาณ 40 lux

2. ผลเปรียบเทียบการตื่นตัวด้วยมาตรวัดระดับความง่วง KSS ของกลุ่มตัวอย่างภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที พบว่า ทุกกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที การตื่นตัวไม่แตกต่างกัน

3. ผลเปรียบเทียบการตื่นตัวด้วยมาตรวัดระดับความว่าง KSS ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้า จากการวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 นาที พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อวัดที่ 10 นาที จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที และกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) เปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที ช่วงความถี่ Alpha และ Beta พบว่า

4.1 ภายในกลุ่มทดลองไม่ได้รับแสงสีฟ้า (0 นาที) การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง ไม่มีความแตกต่างกันทุกช่วงของการวัด ทั้งความถี่อัลฟา และเบต้า ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ตามข้อ 3

4.2 ภายในกลุ่มทดลองได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง มีความแตกต่างกันทุกช่วงของการวัด ทั้งความถี่อัลฟา และเบต้า สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ตามข้อ 3

4.3 ภายในกลุ่มทดลองได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง มีความแตกต่างกันทุกช่วงของการวัด ทั้งความถี่อัลฟา และเบต้า สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ตามข้อ 3

4.4 ภายในกลุ่มทดลองได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง มีความแตกต่างกันทุกช่วงของการวัด ทั้งความถี่อัลฟา และเบต้า สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ตามข้อ 3

5. ผลเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) เปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที ช่วงความถี่ Alpha และ Beta

5.1 คลื่นความถี่อัลฟา (Alpha) ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7 กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้าต่างกัน คือ ที่ 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวไม่แตกต่างกัน ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8 กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้าต่างกัน มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 4

5.2 คลื่นความถี่เบต้า (Beta) ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7 กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้าต่างกัน คือ ที่ 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวไม่แตกต่างกัน ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8 กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้าต่างกัน มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 4

5.3 ดัชนีความถี่เบต้าต่ออัลฟา (Beta/Alpha) ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7 กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้าต่างกัน คือ ที่ 0 นาที่ 10 นาที่ 20 นาที่ 30 นาที่ มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8 กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้าต่างกัน มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวไม่แตกต่างกัน

6. การวิเคราะห์สมการระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง ปรากฏว่า $Y = -0.005X^2 + 0.023X + 0.176$ ($R^2 = 0.825$) เป็นสมการที่มีเส้นโค้งเหมาะสมที่สุด ซึ่งได้มาจากคลื่นเบต้าที่ตำแหน่งขั้วบันทึก AF7

อภิปรายผล

1. หมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวพัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้หลอด LED แสงสีฟ้า ขนาด 5 มิลลิเมตร ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร 8 หลอด แต่ละหลอดต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน 500 โอห์ม 1 วัตต์ และต่อเป็นวงจรขนานโดยใช้แบตเตอรี่ Alkaline ขนาด 9 Volt 550 mAh จำนวน 1 ก้อนเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ระยะห่าง LED แต่ละหลอด 1.5 เซนติเมตร นำประกอบติดกับปีกหมวกระยะห่างสายตาประมาณ 5 เซนติเมตร ให้ความสว่างแสงสีฟ้าประมาณ 40 lux โดยหมวกแสงสีฟ้านี้ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีการออกแบบอย่างถูกต้องและเหมาะสมตามระเบียบวิธีวิจัย ได้ทบทวนวรรณกรรม แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องการใช้แสงสีฟ้าเพื่อกระตุ้นการตื่นตัว จากแนวคิดการรับแสง ของเซลล์ในดวงตาที่ไม่ใช่เซลล์รูปแท่ง และเซลล์รูปกรวย จากการทดลองกับดวงตาของหนู พบว่ามีบทบาทที่ควบคุมนาฬิกาชีวิต (Circadian Rhythm) (Foster et al., 1991) โดยเซลล์รับแสงนี้เรียกว่า Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells (ipRGCs) ซึ่งเป็นส่วนย่อย ๆ ของ Retinal Ganglion Cells (RGC) ที่อยู่ในเรตินาชั้นด้านในด้านหลังของเซลล์ประสาทไวแสงเหล่านี้ จะมีสารรงควัตถุไวแสงที่เรียกว่า Melanopsin สามารถดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นในระดับสูงสุดประมาณ 480 นาโนเมตร ซึ่งมีความแตกต่างจากเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น (Zaidi et al., 2007) และข้อจำกัดของแสงสีฟ้าที่แบ่งได้เป็นสองประเภทคืออันตรายและไม่อันตรายกับสายตา แสงสีฟ้าที่ไม่อันตรายต่อดวงตาเรียกว่า Blue-Turquoise Light ซึ่งมีความยาวคลื่น 465-495 นาโนเมตร ส่วนแสงสีฟ้าที่อันตรายต่อดวงตาเรียกว่า Blue-Velvet Light มีความยาวคลื่น 415-455 นาโนเมตร Blue-Turquoise Light (Smick & Villette, 2013) ทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้หลอด LED ที่มีความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงที่ไม่เป็นอันตรายต่อดวงตา ผลกระทบของแสงสีฟ้าบนดวงตาที่เกิดจากอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงที่เปล่งแสงความยาวคลื่นระหว่าง 400 nm และ 500nm แสงทั่วไปคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ แล็ปท็อป แท็บเล็ต อุปกรณ์อ่านอิเล็กทรอนิกส์ สายตากับแสงสีฟ้า LED ที่ใช้สำหรับแสงทั่วไปนั้นปล่อยออกมาประมาณ 50 ถึง 70 lux มีขนาดกำลังไฟไม่สูง จึงมีความเสี่ยงค่อนข้างต่ำ (RG-0 หรือ RG-1) สามารถใช้งานได้ตามปกติ (สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, 2557) ผู้วิจัยตรวจสอบ

ความสว่างแสงสีฟ้าของหมวกที่พัฒนาขึ้นมีค่าประมาณ 40 lux ซึ่งอยู่ในขอบเขตของความปลอดภัย ได้มาตรฐานสอดคล้องงานวิจัยของ Zaidi et al. (2007) พบว่าแสงความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร สามารถลดระดับฮอร์โมนเมลาโทนิน ระยะเวลายาวถึงสองเท่ามากกว่า แสงที่มีความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร และระดับความยาวคลื่นแสงที่ RGC ไวแสงตอบสนองมากที่สุดอยู่เป็นความยาวคลื่นแสง 460 นาโนเมตร และ Baek and Min (2015) พบว่าถ้าฉายแสงสีฟ้าให้กับคนทำงานจะทำให้สมองตื่นตัวมากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของงานเพิ่มขึ้น

2. ด้านพฤติกรรม

ผลเปรียบเทียบการตื่นตัวด้วยมาตรวัดระดับความง่วง KSS กลุ่มตัวอย่างภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า การตื่นตัวไม่แตกต่างกัน และผลเปรียบเทียบการตื่นตัวด้วยมาตรวัดระดับความง่วง KSS ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้า มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ประเด็นแรก เครื่องมือที่ใช้ในการวัด การวัดผลการตื่นตัวด้วยมาตรวัดระดับความง่วง KSS เป็นแบบประเมินรายงานด้วยตนเองแต่ละระดับของอาการง่วงในเวลานั้น มาตรวัดระดับของ Likert พัฒนาโดย Akerstedt and Gillberg (1990) มี 9 ระดับความง่วง ใช้ตัวเลขกำกับระดับความง่วง จากเลข 9 ไปหาเลข 1 จะบ่งบอกลักษณะความง่วงจาก อยากนอนหลับ, ง่วงนอนมาก, ง่วงนอน แต่ยังตื่นได้, เริ่มหาว ต้องการนอน, ไม่ตื่นตัวหรือง่วงนอน, ค่อนข้างตื่นตัว, ตื่นตัว, ตื่นตัวมาก, และตื่นตัวอย่างมาก สำหรับมาตรวัดระดับความง่วง KSS นี้เป็นเครื่องมือวัดผ่านการตรวจสอบและหาคุณภาพเครื่องมือที่มีความน่าเชื่อถือ สอดคล้องกับ Kaida et al. (2006) ที่ได้ตรวจสอบความตรงมาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS) กับประสิทธิภาพและตัวแปรที่ใช้วัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) พบว่า มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale (KSS) มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการวัดด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง EEG และตัวแปรพฤติกรรมซึ่งชี้ว่ามีความถูกต้องสูงในการวัดความง่วงนอน ดังนั้น มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS) นี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิจัยด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองและตัวชี้วัดพฤติกรรมความง่วงได้ ประเด็นที่สอง การนำมาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS) มาใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน นั่นคือ กลุ่มนิสิตระดับปริญญาตรี ซึ่งจะมีวงจรการนอนหลับ (Sleep Cycle) ที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ช่วงเวลานอนจะแปรผันไปตามบุคคล โดยส่วนใหญ่ ผู้ใหญ่ต้องการเวลานอน 7-9 ชั่วโมงต่อคืนเพื่อที่จะทำงานได้ ปกติคนจะต้องการการนอนมากขึ้นเมื่อทำงานใช้แรงงานทางกายหรือทางจิต, ออกกำลังเจ็บป่วย ขณะที่วัยรุ่นเวลานอนหลับรวม จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การลดลงของเวลานอนอาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม มากกว่าเวลาที่ต้องการนอนลดลง และวัยรุ่นมีแนวโน้มจะนอนดึกและตื่นสาย สอดคล้องกับ Matos et al. (2019) ทำวิจัย การนอนหลับในวัยรุ่นและเพศ: กรณีศึกษาเรื่องเพศ มีจุดมุ่งหมายศึกษาการนอนหลับ ผลวิจัยพบว่า การอดนอน 13.1% ของวัยรุ่น (หญิง 14.3%, ชาย 11.7%, $p < 0.05$) ลักษณะที่พบบ่อยที่สุดของคุณภาพการนอนหลับที่ไม่ดี คือ ตื่นขึ้นมาเหนื่อยล้า (50.8%) และความยากลำบากในการหลับ (19.5%) สำหรับวัยรุ่นหญิง

แสดงความชุกสูงกว่าวัยรุ่นชาย โดยรวมแล้วเด็กผู้หญิงมีสุขภาพการนอนหลับที่แย่ลง ด้วยคุณภาพและปริมาณการนอนหลับที่ต่ำ นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างการนอนหลับพักผ่อนที่เพียงพอและดีนั้น แตกต่างกันระหว่างเพศชายและเพศหญิง และประเด็นที่สาม การนำมาตรวจวัดระดับความง่วง (KSS) มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีการวัดซ้ำหลายรอบ ซึ่งการวัดจะวัดที่เวลา 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ผลที่ได้อาจเกิดจากความเมื่อยล้าของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องทำมาตรวจวัดหลาย ๆ ครั้ง หรือผลของการจดจำคำตอบจากการทำมาตรวจวัดก่อนหน้านี้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงส่งผลให้การเปรียบเทียบการตื่นตัวภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้าไม่แตกต่างกัน และผลเปรียบเทียบการตื่นตัวระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับแสงสีฟ้ามีความแตกต่างกัน

3. ด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง

ผลเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) เปรียบเทียบความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Power Spectral Density: PSD) ภายในกลุ่มที่ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที ช่วงความถี่ Alpha และ Beta พบว่าภายในกลุ่มทดลองได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที ไม่มีความแตกต่างกันทุกช่วงการวัด ภายในกลุ่มทดลองได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที มีความแตกต่างกันทุกช่วงของการวัด ภายในกลุ่มทดลองได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที มีความแตกต่างกันทุกช่วงของการวัด ภายในกลุ่มทดลองได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที มีความแตกต่างกันทุกช่วงของการวัด และ ผลเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ระหว่างกลุ่มทดลองได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที ช่วงความถี่ Alpha ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7 มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวไม่แตกต่างกันตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8 มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวแตกต่างกัน คลื่นความถี่เบต้า (Beta) ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7 มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวไม่แตกต่างกัน ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8 มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวแตกต่างกัน ดัชนีความถี่เบต้าต่ออัลฟา (Beta/Alpha) ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7 มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวแตกต่างกัน ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF8 มีอิทธิพลต่อการตื่นตัวไม่แตกต่างกัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า การได้รับแสงสีฟ้ามีความสัมพันธ์ระหว่างแสงสีฟ้า (Blue Light) การมองเห็นแบบภาพ (Image Forming) สเปกตรัมแสง (Light Spectrum) เมื่อ Visual Pigment ใน Rods และ Cones cells ดูดซึมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง ความยาวคลื่น 380-770 นาโนเมตร จะเกิดกระแสประสาท (Nerve Impulse) ส่งผ่านจากตาไปยังสมอง ทำให้รับรู้เกิดการมองเห็น แสงจากวัตถุจะเดินทางผ่านเลนส์ตา หักเหไปตกกระทบเป็นภาพที่เรตินา การทำงานสมองหลังจากถูกกระตุ้นโดยสิ่งเร้า จะเข้าสู่วิถีประสาทการมองเห็น (Visual Pathway) เริ่มจากกระจกตา (Cornea) ที่จะเห็นภาพหรือวัตถุสะท้อนเข้าสู่จอประสาทตา (Retina) จากนั้นส่งสัญญาณต่อไปยังจุดประสานเส้นประสาท (Optic Chiasm) ผ่านเส้นประสาทตา (Optic Nerve) ไปยัง Primary Visual Cortex ที่สมองส่วนหลัง (Occipital Lobe) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น วิถีประสาทการรับภาพ (Visual Pathway) เซลล์รับแสงมีบทบาททำหน้าที่แสดงการควบคุมนาฬิกาชีวิต (Circadian Rhythm) เพื่อควบคุมการทำงานระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ฮอร์โมน อุณหภูมิร่างกาย การหลับและการตื่น การเปิดรับแสงสีฟ้าสามารถส่งผลกระทบต่อจังหวะ

นาฬิกาชีวิต สรีรวิทยา วงจรการตื่นนอนตามธรรมชาตินั้นควบคุมโดยการปล่อยฮอร์โมนเมลาโท닌 จากต่อมไพเนียล โดยปกติการหลั่งเมลาโท닌จะเพิ่มขึ้นทันทีหลังจากเริ่มมีความมืดในตอนกลางคืน และค่อย ๆ ตกลงสอดคล้องกับ Parihar et al. (2019) อธิบายว่าเมลาโท닌 (N-Acetyl-5-Methoxy Tryptamine) เป็นสารที่ถูกหลั่งออกมาจากอวัยวะต่าง ๆ ในมนุษย์ ถูกผลิตโดยต่อมไพเนียลในสมอง ขณะกำลังนอนหลับ ช่วยให้วงจรนอนตามเวลาที่ควรนอน และตื่นนอนตามเวลาที่ควรจะตื่นนอน ต่อมไพเนียลผลิตเมลาโท닌 โดยอาศัยความมืดเป็นตัวกระตุ้น และถูกยับยั้งโดยแสงสว่าง ซึ่งระดับ เมลาโท닌จะเปลี่ยนแปลง ขึ้น-ลง ตามวัฏจักร โดยต่อมไพเนียลจะเริ่มสร้างเมลาโท닌จากการรับรู้ จากความมืดผ่านดวงตา และระดับเมลาโท닌ในกระแสเลือดจะมีความแตกต่างกันออกไปตามแต่ละ ช่วงวัย ช่วงที่เข้าสู่วัยรุ่น เมลาโท닌จะลดลงมากซึ่งเชื่อว่าการพัฒนา การของระบบสืบพันธุ์ ของร่างกายที่เข้ามาแทนที่เมื่ออายุมากขึ้น ระดับเมลาโท닌จะยิ่งลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Blume, Garbazza, and Spitschan (2019) พบว่าการแปรผันของจังหวะในการส่องสว่างรอบข้าง ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรม เช่น การพักผ่อนระหว่างการนอนหลับและการทำกิจกรรมในช่วงตื่นตัว รวมถึงกระบวนการทางชีวภาพพื้นฐาน

ความแตกต่างระหว่างตำแหน่งอิเล็กโทรด AF7 และ AF8 ซึ่งติดตั้งและวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่งสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) ซึ่งทำงานเกี่ยวกับการตัดสินใจ เหตุผล การวางแผน และ ควบคุมการเคลื่อนไหว อยู่ด้านละซีกของสมองโดยอิเล็กโทรด AF7 จะถูกวัดกระบวนการทำงานของ สมองซีกขวาเกี่ยวกับความเข้าใจ การแสดงออก เป็นสมองที่แสดงความรู้สึก ในขณะที่ AF8 จะถูกวัด กระบวนการทำงานของสมองซีกซ้าย เกี่ยวกับความเข้าใจ การแสดงออก การใช้เหตุผล การได้รับแสง สีฟ้าทำให้เกิดกระแสประสาทผ่าน Afferent Connections เข้าสู่ Reticular Formation (RF) และ เข้าไปสู่กลุ่มนิวเคลียส Ascending Reticular Activating System (ARAS) มีหน้าที่ควบคุมความตื่น (Wakefulness) และการตื่นหลับ (Sleep-Wake Transition) ใช้สารสื่อประสาทโดพามีน ซึ่งรับ ความรู้สึกต่าง ๆ ในสภาวะแวดล้อมจะส่งต่อไปยังสมองใหญ่ เพื่อกระตุ้นให้สภาวะของร่างกายอยู่ใน สภาวะตื่นตัว (Awake) โดยความรู้สึกตัวอาจเป็นระยะกระตุ้น (Excitation) จำแนกเป็นระยะตื่นตัว เป็นปกติเหมือนกับคนทั่วไป (Fully Awake) ระยะซึ่ม ยังพอพูดรู้เรื่อง แต่มักจะหลับอยู่เสมอ (Drowsiness) ระยะซึ่ม (Confusion) หรือระยะเพ้อ (Delirium) หรือความรู้สึกตัวในระยะหลับ (Sleep) ระยะก่อนหลับสนิท (Rapid Eye Movement Sleep)

การเปิดรับแสงในแสงที่มองเห็นได้ โดยเฉพาะแสงสีฟ้ายับยั้งการหลั่งเมลาโท닌 การสัมผัส กับแสงความสว่างที่เทียบเคียงได้แสงสีฟ้าจะยับยั้งเมลาโท닌เป็นเวลานานกว่าสองเท่า และเพิ่ม การเปลี่ยนแปลงจังหวะนาฬิกาชีวิตสองเท่า ทำให้สมองทำงานร่างกายเกิดการตื่นตัว สอดคล้อง งานวิจัย Figueiro et al. (2019) พบว่า แสงสีแดงอมตัวผ่านเปลือกตาปิดในระดับที่ไม่กดเมลาโท닌 สามารถนำมาใช้เพื่อลดแรงเฉื่อยในการนอนหลับ เมื่อแสงยับยั้งเมลาโท닌เกิดการตื่นตัว ส่งผลถึง Ascending Reticular Activating System (ARAS) เป็นกลุ่มนิวเคลียสประสาทที่เชื่อมต่อกันรวม ๆ มี

หน้าที่ควบคุมความตื่น (Wakefulness) การตื่นหลับ (Sleep-Wake Transition) เปลี่ยนและเพิ่มการทำงานของทาลามัสและเปลือกสมองจนกระทั่งคลื่นไฟฟ้าสมอง ไม่ประสานการทำงานทางไฟฟ้าในสมองจะต่างกันเมื่อตื่นและหลับ คลื่นสมองที่ความต่างศักย์ต่ำและเปลี่ยนแปลงเร็ว (Fast Burst) ซึ่งเป็นสภาวะเรียกว่า EEG Desynchronization สัมพันธ์กับความตื่นและการนอนหลับระยะ REM คือสภาพทั้งสองมีการทำงานทางไฟฟ้าสรีระคล้าย ๆ กัน ส่วนคลื่นสมองที่ความต่างศักย์สูงและเปลี่ยนแปลงช้า (Slow Wave) พบในระยะนอนหลับ (Meira e Cruz et al., 2018) ประสาทวิทยาได้ศึกษาคลื่นสมองในย่านความถี่ที่สัมพันธ์กับกิจกรรมของร่างกายมนุษย์ (Brain Frequencies Activity) ความแตกต่างของคลื่นสมอง (Brain Wave) จะเกิดขึ้นในลักษณะกิจกรรมแตกต่างกัน สอดคล้อง Ramadan, Refat, Elshahed, and Ali (2015) อธิบายว่าคลื่นอัลฟา (Alpha Brainwave) มีความถี่ประมาณ 7-14 รอบต่อวินาที (Hz) ความถี่นี้พบในผู้ใหญ่ที่มีการฝึกฝนตนให้สงบนิ่งมากขึ้น สภาวะที่สมองทำงานอยู่ในคลื่นอัลฟา พบขณะที่กล้ามเนื้อหรือร่างกายผ่อนคลาย ช่วงเวลาที่ง่วงนอนก่อนหลับหรือหลับใหม่ ๆ เวลาทำอะไรเพลิน ๆ จนลืมสิ่งรอบตัว เวลาสบายใจ เวลาอ่านหนังสือ หรือจดจ่อกับกิจกรรมอย่างต่อเนื่องในระยะเวลานึงและการเข้าสมาธิในระดับภวังค์ที่ไม่ลึกมาก ขณะที่คลื่นเบต้า (Beta Brainwave) ความถี่ประมาณ 14-21 รอบต่อวินาที (Hz) ช่วงคลื่นสมองที่เร็วที่สุดเกิดขึ้นในขณะที่สมองอยู่ในภาวะการทำงานและควบคุมจิตได้สำนึก (Conscious Mind) ในขณะที่ตื่นและรู้ตัว ในกรณีที่จิตมีความคิดมากมายหลายอย่างจากภารกิจประจำวัน วุ่นวายใจ สับสนหรือฟุ้งซ่าน และสั่งการสมองอย่างไม่เป็นระเบียบ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. บุคลากรทางการศึกษา และนักวิชาการ สามารถนำหมวกแสงสีฟ้าไปใช้สำหรับกระตุ้นการตื่นตัวผู้มีอาการง่วงนอน ไปใช้ในการกระตุ้นอาการง่วงนอน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ หรือผู้ขับชั๊รถยนต์ ผู้ที่ปฏิบัติงานในลักษณะงานที่ทำซ้ำ ๆ กัน หรืองานในอุตสาหกรรมเป็นต้น
2. มหาวิทยาลัย วิทยาลัย หรือสถาบันอุดมศึกษาทางด้านประสาทวิทยาศาสตร์ สามารถนำข้อมูลผลการวิจัย ไปประกอบการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการ อบรม สัมมนาประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการรับรู้ ความเข้าใจการตื่นตัว เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยแสงสีฟ้า
3. บุคลากรทางการแพทย์ สามารถนำผลการวิจัยทั้งในส่วน of คลื่นไฟฟ้าสมอง และกิจกรรมการทดลองใช้หมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวผู้มีอาการง่วงนอน ไปใช้ในการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้ป่วย และจัดกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อป้องกันและรักษาอาการที่เกี่ยวข้องกับการนอนหลับ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. การศึกษานี้เป็นการศึกษาเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่เป็นวัยนักศึกษา ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี จึงควรที่จะมีการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างในช่วงวัยอื่น เพื่อเปรียบเทียบการตื่นตัวเมื่อได้รับ

แสงสีฟ้าในระยะเวลาต่าง ๆ ของบุคคลในกลุ่มที่ต่างไป

2. การวิจัยนี้ ใช้ระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน โดยใช้หมวกแสงสีฟ้าเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ควรที่จะมีการนำสิ่งเร้าในลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น หมวกแสงสีแดง สีขาว เป็นต้น มาใช้เพื่อเปรียบเทียบการตื่นตัวจากการถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่แตกต่าง

บรรณานุกรม

- นาวา สุเทพากุล. (2558). เมลาโทนิน ฮอร์โมนแห่งรัตติกาล. *วารสารเพื่อการวิจัยและพัฒนาองค์การเภสัชกรรม*, 12(1).
- สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. (2557). คู่มือการเลือกหลอด LED สำหรับผู้บริโภค. กรุงเทพฯ: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย
- อินทิรา ปากันทะ. (2550). ปัญหาการนอนหลับและวิธีการแก้ไข. *วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 1(2), 31-38.
- Abdulkader, S. N., Atia, A., & Mostafa, M.-S. M. (2015). Brain computer interfacing: Applications and challenges. *Egyptian Informatics Journal*, 16(2), 213-230. doi: 10.1016/j.eij.2015.06.002
- Abhang, P. A., Gawali, B. W., & Mehrotra, S. C. (2016). Introduction to Emotion, Electroencephalography, and Speech Processing. In P. A. Abhang, B. W. Gawali, & S. C. Mehrotra (Eds.), *Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition* (pp. 1-17): Academic Press.
- Akerstedt, T., & Gillberg, M. (1990). Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int J Neurosci*, 52(1-2), 29-37. doi: 10.3109/00207459008994241
- Alfonsi, V., D'Atri, A., Gorgoni, M., Scarpelli, S., Mangiaruga, A., Ferrara, M., & De Gennaro, L. (2019). Spatiotemporal Dynamics of Sleep Spindle Sources Across NREM Sleep Cycles. *Front Neurosci*, 13, 727. doi: 10.3389/fnins.2019.00727
- Alkozei, A., Smith, R., Pisner, D. A., Vanuk, J. R., Berryhill, S. M., Fridman, A., Killgore, W. D. (2016). Exposure to Blue Light Increases Subsequent Functional Activation of the Prefrontal Cortex During Performance of a Working Memory Task. *Sleep*, 39(9), 1671-1680. doi: 10.5665/sleep.6090
- Atasoy, N. (2019). Melatonin ve Antioksidan Etkileri. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3), 196-201. doi: 10.33631/duzcesbed.492547
- Baek, H., & Min, B. K. (2015). Blue light aids in coping with the post-lunch dip: An EEG study. *Ergonomics*, 58(5), 803-810. doi: 10.1080/00140139.2014.983300
- Baulk, S., Reyner, L., & Horne, J. (2001). Driver Sleepiness—Evaluation of Reaction Time Measurement as a Secondary Task. *Sleep Biol Rhythms*, 24(6), 695-698.
- Beaven, C. M., & Ekström, J. (2013). A Comparison of Blue Light and Caffeine Effects on Cognitive Function and Alertness in Humans. *PLOS ONE*, 8(10), e76707. doi: 10.1371/journal.pone.0076707

- Bhayee, S., Tomaszewski, P., Lee, D. H., Moffat, G., Pino, L., Moreno, S., & Farb, N. A. (2016). Attentional and affective consequences of technology supported mindfulness training: a randomised, active control, efficacy trial. *BMC Psychol*, 4(1), 60. doi: 10.1186/s40359-016-0168-6
- Blume, C., Garbazza, C., & Spitschan, M. (2019). Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood. *Somnologie (Berl)*, 23(3), 147-156. doi: 10.1007/s11818-019-00215-x
- Chellappa, S. L., Steiner, R., Oelhafen, P., Lang, D., Gotz, T., Krebs, J., & Cajochen, C. (2013). Acute exposure to evening blue-enriched light impacts on human sleep. *J Sleep Res*, 22(5), 573-580. doi: 10.1111/jsr.12050
- Deniz, O. G., Turkmen, A. P., Onger, M. E., Altunkaynak, B. Z., & Kaplan, S. (2016). Melatonin and Melatonin Receptors in Neuroprotection. In F. López-Muñoz, V. Srinivasan, D. de Berardis, C. Álamo, & T. A. Kato (Eds.), *Melatonin, Neuroprotective Agents and Antidepressant Therapy* (pp. 65-75). New Delhi: Springer India.
- Eban-Rothschild, A., Appelbaum, L., & de Lecea, L. (2018). Neuronal Mechanisms for Sleep/Wake Regulation and Modulatory Drive. *Neuropsychopharmacology*, 43(5), 937-952. doi: 10.1038/npp.2017.294
- Edmond, W. A., & Kennedy, T. D. (2017). *An Applied Reference Guide to Research Designs: Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. California: Sage Publication.
- Esposito, S., Laino, D., D'Alonzo, R., Mencarelli, A., Di Genova, L., Fattorusso, A., Mencaroni, E. (2019). Pediatric sleep disturbances and treatment with melatonin. *J Transl Med*, 17(1), 77. doi: 10.1186/s12967-019-1835-1
- Figueiro, M. G., Bierman, A., Plitnick, B., & Rea, M. S. (2009). Preliminary evidence that both blue and red light can induce alertness at night. *BMC Neurosci*, 10, 105. doi: 10.1186/1471-2202-10-105.
- Figueiro, M. G., Lesniak, N. Z., & Rea, M. S. (2011). *Implications of controlled short-wavelength light exposure for sleep in older adults*. Retrieved from <http://www.biomedcentral.com/1756-0500/4/334>
- Figueiro, M. G., & Rea, M. S. (2010). The Effects of Red and Blue Lights on Circadian Variations in Cortisol, Alpha Amylase, and Melatonin. *International Journal of Endocrinology*, 2010, 9. doi: 10.1155/2010/829351
- Figueiro, M. G., Sahin, L., Roohan, C., Kalsher, M., Plitnick, B., & Rea, M. S. (2019). Effects of red light on sleep inertia. *Nat Sci Sleep*, 11, 45-57. doi: 10.2147/NSS.S195563

- Foster, R. G., Provencio, I., Hudson, D., Fiske, S., Grip, W. D., & Menaker, M. (1991). Circadian photoreception in the retinally degenerate mouse (rd/rd). *Journal of Comparative Physiology A*, *169*(1), 39-50. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00198171>
- Fuller, P. M., Gooley, J. J., & Saper, C. B. (2006). Neurobiology of the sleep-wake cycle: sleep architecture, circadian regulation, and regulatory feedback. *J Biol Rhythms*, *21*(6), 482-493. doi: 10.1177/0748730406294627
- Galloway, N. R., Amoaku, W. M. K., Galloway, P. H., & Browning, A. C. (2006). *Common Eye Diseases and their Management*. London: Pringer.
- Grimann, B., Allison, B. Z., & Pfurtscheller, G. (2011). *Brain-Computer Interfaces*. London: Springer.
- Harrison, E. M., Yablonsky, A. M., Powell, A. L., Ancoli-Israel, S., & Glickman, G. L. (2019). Reported light in the sleep environment: enhancement of the sleep diary. *Nat Sci Sleep*, *11*, 11-26. doi: 10.2147/NSS.S193902
- Hashemi, A., Pino, L. J., Moffat, G., Mathewson, K. J., Aimone, C., Bennett, P. J., Sekuler, A. B. (2016). Characterizing Population EEG Dynamics throughout Adulthood. *eNeuro*, *3*(6). doi: 10.1523/ENEURO.0275-16.2016
- Hassell, K. J., Reiter, R. J., & Robertson, N. J. (2013). Melatonin and Its Role in Neurodevelopment during the Perinatal Period: A Review. *Fetal and Maternal Medicine Review*, *24*(2), 76-107. doi: 10.1017/s0965539513000089
- Hochin, W., & Moongngarm, A. (2017). Melatonin content and antioxidant activity in local vegetables. *Khon Kaen Agr. J.*, *45*(1), 1174-1179.
- Kaida, K., Takahashi, M., Akerstedt, T., Nakata, A., Otsuka, Y., Haratani, T., & Fukasawa, K. (2006). Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables. *Clin Neurophysiol*, *117*(7), 1574-1581. doi: 10.1016/j.clinph.2006.03.011
- Kim, S., Jo, K., Hong, K. B., Han, S. H., & Suh, H. J. (2019). GABA and l-theanine mixture decreases sleep latency and improves NREM sleep. *Pharm Biol*, *57*(1), 65-73. doi:10.1080/13880209.2018.1557698
- Kolb, H. (2017). *Simple Anatomy of the Retina* by Helga Kolb. Retrieved from <https://webvision.med.utah.edu/book/part-i-foundations/simple-anatomy-of-the-retina/>
- Krigolson, O. E., Williams, C. C., Norton, A., Hassall, C. D., & Colino, F. L. (2017). Choosing MUSE: Validation of a Low-Cost, Portable EEG System for ERP Research. *Front Neurosci*, *11*, 109. doi: 10.3389/fnins.2017.00109

- Lehrl, S., Gerstmeyer, K., Jacob, J. H., Frieling, H., Henkel, A. W., Meyrer, R., Bleich, S. (2007). Blue light improves cognitive performance. *J Neural Transm (Vienna)*, 114(4), 457-460. doi: 10.1007/s00702-006-0621-4
- Matos, M. G. d., Marques, A., Peralta, M., Gaspar, T., Simões, C., Pinto, H. R., Paiva, T. (2019). Sleep and sex Sleep in adolescence: sex matters. *Sleep Sci, Ahead of Print*, 1-9. doi: 10.5935/1984-0063.20190075
- Meira e Cruz, M., Matoso Laranjo, S., & Rocha, I. (2018). Hypothalamic Control of Sleep-Wake Circadian Cycle. doi: 10.5772/intechopen.79899
- Motamedzadeh, M., Golmohammadi, R., Kazemi, R., & Heidarimoghadam, R. (2017). The effect of blue-enriched white light on cognitive performances and sleepiness of night-shift workers: A field study. *Physiol Behav*, 177, 208-214. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.05.008
- Muse. (2018). Technical Specification, Validation, and Research Use. In I. Inc. (Ed.). Toronto ON, Canada: InteraXon Inc.
- Parihar, A. S., Kalburgi, V., Sharma, S., Gupta, G., Chaudhary, A., & Nasha, A. (2019). Melatonin in Periodontal Diseases-A Review. *BFUDJ*, 9(1).
- Plitnick, B., Figueiro, M., Wood, B., & Rea, M. (2010). The effects of red and blue light on alertness and mood at night. *Lighting Research & Technology*, 42(4), 449-458. doi: 10.1177/1477153509360887
- Polo, A., Narvaez, P., & Robles Algarín, C. (2018). Implementation of a Cost-Effective Didactic Prototype for the Acquisition of Biomedical Signals. *Electronics*, 7(5), 77. doi: 10.3390/electronics7050077
- Ramadan, R. A., Refat, S., Elshahed, M. A., & Ali, R. A. (2015). Basics of Brain Computer Interface. 74, 31-50. doi: 10.1007/978-3-319-10978-7_2
- Riechert, H. (2015). Lighting the 21st century. *Physica Status Solidi (a)*, 212(5), 893-896. doi: 10.1002/pssa.201570434
- Rosenfield, M., & MCOptom. (2019). Living With Blue Light Exposure. *Review of Optometry*, 56-60. doi: 10.13140/RG.2.2.33705.34407
- Ryer, A. (1998). Light Measurement Handbook. MA: Technical Publication Dept.
- Sengupta, P., Bhattacharya, K., & Dutta, S. (2019). Role of melatonin in male reproduction. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 8(5), 211. doi: 10.4103/2305-0500.268142
- Shih, J. J., Krusienski, D. J., & Wolpaw, J. R. (2012). Brain-computer interfaces in medicine. *Mayo Clin Proc*, 87(3), 268-279. doi: 10.1016/j.mayocp.2011.12.008
- Smick, K., & Villette, T. (2013). *Blue Light Hazard: New Knowledge, New Approaches to Maintaining Ocular Health*. Retrieved from New York City, NY, USA:

- Wei, C. S., Wang, Y. T., Lin, C. T., & Jung, T. P. (2018). Toward Drowsiness Detection Using Non-hair-Bearing EEG-Based Brain-Computer Interfaces. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, *26*(2), 400-406. doi: 10.1109/TNSRE.2018.2790359
- Yangan, K., Ongiem, A., & Vichitvejpaisal, P. (2019). Melatonin: Is It Suitable for Use in Anesthesia? *Thai J Anesthesiol*, *45*(2), 73-80.
- Zaidi, F. H., Hull, J. T., Peirson, S. N., Wulff, K., Aeschbach, D., Gooley, J. J., Lockley, S. W. (2007). Short-wavelength light sensitivity of circadian, pupillary, and visual awareness in humans lacking an outer retina. *Curr Biol*, *17*(24), 2122-2128. doi: 10.1016/j.cub.2007.11.034

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความ และกรอกข้อมูลลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวท่าน

-
1. เพศ ชาย หญิง
 2. อายุ.....ปี
 3. ปัจจุบันศึกษา ชั้นปีที่ 1 ชั้นปีที่ 2 ชั้นปีที่ 3 ชั้นปีที่ 4 ชั้นปีที่ 5
 ระยะเวลา.....ปี
 4. ความถนัดการใช้มือ ถนัดมือขวา ถนัดมือซ้าย ถนัดทั้งสองมือ
 5. โรคประจำตัว ไม่มี มี โปรดระบุ.....
 6. การได้รับบาดเจ็บที่สมอง หรือผ่าตัดสมอง ไม่เคย เคย
 7. การเจ็บป่วยทางจิตเวช ไม่มี มี โปรดระบุ.....
 8. การรับประทานยา หรือผลิตภัณฑ์อาหารเสริม ไม่เคย นาน ๆ ครั้ง เป็นประจำทุกวัน
 9. การมองเห็น ปกติ ใส่แว่นตาช่วย
 10. การได้ยิน ปกติ ใช้เครื่องช่วยฟัง

แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือของเอตินเบิร์ก

คำชี้แจง กรุณาระบุความถนัดในการใช้มือจากท่านในการทำกิจกรรมต่าง ๆ

กิจกรรม	ใช้มือขวาเป็นประจำ	ใช้มือขวาบ่อย	ใช้มือทั้งสองเท่ากัน	ใช้มือซ้ายบ่อย	ใช้มือซ้ายเป็นประจำ
การเขียน					
การวาด					
การขว้างปา					
การใช้กรรไกร					
การแปรงฟัน					
การใช้มีด					
การใช้ช้อน					
การใช้ไม้กวาด					
การแข่งขันที่ถนัด					
การเปิดฝากล่อง					

การให้คะแนน

ใช้มือขวาเป็นประจำ	เท่ากับ	100	คะแนน
ใช้มือขวาบ่อย	เท่ากับ	50	คะแนน
ใช้มือทั้งสองเท่ากัน	เท่ากับ	0	คะแนน
ใช้มือซ้ายบ่อย	เท่ากับ	50	คะแนน
ใช้มือซ้ายเป็นประจำ	เท่ากับ	100	คะแนน

การแปลผล

ผู้ที่ถนัดการใช้มือซ้าย	อยู่ในช่วงคะแนนระหว่าง 50 ถึง 100
ผู้ที่ถนัดการใช้มือทั้งสองข้าง	อยู่ในช่วงคะแนนระหว่าง 75 ถึง 75
ผู้ที่ถนัดการใช้มือขวา	อยู่ในช่วงคะแนนระหว่าง 50 ถึง 100

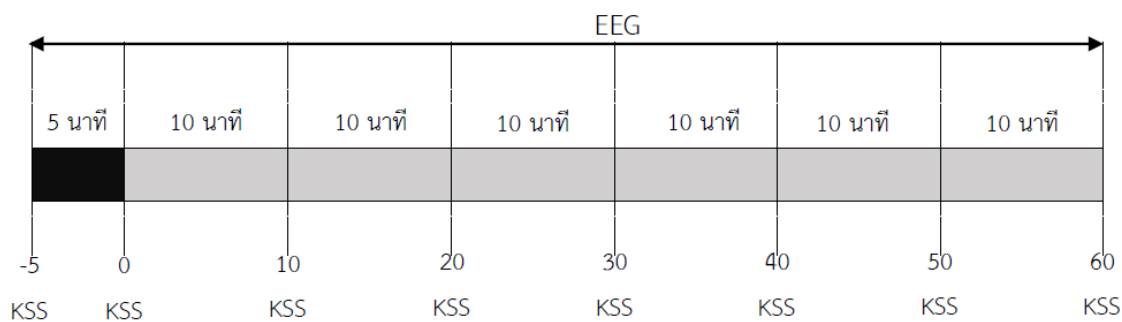
มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)

Rating k	Description	ระดับ	ความรู้สึก
1	Extremely alert	1	ตื่นตัวอย่างมาก
2	Very alert	2	ตื่นตัวมาก
3	Alert	3	ตื่นตัวในระดับปกติ
4	Rather Alert	4	ค่อนข้างตื่นตัว
5	Neither alert nor sleepy	5	ไม่ตื่นตัว ง่วงนอน
6	Some sign of sleepiness	6	เริ่มหาว ต้องการนอน
7	Sleepy, but no difficulty remaining awake	7	ง่วงนอน แต่ยังตื่นไหว
8	Sleepy but some effort to stay awake	8	ง่วงนอนมาก
9	Extremely sleepy, fighting sleep	9	อยากนอนหลับ

มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)

ระดับ	ความรู้สึก
1	ตื่นตัวอย่างมาก
2	ตื่นตัวมาก
3	ตื่นตัวในระดับปกติ
4	ค่อนข้างตื่นตัว
5	ไม่ตื่นตัว ง่วงนอน
6	เริ่มหาว ต้องการนอน
7	ง่วงนอน แต่ยังไม่หลับ
8	ง่วงนอนมาก
9	อยากนอนหลับ

แสดงขั้นตอนการทดลองกลุ่มควบคุมที่รับแสงสีฟ้า 0 นาที



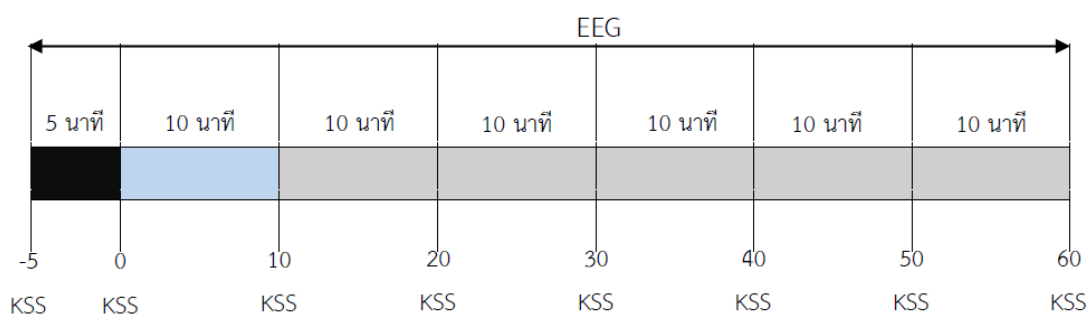
แบบบันทึกมาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)

--	--	--	--	--	--	--	--

มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)

ระดับ	ความรู้สึก
1	ตื่นตัวอย่างมาก
2	ตื่นตัวมาก
3	ตื่นตัวในระดับปกติ
4	ค่อนข้างตื่นตัว
5	ไม่ตื่นตัว ง่วงนอน
6	เริ่มหาว ต้องการนอน
7	ง่วงนอน แต่ยังไม่หลับ
8	ง่วงนอนมาก
9	อยากนอนหลับ

แสดงขั้นตอนการทดลองกลุ่มควบคุมที่รับแสงสีฟ้า 10 นาที



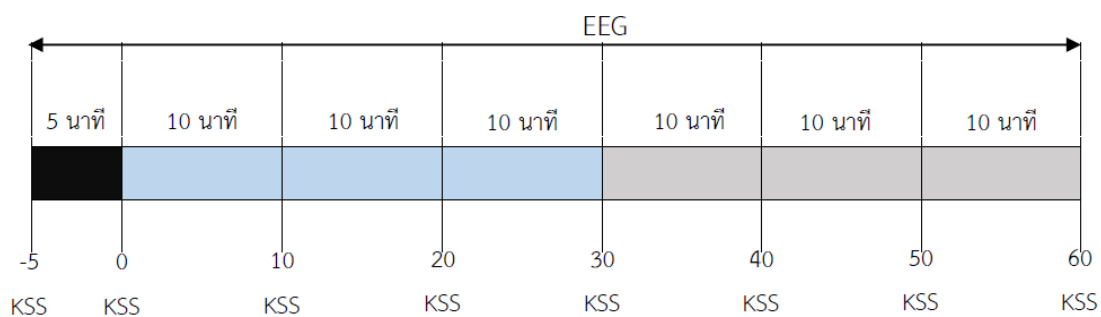
แบบบันทึกมาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)

--	--	--	--	--	--	--	--

มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)

ระดับ	ความรู้สึก
1	ตื่นตัวอย่างมาก
2	ตื่นตัวมาก
3	ตื่นตัวในระดับปกติ
4	ค่อนข้างตื่นตัว
5	ไม่ตื่นตัว ง่วงนอน
6	เริ่มหาว ต้องการนอน
7	ง่วงนอน แต่ยังไม่ตื่นไหว
8	ง่วงนอนมาก
9	อยากนอนหลับ

แสดงขั้นตอนการทดลองกลุ่มควบคุมที่รับแสงสีฟ้า 30 นาที



แบบบันทึกมาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)

--	--	--	--	--	--	--	--



TECHNICAL SPECIFICATIONS, VALIDATION, AND RESEARCH USE

CONTENTS:

Introduction to Muse.....	2
Technical Specifications.....	3
Research Validation.....	6
Visualizing and Recording EEG.....	8



INTRODUCTION TO MUSE

Muse: the brain sensing headband, is an electroencephalography (EEG) technology. EEG is a well-established, non-invasive, harmless method of recording the electrical activity of groups of brain cells. EEG provides robust real-time insight into the brain; and Muse is the most versatile and easy-to-use EEG system available.



MUSE FOR CONSUMERS

Muse is designed as a personal meditation assistant. It can pair with any tablet or smartphone and operate with the Muse application, which trains the user in meditation exercises and records EEG data.

Novice meditators usually struggle with two issues: knowing whether they are "doing it right," and staying motivated. Muse addresses these issues by providing real-time "state of mind" feedback, and offering an engaging motivational framework.

Muse makes meditation easy.

Muse is extremely accessible. It is wireless (Bluetooth), lightweight, flexible, adjustable, and easily worn with less than one minute of set-up.

Muse uses two channels on the left and two on the right, so it is ideal for exploring hemispheric asymmetries.

Muse has two micro-USB ports on the back of the ear pods where two auxiliary electrodes can be attached. These electrodes can be used to measure EMG, ECG, or EEG on other areas of the head or body.

MUSE FOR SCIENTISTS, CLINICIANS, AND RESEARCHERS

Muse is used in hospitals, clinics, and universities worldwide as a research tool. The research domains extend from cognitive neuroscience, to brain health, psychotherapy, music cognition, and more.

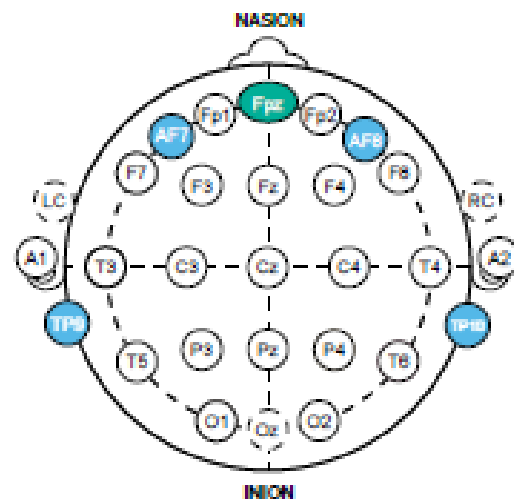
Institutions currently using Muse in research include Harvard, Stanford, MIT, Mayo Clinic, NYU, McMaster University, University of Toronto, University College London, and many others.

The Muse Professionals Program is a platform for clinicians and coaches to use Muse with their clients.

<http://professionals.choosemuse.com>

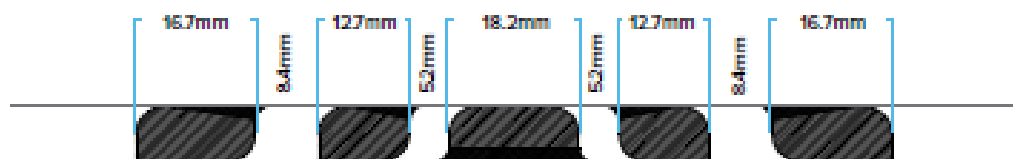
MUSE ELECTRODE LOCATIONS

Muse electrode locations by 10-20 International Standards.



The channel electrode positions AF7 and AF8 are based on the size of an average adult head. While the earpieces of Muse are adjustable, the flex band is not. Using Muse on a smaller or larger head may change the positioning of the AF7 and AF8 channel electrodes. For example, on a smaller than average head, AF7 may become closer to F7 and AF8 may become closer to F8.

Below are the measurements between the channel electrodes on the flex band. Use these to determine if there is any change in electrode position based on head size.



TECHNICAL SPECIFICATIONS

Muse 2014

WIRELESS CONNECTION	Bluetooth 2.1 + EDR
EEG CHANNELS	4-6 Channels
	220Hz or 500Hz
	10 or 16 bits / sample
REFERENCE ELECTRODE POSITION	FPz (CMS/DRL)
CHANNEL ELECTRODES POSITIONS	TP9, AF7, AF8, TP10 (dry)
BATTERY LIFE	Maximum 5 hours (rechargeable Li-Ion)
CHARGING TIME	2.5 Hours
MATERIALS	Silver (frontal electrodes), Conductive silicone-rubber (temporal electrodes)
WEIGHT	61g
DIMENSIONS	Minimum head circumference 52cm
	Maximum head circumference 60cm
ACCELEROMETER	Three-axis @ 50Hz, 10 bit resolution, range +/- 2G
GYROSCOPE	None
INPUT RANGE	2mV p-p AC coupled signal
NOISE SUPPRESSION	DRL- REF feedback with 2 μ V (RMS) noise floor
	50 or 60Hz notch filter (regional)
MUSE APP COMPATIBILITY	iOS, Android
RESEARCH TOOLS	MuseIO, MuseLab and MusePlayer
RESEARCH TOOL COMPATIBILITY	Windows, Mac OS, Linux
LIBMUSE COMPATIBILITY	iOS, Android
MICRO-USB PORTS	2

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Muse 2016

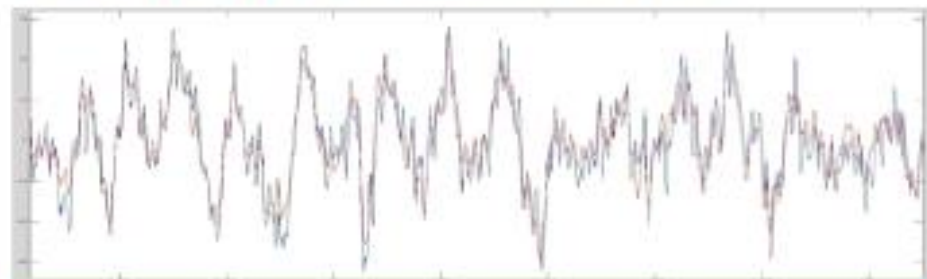
WIRELESS CONNECTION	BT 4.0 BTLE
EEG CHANNELS	4-5 Channels
	256Hz
	12 bits / sample
REFERENCE ELECTRODE POSITION	FPz (CMS/DRL)
CHANNEL ELECTRODES POSITIONS	TP9, AF7, AF8, TP10 (dry)
BATTERY LIFE	Maximum 10 hours (rechargeable Li-Ion)
CHARGING TIME	2.5 hrs on slow charge, 1.5 hrs on fast charge
MATERIALS	Silver (frontal electrodes), Conductive silicone-rubber (temporal electrodes)
WEIGHT	60g
DIMENSIONS	Minimum head circumference 52cm
	Maximum head circumference 60cm
ACCELEROMETER	Three-axis @ 52Hz, 16 bit resolution, range +/- 4G
GYROSCOPE	+/- 1000 degrees per second
INPUT RANGE	2mV p-p AC coupled signal
NOISE SUPPRESSION	DRL – REF feedback with 2µV (RMS) noise floor
	No notch filter onboard
MUSE APP COMPATIBILITY	iOS, Android
RESEARCH TOOLS	MuseLab and MusePlayer
RESEARCH TOOL COMPATIBILITY	Windows, Mac OS, Linux
LIBMUSE COMPATIBILITY	iOS, Android
MICRO-USB PORTS	1

RESEARCH VALIDATION

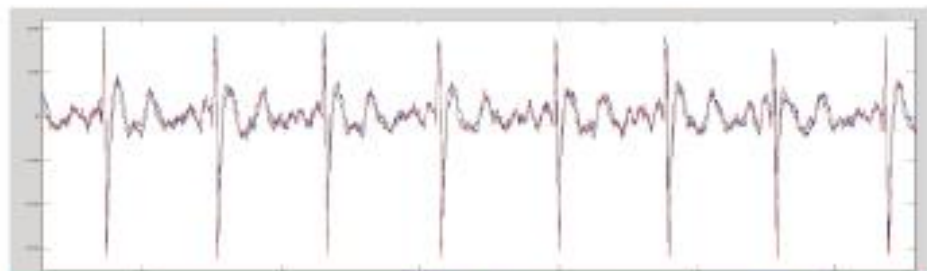
Muse has been tested against industry standard EEG systems including the Brain Vision actiCHamp system and the g.Tec g.USBamp system. Muse achieves comparable performance in voltage trace comparisons and in patterns of total and hemispheric power.



Voltage Trace Comparison (Muse in red, actiCHamp in blue):



Right ear (TP10) voltage comparison.



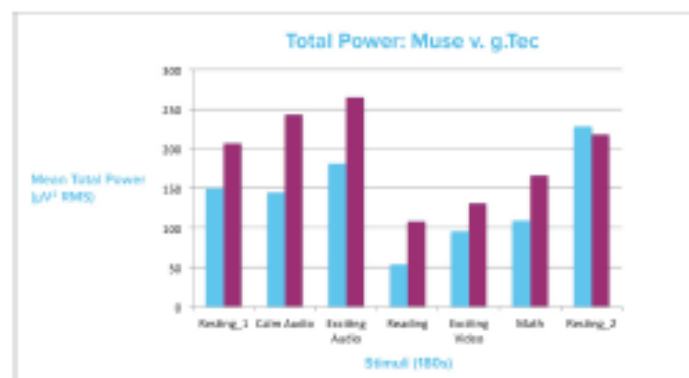
ECG voltage comparison on the left collar bone.

RESEARCH VALIDATION

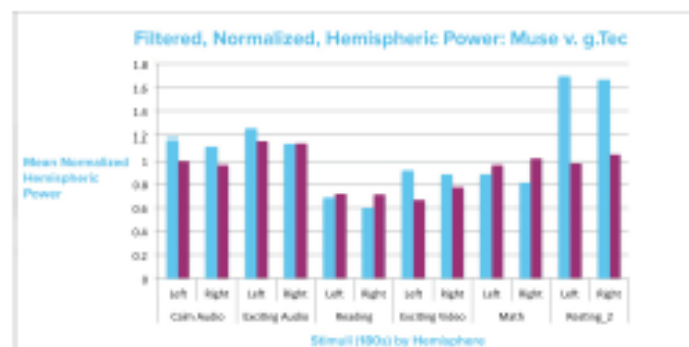
g.Tec Comparison:

McMaster University's LIVELab compared Muse with g.Tec's research-grade gel-electrode EEG system. Both Muse and g.Tec distinguished patterns of brain activation in a standard battery of cognitive tasks.

Muse was sampled at 220Hz across four channels while g.Tec was sampled at 256Hz across eight channels (FPz, Fz, Cz, Oz, F5, P7, F6, P8), with bandwidth filtered from 1-60Hz. Below are two figures which display the comparison of EEG measures. As shown, the pattern of activation is similar between the technologies.



Total power, calculated as the median variance across 180 1s epochs, across stimuli, averaged across electrode channels, averaged across participants (n=11).



Hemispheric power, pre-filtered to 1-40Hz, normalized to the preliminary resting phase, with g.Tec re-referenced to FPz, calculated as the median variance across 180 1s epochs, averaged between hemisphere electrodes (Muse channels 1,2 (left) and 3,4 (right), g.Tec channels 5,6 (left) and 7,8 (right)), across stimuli, across participants (n=11).

ภาคผนวก ข

หนังสือ เอกสาร ที่ใช้ในงานวิจัย

ที่ ๐๓๐/๒๕๖๒



เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา

๑. ชื่อเรื่องคุณูปนิพนธ์

ชื่อเรื่อง: ระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน: การศึกษาคสึ้นไฟฟ้าสมอง

TITLE: OPTIMAL BLUE LIGHT DURATION FOR ACTIVATING ALERTNESS OF DROWSY PEOPLE: AN ELECTROENCEPHALOGRAM STUDY

๒. ชื่อนิติบัตร: นายศรียศ เกษ ขุนเคศ

หลักสูตร ปรัชญาคุณูปนิพนธ์ (Ph.D.) สาขาวิชา การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
รหัส ๕๗๘๑๐๑๕๗

๓. ผลการพิจารณาของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า คำโครงการคุณูปนิพนธ์ดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัย กลุ่มตัวอย่าง และผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของคำโครงการคุณูปนิพนธ์ที่เสนอได้ ตั้งแต่วันที่ออกเอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ฉบับนี้ จนถึงวันที่ ๓๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๓

ออกให้ ณ วันที่ ๑๘ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๒

ลงนาม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรวดี มากมี)

คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

มหาวิทยาลัยบูรพา



เอกสารแสดงความยินยอม
ของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Consent Form)
(สำหรับผู้มีอายุตั้งแต่ ๑๘ ปี ขึ้นไป)

หัวข้อวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง ระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการ
 ตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง

วันให้คำยินยอม วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ก่อนที่จะลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย วิธีการวิจัย และรายละเอียดต่าง ๆ ตามที่ระบุในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ไว้แก่ข้าพเจ้า และข้าพเจ้าเข้าใจคำอธิบายดังกล่าวครบถ้วนเป็นอย่างดีแล้ว และผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยเกี่ยวกับโครงการวิจัยนี้ด้วยความเต็มใจ และไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และมีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ การบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตปกติที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยได้เฉพาะในส่วนที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลของข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต้องได้รับอนุญาตจากข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้วมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

กรณีที่ข้าพเจ้าไม่สามารถอ่านหรือเขียนหนังสือได้ ผู้วิจัยได้อ่านข้อความในเอกสารแสดงความยินยอมให้แก่ข้าพเจ้าฟังจนเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้าจึงลงนามหรือประทับลายนิ้วหัวแม่มือของข้าพเจ้าในเอกสารแสดงความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนามผู้ยินยอม

(.....)

ลงนามพยาน

(.....)

หมายเหตุ กรณีที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยให้ความยินยอมด้วยการประทับลายนิ้วหัวแม่มือ ขอให้มียพยานลงลายมือชื่อรับรองด้วย

เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Participant Information Sheet)

1. ชื่อคุณฉันทิพนธ์

ระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน:
การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาหมวกแสงสีฟ้าสำหรับกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลการตื่นตัวด้วยแบบประเมิน KSS ที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกันในกลุ่มผู้มีอาการง่วงนอน

2.3 เพื่อเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ที่ได้รับแสงสีฟ้าระยะเวลาต่างกันของผู้มีอาการง่วงนอน

2.4 เพื่อวิเคราะห์สมการถดถอยระหว่างระยะเวลารับแสงสีฟ้ากับคลื่นไฟฟ้าสมอง

3. วิธีการวิจัยเป็นวิธีการทดลองโดยกลุ่มทดลองมี 4 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ได้รับแสงสีฟ้า 10 นาที

กลุ่มที่ 2 ได้รับแสงสีฟ้า 20 นาที

กลุ่มที่ 3 ได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที

กลุ่มควบคุม ได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที

4. กระบวนการ ขั้นตอน และวิธีการที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะต้องปฏิบัติ

1) นัดหมายพร้อมกัน เวลา 8.30 น. ณ ห้องทดลองวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

2) ตรวจวัดชีพจร

3) สวมหมวกแสงสีฟ้าและปรับความสว่างของแต่ละคนให้คงที่ 40 Lux

4) สวม Muse บริเวณศีรษะสำหรับวัดคลื่นไฟฟ้าสมองและทดสอบการทำงานของเครื่องมือ

5) เตรียมการทดลองโดยให้กลุ่มตัวอย่างนั่ง มองตรงไปด้านหน้า แล้วเปิดแสงสีฟ้านานตามกลุ่มทดลอง พร้อมกับเปิดเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อบันทึกเป็นเวลา 65 นาที

6) ทำประเมินตามแบบประเมิน KSS ทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 60 นาที จำนวน 7 ครั้ง

7) พักผ่อนและรับประทานของว่าง ก่อนกลับที่พักและรับค่าเดินทางคนละ 300 บาท

5. ประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยพึงได้รับจากโครงการวิจัย

- ประสบการณ์การทดลองและการใช้เครื่องมือที่ทันสมัยสำหรับการศึกษาค้นคว้าไฟฟ้าสมอง
- มีส่วนร่วมในการพัฒนาองค์ความรู้และนวัตกรรมสำหรับพัฒนาประเทศ

6. การเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เป็นไปด้วยความสมัครใจ ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยมีสิทธิปฏิเสธการเข้าร่วมโครงการวิจัยได้ และสามารถถอนตัวออกจากการเป็นผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยได้ทุกเมื่อโดยการปฏิเสธหรือถอนตัวของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะไม่มีผลกระทบต่อสิทธิประการใด ๆ ที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะพึงได้รับและ ผู้วิจัยจะเก็บรักษาข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยเป็นความลับ การเผยแพร่ผลการวิจัยจะกระทำในภาพรวม โดยผู้วิจัยจะไม่นำข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยออกเปิดเผยไม่ว่าในทางใด ๆ เว้นแต่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะยินยอมให้เปิดเผยข้อมูลดังกล่าวโดยได้อนุญาตไว้เป็นลายลักษณ์อักษร

7. สามารถติดต่อผู้วิจัย นายตรีชัยเดช ชุมเดช นิสิตปริญญาเอก สาขาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา (Research and Statistics in Cognitive Science) วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา หมายเลขโทรศัพท์มือถือ 083-7534724 e-mail address Traidej08@hotmail.com

8. “หากผู้วิจัยไม่ปฏิบัติตามที่ได้ชี้แจงไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย สามารถแจ้งมายังคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา หมายเลขโทรศัพท์ 038-102077, 038-393484”

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ค1 ตัวอย่างข้อมูลจาก มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale. (KSS)

ระยะเวลาได้รับแสงสีฟ้า	เวลาที่วัด	กลุ่มตัวอย่าง	คะแนน KSS
1.00	8.00	1.00	8
1.00	8.00	2.00	4
1.00	8.00	3.00	4
1.00	8.00	4.00	8
1.00	8.00	5.00	3
1.00	8.00	6.00	3
1.00	8.00	7.00	5
1.00	8.00	8.00	3
1.00	8.00	9.00	6
1.00	8.00	10.00	3
1.00	8.00	11.00	1
1.00	8.00	12.00	5
1.00	8.00	13.00	3
1.00	8.00	14.00	3
1.00	8.00	15.00	7
...
4.00	6.00	6.00	6
4.00	6.00	7.00	3
4.00	6.00	8.00	8
4.00	6.00	9.00	4
4.00	6.00	10.00	6
4.00	6.00	11.00	9
4.00	6.00	12.00	8
4.00	6.00	13.00	7
4.00	6.00	14.00	7
4.00	6.00	15.00	3
4.00	6.00	16.00	5
4.00	6.00	17.00	3
4.00	6.00	18.00	7
4.00	6.00	19.00	7
4.00	6.00	20.00	6

ค1 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ (Power Spectral Density: PSD)

เวลารับแสง	เวลาที่วัด (Alpha)							ตำแหน่ง
	0 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	50 นาที	60 นาที	
รับแสง 0 นาที	-0.23	0.35	0.2	-0.26	0.18	0.34	0.45	AF7
รับแสง 10 นาที	-0.29	0.47	-0.02	-0.02	0	-0.09	0.22	
รับแสง 20 นาที	-0.09	0.35	0.42	0.2	0.13	0.05	-0.49	
รับแสง 30 นาที	-0.15	0.48	0.55	0.33	-0.19	-0.36	-0.28	
	0 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	50 นาที	60 นาที	
รับแสง 0 นาที	0.15	-0.02	0.11	0.02	0.3	0.11	0.24	AF8
รับแสง 10 นาที	0.04	0.78	0.19	0.06	0.23	0.27	0.26	
รับแสง 20 นาที	0.16	0.65	0.5	0.2	0.12	0.1	-0.21	
รับแสง 30 นาที	-0.05	0.49	0.61	0.35	0.11	0.25	0.37	
เวลารับแสง	เวลาที่วัด (Beta)							ตำแหน่ง
	0 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	50 นาที	60 นาที	
รับแสง 0 นาที	-0.02	0.27	0.1	0.24	0.33	0.32	0.23	AF7
รับแสง 10 นาที	0.15	0.74	0.12	0.02	-0.04	-0.06	0.24	
รับแสง 20 นาที	0.45	0.78	0.65	0.23	0.07	0.12	0.01	
รับแสง 30 นาที	0.11	0.4	0.45	0.47	0.09	0.07	0.19	
	0 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	50 นาที	60 นาที	
รับแสง 0 นาที	0.59	0.92	0.2	-0.69	0.91	0.47	2.03	AF8
รับแสง 10 นาที	-0.13	0.5	0.07	0.21	0.48	0.16	-1.02	
รับแสง 20 นาที	0.21	1.32	1.54	-4.19	4.31	6.87	0.88	
รับแสง 30 นาที	-0.28	1.88	-0.47	0.85	0.26	0.08	-1.68	

ค3 ตัวอย่างข้อมูลดิบ ความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ (Power Spectral Density: PSD)

กลุ่มได้รับแสงสีฟ้า 0 นาที่ เวลาที่วัด 0 นาที่ เลขที่ 1-20

รับแสง	วัด	เลขที่	Alpha AF7	Alpha AF8	Beta AF7	Beta AF8	Be/Al AF7	Be/Al AF8
1	1	1	-3.35	-0.09	-3.43	-0.08	0.98	1.14
1	1	2	0.16	0.33	-0.22	-0.47	-0.70	-0.71
1	1	3	0.31	0.39	0.65	0.05	0.48	8.51
1	1	4	0.02	-0.25	-0.33	-0.26	-0.06	0.93
1	1	5	-0.26	-0.18	-0.55	-0.46	0.47	0.39
1	1	6	0.24	0.17	0.11	0.29	2.12	0.57
1	1	7	0.94	0.79	1.00	0.81	0.94	0.98
1	1	8	0.16	0.33	-0.22	-0.47	-0.70	-0.71
1	1	9	-3.35	-0.09	-3.43	-0.08	0.98	1.14
1	1	10	0.37	0.19	-0.56	0.11	-0.67	1.80
1	1	11	0.31	0.33	0.65	-0.06	0.48	-5.53
1	1	12	-0.19	-0.28	-0.31	-0.30	0.61	0.94
1	1	13	-0.26	-0.18	-0.55	-0.46	0.47	0.39
1	1	14	0.24	0.17	0.11	0.29	2.12	0.57
1	1	15	0.94	0.79	1.00	0.81	0.94	0.98
1	1	16	0.27	0.35	0.31	0.54	0.87	0.65
1	1	17	-0.46	-0.24	-0.67	-0.63	0.69	0.38
1	1	18	0.24	0.17	0.11	0.29	2.12	0.57
1	1	19	0.94	0.79	1.00	0.81	0.94	0.98
1	1	20	0.16	0.33	-0.22	-0.47	-0.70	-0.71

ค4 ตัวอย่างข้อมูลดิบ ความหนาแน่นพลังงานคลื่นความถี่ (Power Spectral Density: PSD)

กลุ่มได้รับแสงสีฟ้า 30 นาที เวลาที่วัด 60 นาที เลขที่ 1-20

รับแสง	วัด	เลขที่	Alpha AF7	Alpha AF8	Beta AF7	Beta AF8	Be/Al AF7	Be/Al AF8
4	7	1	0.04	0.33	0.17	-0.05	4.25	-0.15
4	7	2	0.11	0.07	-0.19	0.05	-1.73	0.71
4	7	3	0.04	0.52	-0.14	0.64	-3.50	1.23
4	7	4	0.13	0.07	-0.14	0.42	-1.08	6.00
4	7	5	-0.18	0.49	0.01	0.73	-0.06	1.49
4	7	6	0.26	0.04	0.49	-0.14	1.88	-3.50
4	7	7	-0.22	-0.01	-0.02	0.32	0.09	-32.00
4	7	8	-3.11	0.03	-2.7	0.67	0.87	22.33
4	7	9	0.11	-0.05	0.47	0.13	4.27	-2.60
4	7	10	0.11	0.07	-0.19	0.05	-1.73	0.71
4	7	11	0.04	0.52	-0.14	0.64	-3.50	1.23
4	7	12	0.13	0.07	-0.14	0.42	-1.08	6.00
4	7	13	-0.18	0.49	0.01	0.73	-0.06	1.49
4	7	14	0.11	0.07	-0.19	0.05	-1.73	0.71
4	7	15	0.04	0.52	-0.14	0.64	-3.50	1.23
4	7	16	0.13	0.07	-0.14	0.42	-1.08	6.00
4	7	17	-0.18	0.49	0.01	0.73	-0.06	1.49
4	7	18	0.26	0.04	0.49	-0.14	1.88	-3.50
4	7	19	-0.22	-0.01	-0.02	0.32	0.09	-32.00
4	7	20	-3.11	0.03	-2.7	0.67	0.87	22.33

ภาคผนวก ง
คู่มือปฏิบัติในการเข้าร่วมโครงการวิจัย

คู่มือการปฏิบัติในการเข้าร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง	ระยะเวลาการให้แสงสีฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นการตื่นตัวของผู้มีอาการง่วงนอน: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง
ผู้วิจัย	ตรัยย์เดช ชุมเดช
สถานที่	วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ขั้นตอนการปฏิบัติของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเชิงทดลอง ให้ความสำคัญกับตัวแปรแทรกซ้อน หรือตัวแปรที่ไม่ต้องการศึกษา เพื่อให้งานวิจัยมีความตรงภายในมากที่สุด ดังนั้นการเตรียมตัวของผู้วิจัย ผู้ร่วมวิจัย และผู้เข้าร่วมวิจัยจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้การควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนเหล่านั้นได้ นอกจากนี้การเตรียมความพร้อมจะทำให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปอย่างเรียบร้อย เหมาะสม คุ่มค่า โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เตรียมการดังนี้

การเตรียมการก่อนการทดลอง

1. ผู้เข้าร่วมโครงการได้รับการแจ้งกำหนดการ วัน เวลา สถานที่ เพื่อร่วมทำการวิจัย
2. ผู้เข้าร่วมโครงการได้รับการชี้แจงการเตรียมตัวก่อนการทดลอง เช่น ต้องพักผ่อนให้เพียงพอ ไม่นอนดึก ไม่ดื่มเครื่องดื่มที่กระตุ้นระบบประสาท กาแฟ หรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมแอลกอฮอล์ ก่อนที่จะเข้าร่วมการโครงการหนึ่งวัน ยา หรืออาหารเสริมที่ส่งผลต่อความง่วง
3. ผู้เข้าร่วมโครงการได้รับการชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนและกระบวนการดำเนินการทดลองในโครงการวิจัย และได้รับลงในเอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Consent Form) เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Participant Information Sheet)
4. กรณีที่ผู้เข้าร่วมโครงการมีเหตุจำเป็น ที่ไม่สามารถมาร่วมทดลองได้ ให้แจ้งล่วงหน้าอย่างน้อย 1 วัน เพื่อให้ผู้วิจัยได้เตรียมแก้ไข หรือยกเลิกการทดลองในวันนั้น

ก่อนการทดลอง สำหรับผู้วิจัย

ก่อนการทดลองทุกครั้ง ผู้วิจัยจะต้องดำเนินการดังนี้

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ และเครื่องมือให้พร้อมก่อนการทดลอง ประกอบด้วย

1.1 แบบสำรวจข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและความสมบูรณ์ของเอกสาร

1.2 มาตรวัดระดับความง่วง Karolinska Sleepiness Scale (KSS) สำหรับประเมินความง่วงของผู้เข้าร่วมวิจัย โดยตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและความสมบูรณ์ของเอกสาร

1.3 เครื่องมือวัดแบบบันทึกสัญญาณชีพ (Vital Sign) สำหรับวัดสัญญาณชีพของผู้เข้าร่วมวิจัย โดยตรวจสอบการใช้งานให้อยู่ในสภาพปกติ

1.4 หมวกแสงสีฟ้า ดำเนินการตรวจสอบก่อนการทดลอง โดยตรวจสอบ

1.4.1 ด้านกายภาพหมวกแสงสีฟ้าอยู่ในสภาพปกติหลอด LED อุปกรณ์ต่าง ๆ ยังอยู่ในตำแหน่งเดิม ไม่มีการเสียหาย หรือเคลื่อนย้ายตำแหน่ง ตัวหมวกไม่ฉีกขาด

1.4.2 ด้านการให้ความสว่างคงที่ 40 lux โดยใช้เครื่องวัด Digital Light Meter รุ่น BK PRECISION 615 ดำเนินการดังนี้

- เปิดเครื่องวัด Digital Light Meter และปรับเลือกฟังก์ชันการใช้งานไปที่การวัดความสว่าง LUX

- นำสายวัดและอุปกรณ์ตรวจวัดแสง (Sensor) ออกจากเครื่องวัด โดยเครื่องวัดนี้มีสายสัญญาณให้ความยาว 1.5 เมตร

- เปิดสวิทช์หมวกแสงสีฟ้า ให้หลอด LED ทำงานครบทุกดวง หาก LED ทำงานไม่ครบทุกดวง ให้ทำการเปลี่ยนหมวกใหม่ หรือเปลี่ยนหลอด LED ก่อนการทดลอง

- นำ Sensor จากเครื่องวัด Digital Light Meter มาวัดความสว่าง โดยให้ตำแหน่งของหลอด LED และ Sensor ห่างกันประมาณ 5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะเดียวกับหมวกแสงสีฟ้าที่ระดับดวงตาของผู้เข้าร่วมทดลอง

- อ่านค่าความสว่าง (LUX) จาก Digital Light Meter มีค่าเท่ากับ 40 lux หรือไม่ หากไม่ได้ค่าตามต้องการให้ทำการปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor) เพื่อกำหนดค่าให้ได้ความสว่างสำหรับการทดลอง 40 lux กรณีที่ปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้ต่ำสุดแล้วยังไม่ได้ความสว่างตามที่กำหนดให้ทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่ แล้ววัดค่าใหม่อีกครั้ง หรือหากเปลี่ยนแบตเตอรี่แล้วยังไม่ได้ค่าตามที่กำหนด ให้ทำการเปลี่ยนหมวกทดลองหรือนำไปแก้ไข

1.5 เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse โดยตรวจสอบ สภาพทั่วไปยังอยู่ในสภาพปกติไม่มีการชำรุดเสียหาย การเปิดปิดเครื่องสามารถทำได้ ตรวจสอบอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณยังอยู่สมบูรณ์ไม่เสียหาย หากพบข้อผิดพลาดดำเนินการแก้ไขก่อนการทดลอง

1.6 โทรศัพท์มือถือที่ใช้สำหรับติดตั้ง โปรแกรม Muse Monitor ตรวจสอบสภาพทั่วไปไม่ชำรุด แบตเตอรี่มีความพร้อมในการใช้งานระยะยาว ระบบปฏิบัติการในโทรศัพท์มือถือ

(Android) มีเสถียรภาพสามารถใช้งานได้ และการเชื่อมต่อระบบสื่อสารไร้สาย (Bluetooth) ในมือถือสามารถใช้งานได้เป็นปกติ หากพบข้อผิดพลาดดำเนินการแก้ไขก่อนการทดลอง

1.7 โปรแกรม Muse monitor ตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่าง โปรแกรมกับ เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองมีความถูกต้อง และสมบูรณ์ การตั้งค่าตำแหน่งของอิเล็กโทรดบนเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองถูกต้อง การกำหนดค่าต่าง ๆ ในการบันทึก รวมถึงการส่งข้อมูลที่บันทึกไปยังอีเมลมีความสมบูรณ์ถูกต้อง หากพบข้อผิดพลาดดำเนินการแก้ไขก่อนการทดลอง

1.8 ตรวจสอบการเชื่อมต่อระบบบันทึกข้อมูลระหว่าง โปรแกรม Muse monitor และ Email ในการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง หากพบข้อผิดพลาดดำเนินการแก้ไขก่อนการทดลอง

2. จัดเตรียมสถานที่เพื่อทำการทดลอง

2.1 จัดเตรียมโต๊ะและเก้าอี้ให้ห่างตามระยะที่กำหนด

2.2 จัดวางเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองให้ถูกต้องและเหมาะสมกับการทดลอง

2.3 ชักซ้อมทำความเข้าใจกับผู้ช่วยวิจัย ในกรณีที่เกิดเหตุสุดวิสัย หรือเหตุฉุกเฉิน กับผู้เข้าร่วมวิจัย เพื่อทำการช่วยเหลือได้ทันเวลาที่

ก่อนการทดลอง สำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมการทดลองมาตามตารางการนัดหมาย ณ. ห้อง 100 วิทยาลัยวิทยาการวิจัย และวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

2. ผู้เข้าร่วมการทดลองกรอกข้อมูลแบบสำรวจทั่วไป ให้ครบทุกข้อมูล

3. ผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับการประเมินความง่วง ด้วยมาตรวัดระดับความง่วง KSS

4. ผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับการตรวจวัดชีพจร โดยมีเงื่อนไข มีชีพจรปกติ 60-100 ครั้งต่อนาที วัดได้จากอัตราการหายใจ จำนวนการหายใจต่อนาทีปกติประมาณ 16-20 ครั้งต่อนาที ความดันโลหิต มี 2 ค่า คือ ความดันเมื่อหัวใจบีบตัวปกติมีค่า 90-139 mmHg ความดันเมื่อหัวใจคลายตัว ปกติมีค่า 60-89 mmHg โดยใช้เครื่องมือวัดแบบบันทึกสัญญาณชีพ (Vital Sign)

4.1 เป็นไปตามเงื่อนไข ให้เข้าร่วมการทดลอง โดยเตรียมตัวเข้าห้องทดลอง

4.2 ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ให้พัก 15-30 นาทีแล้วดำเนินการวัดอีกครั้ง

4.3 หากให้พักแล้ว ยังไม่ได้ค่าที่วัดตามเงื่อนไขให้ผู้เข้าร่วมวิจัย กลับไปพัก แล้วค่อยมาร่วมทดลองในวัดถัดไป

5. ผู้เข้าร่วมการทดลองตรวจสอบการแต่งกายให้ถูกต้อง เก็บอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิด เครื่องประดับที่ทำจากโลหะ ซึ่งจะมีผลต่อการบันทึกค่า และรบกวนสัญญาณในการทดลอง ไว้ในที่เก็บที่ได้เตรียมไว้

6. ผู้เข้าร่วมการทดลอง เข้าห้องทดลอง และนั่งในตำแหน่งที่ผู้วิจัยได้เตรียมไว้ให้
7. ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย สาธิตการสวมหมวกแสงสีฟ้า และผู้เข้าร่วมการทดลองสวมหมวกแสงสีฟ้าที่ได้ปรับตั้งค่าตามเงื่อนไขการทดลองไว้แล้ว
8. ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยสาธิตและอธิบายการใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Muse และการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองผ่านระบบการสื่อสารไร้สายด้วยโปรแกรม Muse Monitor

ขณะทดลอง

1. ผู้เข้าร่วมการทดลอง นั่งอยู่ในตำแหน่งที่กำหนด และสวมหมวกแสงสีฟ้า
2. ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย เปิดอุปกรณ์ในการทดลอง และการเชื่อมต่อ
 - 2.1 ผู้ร่วมการทดลองคนที่ 1 (ไม่ได้รับแสงสีฟ้า)

นั่งในตำแหน่ง ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองและกำหนดจุดเริ่มต้นการบันทึกที่เวลา 5 นาที ไม่ต้องเปิดแสงสีฟ้า

ที่เวลา 65 นาที หยุดบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง
 - 2.2 ผู้ร่วมการทดลองคนที่ 2 (รับแสงสีฟ้าเป็นเวลา 10 นาที)

นั่งในตำแหน่ง ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองและกำหนดจุดเริ่มต้นการบันทึกที่เวลา 5 นาที ทำการเปิดแสงสีฟ้า (เริ่มต้นรับแสงสีฟ้า)

ที่เวลา 15 นาที ทำการปิดแสงสีฟ้า (รับแสงสีฟ้าเป็นเวลา 10 นาที)

ที่เวลา 65 นาที หยุดบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง
 - 2.3 ผู้ร่วมการทดลองคนที่ 3 (รับแสงสีฟ้าเป็นเวลา 20 นาที)

นั่งในตำแหน่ง ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองและกำหนดจุดเริ่มต้นการบันทึกที่เวลา 5 นาที ทำการเปิดแสงสีฟ้า (เริ่มต้นรับแสงสีฟ้า)

ที่เวลา 25 นาที ทำการปิดแสงสีฟ้า (รับแสงสีฟ้าเป็นเวลา 20 นาที)

ที่เวลา 65 นาที หยุดบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง
 - 2.4 ผู้ร่วมการทดลองคนที่ 4 (รับแสงสีฟ้าเป็นเวลา 30 นาที)

นั่งในตำแหน่ง ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองและกำหนดจุดเริ่มต้นการบันทึกที่เวลา 5 นาที ทำการเปิดแสงสีฟ้า (เริ่มต้นรับแสงสีฟ้า)

ที่เวลา 35 นาที ทำการปิดแสงสีฟ้า (รับแสงสีฟ้าเป็นเวลา 30 นาที)

ที่เวลา 65 นาที หยุดบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง
3. ระหว่างการทดลองหากผู้เข้าร่วมการทดลองรู้สึกเวียนศีรษะ หรือรู้สึกไม่สบายตัว ให้รีบยกมือ เพื่อให้ผู้วิจัยเข้าตรวจสอบและให้การช่วยเหลือ

หลังทดลอง

1. หลังเสร็จสิ้นการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพักก่อน และรับประทานของว่าง
2. ผู้วิจัย หรือผู้ช่วยวิจัยทำการสอบถามผู้เข้าร่วมการทดลอง ในประเด็นความรู้สึกล้างการทดลอง ปัญหาระหว่างการทดลอง รวมถึงการปฏิบัติตนในการทดลอง เพื่อเก็บข้อมูลไว้ อาจนำข้อมูลไปอภิปรายผลการทดลองได้