

ผลกระทบของระยะเวลาในการนอนหลับต่อความสามารถในการทรงตัวของเพศชายในวัยทำงาน



นายคณิน คล้ายทับทิม

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF SLEEP DURATION ON BALANCE CAPACITIES OF MALE IN WORKING AGE



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของระยะเวลาในการนอนหลับต่อความสามารถ  
ในการทรงตัวของเพศชายในวัยทำงาน  
โดย นายคณิน คล้ายทับทิม  
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้มหาวิทยาลัยนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสสวงศ์ ไอสถศิลป์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อริศรา เจียมสงวนวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(นาวาอากาศเอก รองศาสตราจารย์ สุทธิ ศรีบุรพา)



# # 5870907921 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: LACK OF SLEEP / SLEEP DURATION / CENTER OF PRESSURE / WII BALANCE BOARD / BODY BALANCE

KANIN KLAITUBTIM: EFFECTS OF SLEEP DURATION ON BALANCE CAPACITIES OF MALE IN WORKING AGE. ADVISOR: ASST. PROF. PHAIROAT LADAVICHITKUL, Ph.D., 143 pp.

One of the cause of safety and quality problem in human work is insufficient sleep. At present, the detection of the readiness of employee (person) before start the work still cannot detect the lack of sleep. But the duration of sleep can affect in capacity of human body balance. The relationship between body balance capacities and duration of sleep was studied by using Wii Balance Board to measure the position of the center of pressure (COP). The participants were volunteers from 6 production staff of a factory and test their body balance capacities with the two methods. The sleep period each night before test was recorded by sleep questionnaire and activity tracker. The results of study showed that the duration of sleep is affecting their body balance capacities to stabilize at 0.05 for the both test method. The results from the mCTSIB method showed the Support Surface (SS) and the Statokinesigram Length (SL) were significantly increased and detected by the sleep duration 6 hours per day and from the Fitts's Performance Test found the index of performance (IP) was significantly decreased and detected by the sleep duration 6 hours per day. In conclusion, that a sleep period lower than recommended (6 hours per day or less ) had significant effects on the capacity of human balance. The body balance capacities test can be used to detection readiness of adult employee (person) before start the work. To detect abnormal body balance capacities due to insufficient sleep, which may affect performance and safety in work.

Department: Industrial Engineering      Student's Signature .....

Field of Study: Industrial Engineering      Advisor's Signature .....

Academic Year: 2017

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยคำปรึกษาด้านการวิจัยและการสนับสนุนตลอดมา จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลักของวิทยานิพนธ์นี้ และวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังได้รับความช่วยเหลือจากอาจารย์หลายท่าน อาทิ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบไปด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสสงส์ โอสถศิลป์ อาจารย์ ดร. อริศรา เจียมสงวนวงศ์ และ นาวาอากาศเอก รองศาสตราจารย์ สุทธิ ศรีบูรพา

ข้าพเจ้าขอถือโอกาสขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับความเอื้อเฟื้อในด้านสถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ รวมถึงผู้ที่มีส่วนร่วมสนับสนุนให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ทุกท่าน ทั้งที่ได้กล่าวถึงไปแล้วข้างต้นและไม่ได้กล่าวถึงไว้เป็นอย่างสูง ณ ที่นี้



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
1 บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	6
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	7
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
1.5 นิยามศัพท์.....	8
1.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	9
2 บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
2.1 ระบบการทรงตัวของร่างกายมนุษย์.....	11
2.1.1 ระบบการรับรู้ความรู้สึก (Sensory Input).....	11
2.1.2 การบูรณาการของความรู้สึกรำเข้า (Integration of Input).....	13
2.1.3 การแสดงออกเพื่อควบคุมร่างกาย (Motor Output).....	14
2.2 การทดสอบความสามารถในการทรงตัวของร่างกาย.....	14
2.2.1 การศึกษาเกี่ยวกับการทรงตัวของร่างกายมนุษย์.....	14
2.3 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบความสามารถในการทรงตัว.....	18
2.3.1 Balance Master.....	18
2.3.2 วี้อ์บาลานซ์บอร์ด (Wii Balance Board).....	19
2.4 การประเมินสมรรถนะการทำงานโดยอาศัยกฎของฟิตส์ (Fitts's law).....	19

2.5 การนอนและการจัดบันทึกการนอนรวมถึงสมรรถภาพร่างกายที่เกี่ยวข้อง .....	22
2.5.1 ความหมายของการนอนหลับ .....	22
2.5.2 ความสำคัญของการนอนหลับ .....	22
2.5.3 การประเมินการนอนหลับ .....	25
2.5.4 การบันทึกการนอนหลับ .....	30
2.5.5 งานวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการอดนอนกับสมรรถภาพร่างกาย .....	31
2.6 ซีพจรและความดันโลหิต .....	33
2.6.1 ซีพจร.....	33
2.6.2 ความดันโลหิต .....	34
2.7 เครื่องมือที่ใช้วัดระยะเวลาในการนอนหลับจากอัตราการเต้นของหัวใจ .....	35
2.7.1 เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ (Activity tracker).....	35
2.8 มุมและระยะในการมอง.....	37
3 บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....	38
3.1 ผู้เข้าร่วมการทดลอง .....	39
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	39
3.3 การกำหนดท่าทางการยืนของผู้เข้าร่วมการทดลอง.....	42
3.3.1 การจัดท่าทางการยืน.....	42
3.3.2 การจัดท่าการมองและการจัดวางจอแสดงผล .....	43
3.4 ออกแบบและกำหนดเงื่อนไขในการทดลอง .....	44
3.4.1 การทดสอบเชิงคลินิกดัดแปลงเพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ของการรับรู้ความรู้สึกในการ ทรงตัว (Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance: mCTSIB).....	44
3.4.2 วิธีการประเมินสมรรถนะแบบฟิตส์ (Fitts's Performance).....	46
3.5 วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล .....	48



3.6 การตรวจสอบและประเมินผลการทดลอง.....	51
3.7 เวลาที่ผู้เข้าร่วมการทดลองอยู่ในกระบวนการเก็บข้อมูล.....	52
3.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง .....	54
3.8.1 ตัวแปรที่ต้องทำการศึกษา.....	54
4 บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง .....	56
4.1 วิธีการทดสอบเชิงคลินิกดัดแปลงเพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ของการรับรู้ความรู้สึกในการทรงตัว (Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance: mCTSIB).....	58
4.1.1 ผลการทดสอบของตัวชี้วัดค่าพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (Support Surface : SS)....	59
4.1.2 ผลการทดสอบของตัวชี้วัดระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน (Statokinesigram Length : SL).....	71
4.2 วิธีการประเมินสมรรถนะแบบฟิตส์ (Fitts' Performance Test).....	87
4.2.1 ผลการทดสอบตัวชี้วัดจุดตัดแกน Y (Y-intercept).....	88
4.2.2 ผลการทดสอบตัวชี้วัดดัชนีสมรรถนะ (Index of Performance : IP).....	93
4.2.3 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนสำหรับวิธีการทดสอบแบบ Fitts' Performance .....	100
5 บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	113
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	113
5.1.1 สรุปผลการทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี mCTSIB .....	113
5.1.2 สรุปผลการทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี Fitts' Performance Test	113
5.1.3 สรุปผลงานวิจัยทั้งหมด .....	114
5.1.4 ข้อเสนอแนะ .....	115
5.1.5 แนวทางการประยุกต์งานวิจัยนี้.....	116
5.1.6 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป .....	116
รายการอ้างอิง .....	118

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ ..... 143



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 มูลเหตุสันนิษฐานในช่วงเทศกาลปีใหม่ พ.ศ. 2558.....	1
ภาพที่ 1.2 สาเหตุที่ทำให้ประสบอันตรายจากการทำงาน ในระดับความรุนแรงถึงแก่ชีวิต พ.ศ. 2558.....	2
ภาพที่ 2.1 การทำงานร่วมกันของระบบร่างกายเพื่อควบคุมการทรงตัว.....	11
ภาพที่ 2.2 ระบบ Vestibular ในหูชั้นใน .....	12
ภาพที่ 2.3 ส่วนต่างๆของสมอง .....	13
ภาพที่ 2.4 การทดสอบแบบรอมเบิร์ก .....	15
ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างแผ่นตรวจวัดแรง .....	16
ภาพที่ 2.6 เครื่องวัดการทรงตัว.....	18
ภาพที่ 2.7 แบบจำลองของ Fitts .....	20
ภาพที่ 2.8 เป้าหมายของงานตามแบบฟิตส์.....	20
ภาพที่ 2.9 ค่าเฉลี่ยของจำนวนชั่วโมงการนอนหลับในแต่ละช่วงอายุที่มีผลต่อสุขภาพ.....	25
ภาพที่ 2.10 แบบฟอร์มบันทึกการนอนหลับประจำวัน .....	30
ภาพที่ 2.11 พื้นที่วงรีของ Support Surface (SS) .....	32
ภาพที่ 2.12 การวัดความดันโลหิต.....	35
ภาพที่ 2.13 เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ (Activity tracker) .....	35
ภาพที่ 2.14 Heart rate sensors.....	36
ภาพที่ 2.15 โปรแกรมประยุกต์ที่แสดงข้อมูลการนอนหลับบนสมาร์ทโฟน .....	36
ภาพที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการมองและความสูงของอักขระ .....	37
ภาพที่ 3.1 วี้อบาลานซ์บอร์ด.....	39
ภาพที่ 3.2 คอมพิวเตอร์แบบโน้ตบุ๊กจอแสดงผล .....	40
ภาพที่ 3.3 เม้าส์ไร้สาย .....	40

ภาพที่ 3.4 โปรแกรมการทดสอบแบบ mCTSIB.....	41
ภาพที่ 3.5 โปรแกรมการทดสอบแบบ Fitts's Performance Test .....	41
ภาพที่ 3.6 เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ.....	42
ภาพที่ 3.7 ท่าทางการยืนและอุปกรณ์.....	43
ภาพที่ 3.8 จอแสดงผลของโปรแกรมขณะทดสอบ mCTSIB .....	45
ภาพที่ 3.9 จอแสดงผลของโปรแกรมขณะทดสอบ Fitts's Performance Test.....	47
ภาพที่ 3.10 ผู้เข้าร่วมการทดลองขณะทำการทดสอบแบบ mCTSIB.....	49
ภาพที่ 3.11 ผู้เข้าร่วมการทดลองขณะเอนตัวเพื่อทำการทดสอบแบบฟิตส์ .....	50
ภาพที่ 3.12 แผนผังขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูล .....	53
ภาพที่ 3.13 ข้อมูลการนอนหลับที่ได้จากเครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ .....	55
ภาพที่ 4.1 จำนวนวันที่เข้าร่วมการทดลองเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับของ ผู้เข้าร่วมการทดลอง.....	57
ภาพที่ 4.2 ค่า SS ในสภาวะล้มตาเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับ .....	60
ภาพที่ 4.3 ค่า SS ในสภาวะหลับตาเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับ .....	60
ภาพที่ 4.4 ค่า SS รายบุคคลเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับในสภาวะยื่นล้มตา.....	61
ภาพที่ 4.5 ค่า SS รายบุคคลเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับในสภาวะยื่นหลับตา.....	62
ภาพที่ 4.6 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูลตัวชี้วัด SS ในการทดสอบแบบ mCTSIB .....	63
ภาพที่ 4.7 ค่า $\lambda$ จากการเปลี่ยนแปลงข้อมูล SS โดยใช้วิธี Box – Cox transformation.....	64
ภาพที่ 4.8 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูล SS-Adj (หลังเปลี่ยนแปลงข้อมูล).....	65
ภาพที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า SS-Adj .....	66
ภาพที่ 4.10 Interaction Plot ของค่า SS-Adj สำหรับปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัย ..	67
ภาพที่ 4.11 Interaction Plot สำหรับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับและสภาวะการล้มตา... ..	68
ภาพที่ 4.12 Bonferroni Test ของปัจจัยระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (SS-Adj).....	69

ภาพที่ 4.13 Grouping Information ของการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (SS-Adj).....	69
ภาพที่ 4.14 ค่า SL ในสภาวะลิมิตาเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับ .....	71
ภาพที่ 4.15 ค่า SL ในสภาวะหลับตาเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับ .....	72
ภาพที่ 4.16 ค่า SL รายบุคคลเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับในสภาวะลิมิตา .....	73
ภาพที่ 4.17 ค่า SL รายบุคคลเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับในสภาวะหลับตา .....	73
ภาพที่ 4.18 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูลตัวชี้วัด SL ในการทดสอบ mCTSIB.....	74
ภาพที่ 4.19 ค่า $\lambda$ จากการเปลี่ยนแปลงข้อมูล SL โดยใช้วิธี Box – Cox transformation.....	75
ภาพที่ 4.20 Residual plot ของชุดข้อมูลตัวชี้วัด SL-Adj (หลังเปลี่ยนแปลงข้อมูล) .....	76
ภาพที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า SL-Adj.....	77
ภาพที่ 4.22 Interaction Plot ของค่า SL-Adj สำหรับปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัย ..	78
ภาพที่ 4.23 Interaction Plot ของค่า SL-Adj สำหรับปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัย ..	79
ภาพที่ 4.24 Interaction Plot ของค่า SL-Adj สำหรับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับและปัจจัย .....	79
ภาพที่ 4.25 Bonferroni Test ของปัจจัยระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (SL-Adj).....	80
ภาพที่ 4.26 Grouping Information ของการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (SL-Adj).....	80
ภาพที่ 4.27 ผลวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SS .....	82
ภาพที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SS ในสภาวะลิมิตา.....	83
ภาพที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SS ในสภาวะหลับตา.....	83
ภาพที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SL.....	84
ภาพที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SL ในสภาวะลิมิตา.....	85
ภาพที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SL ในสภาวะหลับตา.....	86
ภาพที่ 4.33 ค่า Y-intercept เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลองรายบุคคล.....	88

ภาพที่ 4.34 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูลตัวชี้วัด Y-intercept ในการทดสอบ Fitts' Performance .....	89
ภาพที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า Y-Intercept .....	90
ภาพที่ 4.36 Bonferroni Test ของปัจจัยระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (Y-Intercept) .....	91
ภาพที่ 4.37 Grouping Information ของผลวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของปัจจัยด้าน .....	92
ภาพที่ 4.38 ค่า IP เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลองรายบุคคล ..	93
ภาพที่ 4.39 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูลตัวชี้วัด IP ในการทดสอบ Fitts' Performance Test .....	94
ภาพที่ 4.40 ค่า $\lambda$ จากการเปลี่ยนแปลงข้อมูล IP โดยใช้วิธี Box – Cox transformation.....	95
ภาพที่ 4.41 ค่า $\lambda$ Residual plot ของชุดข้อมูล IP-Adj (หลังเปลี่ยนแปลงข้อมูล).....	96
ภาพที่ 4.42 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า IP-Adj.....	97
ภาพที่ 4.43 Bonferroni Test ของปัจจัยระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (IP-Adj).....	98
ภาพที่ 4.44 Grouping Information ของการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของปัจจัย.....	98
ภาพที่ 4.45 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า Y-intercept .....	100
ภาพที่ 4.46 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า IP.....	101
ภาพที่ 4.47 ค่า MT เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง ที่ระดับ ID = 3.30 .....	102
ภาพที่ 4.48 ค่า MT เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลองรายละคน.....	103
ภาพที่ 4.49 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูลตัวชี้วัด MT ในการทดสอบ Fitts' Performance ที่ ID = 3.30.....	104
ภาพที่ 4.50 ค่า $\lambda$ จากการเปลี่ยนแปลงข้อมูล MT โดยใช้วิธี Box – Cox transformation.....	105
ภาพที่ 4.51 ค่า $\lambda$ Residual plot ของชุดข้อมูล MT-Adj (หลังเปลี่ยนแปลงข้อมูล) .....	105
ภาพที่ 4.52 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า MT.....	106
ภาพที่ 4.53 Interaction Plot ของค่า MT-Adj สำหรับปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัย	107

ภาพที่ 4.54 Bonferroni Test ของปัจจัยระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (MT-Adj) ..... 108

ภาพที่ 4.55 ผล Grouping Information ของการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของปัจจัยด้าน  
ระยะเวลาในการ ..... 109

ภาพที่ 4.56 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า MT ที่ค่า ID 3.30..... 111



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ตารางการเก็บข้อมูลและตัวชี้วัดผลของการทดสอบแบบ mCTSIB.....	45
ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขดัชนีความยากง่ายของงาน 3 ระดับ (เคลื่อนที่ซ้าย - ขวา).....	46
ตารางที่ 3.3 ตารางเก็บข้อมูลและตัวชี้วัดผลการทดสอบประเมินสมรรถนะแบบพิตส์ .....	47
ตารางที่ 3.4 ตารางการออกแบบการทดลองสำหรับการเก็บข้อมูลรายบุคคล .....	51
ตารางที่ 3.5 ตารางการออกแบบการทดลองสำหรับการทดสอบแบบ mCTSIB และ การทดสอบแบบพิตส์.....	51
ตารางที่ 3.6 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยแจกแจงตามเกณฑ์วิธี.....	54
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลของผู้เข้าร่วมการทดลองและจำนวนครั้งที่เข้าร่วม .....	56
ตารางที่ 4.2 จำนวนการเข้าร่วมการทดลองแยกตามระยะเวลาในการนอนหลับ .....	57
ตารางที่ 4.3 ค่าสถิติพื้นฐานของชุดข้อมูล SS.....	59
ตารางที่ 4.4 สมการถดถอยเชิงเส้นของชุดข้อมูล SS.....	61
ตารางที่ 4.5 ค่า p-value ของปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด SS-Adj.....	66
ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ Pairwise Comparison สำหรับค่า SS-Adj แบบรายบุคคล.....	70
ตารางที่ 4.7 ค่าสถิติพื้นฐานของชุดข้อมูล SL.....	71
ตารางที่ 4.8 สมการถดถอยเชิงซ้อนของชุดข้อมูล SL.....	72
ตารางที่ 4.9 ค่า p-value ของปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด SL-Adj.....	77
ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ Pairwise Comparison สำหรับค่า SL-Adj แบบรายบุคคล.....	81
ตารางที่ 4.11 สมการพยากรณ์ของค่า SS จากวิธีการทดสอบแบบ mCTSIB แบ่งตามปัจจัยด้านสภาวะการล้มตา .....	84
ตารางที่ 4.12 สมการพยากรณ์ของค่า SL จากวิธีการทดสอบแบบ mCTSIB แบ่งตามปัจจัยด้านสภาวะการล้มตา .....	86
ตารางที่ 4.13 สมการพยากรณ์ Fitts' law ของผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 - 3.....	87
ตารางที่ 4.14 สมการพยากรณ์ Fitts' law ของผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 4 - 5.....	87



ตารางที่ 4.15 ค่า p-value ของปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด Y-Intercept.....	91
ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ Pairwise Comparison สำหรับค่า Y-intercept แบบรายบุคคล ..	92
ตารางที่ 4.17 ค่า p-value ของปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด IP-Adj .....	97
ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ Pairwise Comparison สำหรับค่า IP-Adj แบบรายบุคคล .....	99
ตารางที่ 4.19 ค่า p-value ของปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด MT-Adj <sub>ID=3.30</sub> .....	107
ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ Pairwise Comparison สำหรับค่า MT แบบรายบุคคล.....	110
ตารางที่ 4.21 ผลสรุปการทดสอบความสามารถในการทรงตัวโดยวิธี mCTSIB และ Fitts' Performance test .....	112



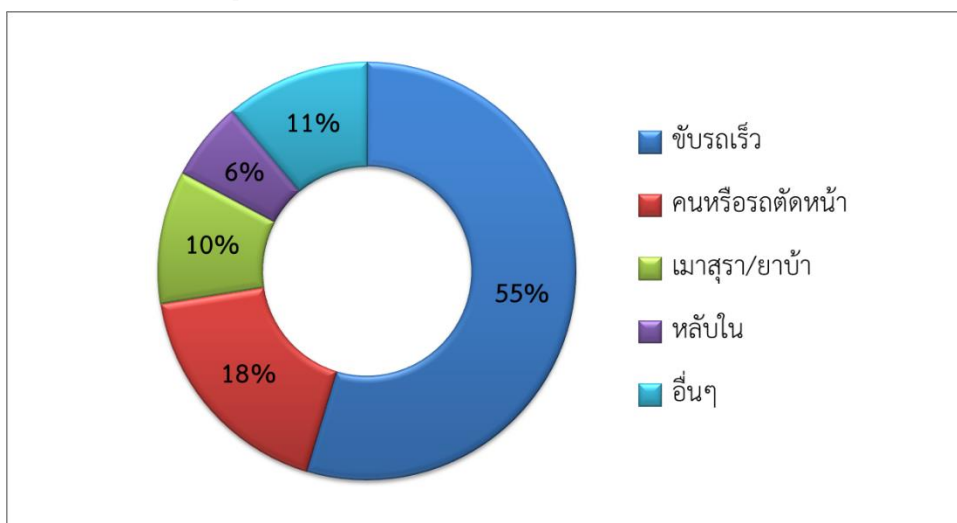
## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

การนอนหลับเป็นความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ การนอนหลับที่ไม่เพียงพอมีความสัมพันธ์กับสุขภาพทางกายที่ไม่แข็งแรง อ่อนล้า ง่วงนอนตลอดวัน ภูมิคุ้มกันลดลง และมีผลกระทบต่อสุขภาพจิตใจ ความสามารถในการจัดการปัญหา การตอบสนองที่ช้าลง ความจำลดลง หงุดหงิดง่าย ขาดสมาธิ อาจเป็นปัญหาต่อการทำงาน เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุทางจราจรที่เกิดจากความง่วงนอน (Harrison Y, 2000)

อุบัติเหตุรถตู้โดยสารณะชนประสานงากับรถกระบะ และเกิดไฟลุกท่วมมรณต์ทั้ง 2 คัน ทำให้มีผู้เสียชีวิต 25 ราย ที่จังหวัดชลบุรี จากข้อมูลพบว่าพนักงานขับรถได้ขับรถตู้มากถึง 5 เที่ยวภายในเวลา 31 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าพนักงานขับรถตู้รายนี้ไม่ได้มีการนอนหลับพักผ่อนที่เพียงพอ อาจทำให้เกิดอาการหลับในระหว่างขับรถ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุครั้งนี้ (ไทยรัฐออนไลน์. & มกราคม 2560, 2560)

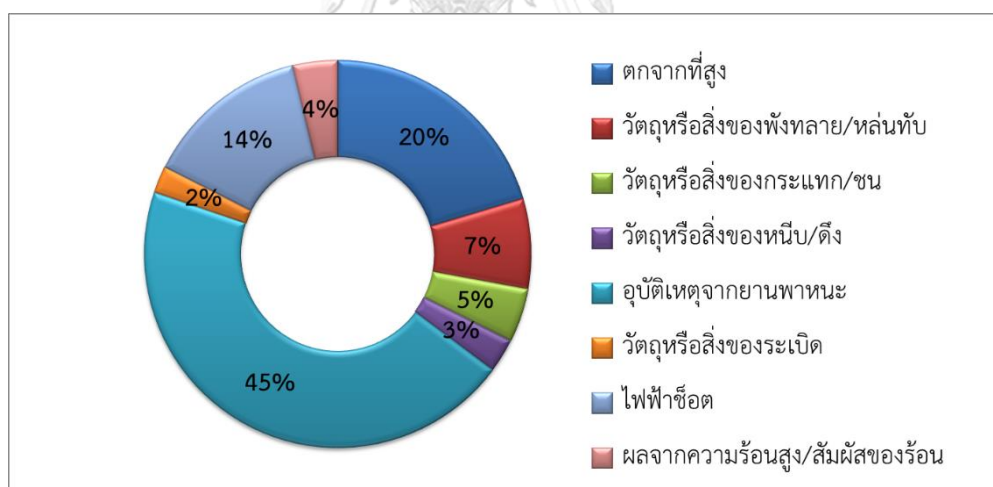
รายงานสรุปผลของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร สำนักแผนความปลอดภัย กระทรวงคมนาคม ได้จำแนกมูลเหตุสันนิษฐานของการเกิดอุบัติเหตุช่วงเทศกาลปีใหม่ พ.ศ. 2558 พบว่าการหลับใน (Sleep without closing eyes) เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุในช่วงเทศกาลปีใหม่ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 6.09 รองจากการขับรถเร็วเกินกำหนด การตัดหน้ากระชั้นชิด และการเมาสุรา (อำนาจวิบูลย์, 2558) ดังแสดงในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 มูลเหตุสันนิษฐานในช่วงเทศกาลปีใหม่ พ.ศ. 2558 (กระทรวงคมนาคม, 2558)

ความสามารถของร่างกายประการหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับการพักผ่อนนอนหลับก็คือความสามารถในการทรงตัว เพราะการอดนอนหรือไม่ได้นอนพักผ่อนติดต่อกันเป็นระยะเวลาานานจะส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวอย่างมีนัยสำคัญ (Fabbri., Marco., & others., 2006) ดังนั้นแล้วก่อนการปฏิบัติงานใดๆจึงมักมีการแนะนำให้ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นที่จะต้องได้รับการพักผ่อนอย่างเพียงพอ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มผลิตภาพเนื่องจากผู้ปฏิบัติงานมีความพร้อม และยังเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน โดยการลดความเสี่ยงที่อาจเกิดอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากความผิดพลาดได้ โดยเฉพาะการทำงานในที่สูง

รายงานสรุปประจำปีของ กองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม ประจำปี พ.ศ. 2558 ได้สรุป สถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน และจำแนกตามความรุนแรงและสาเหตุที่ประสบอันตรายพบว่า สาเหตุหลักๆที่ทำให้ประสบอันตรายจากการทำงานถึงระดับเสียชีวิตสูงสุดมี 8 สาเหตุหลัก (กองทุนเงินทดแทน., 2558) ดังแสดงในภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 สาเหตุที่ทำให้ประสบอันตรายจากการทำงาน ในระดับความรุนแรงถึงแก่ชีวิต พ.ศ. 2558 (กองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม, 2558)

สาเหตุหลักๆที่ทำให้ประสบอุบัติเหตุจากการทำงานจนถึงขั้นเสียชีวิต อันดับแรกคือ อุบัติเหตุจากยานพาหนะ มีจำนวนคิดเป็นร้อยละ 45 ของสาเหตุรวม อันดับที่สองคือ ตกจากที่สูง มีจำนวนคิดเป็นร้อยละ 20 ซึ่งทั้ง 2 สาเหตุแสดงให้เห็นถึงความไม่พร้อมของผู้ทำงานหรืออุปกรณ์ในการทำงาน ซึ่งสาเหตุที่แท้จริงของอุบัติเหตุทั้ง 2 สาเหตุ นั้น ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการล้าในของผู้ปฏิบัติงาน

แต่ไม่มีเครื่องมือหรือวิธีการใดที่จะสามารถตรวจสอบหรือคัดกรองภาวะหลับในของผู้เสียชีวิตได้ การนอนหลับที่ไม่เพียงพอหรือนอนน้อยจึงอาจจะเป็นสาเหตุส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดความไม่พร้อมของการทำงาน เช่น การร่งงนอนหรือการหลับในระหว่างการทำงาน จนอาจเป็นต้นเหตุที่นำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุในการทำงานด้านต่างๆได้

การหลับในเพียง 4 วินาที ในขณะที่รถวิ่งด้วยความเร็ว 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถจะวิ่งต่อไปอีก 100 เมตร โดยที่ไม่มีผู้ควบคุมรถซึ่งถ้าเกิดการชนจะมีความรุนแรงมาก เพราะคนขับไม่ได้มีการเหยียบเบรคเพื่อชะลอความเร็วก่อนการชน จึงอาจทำให้บาดเจ็บสาหัสหรือเสียชีวิตในทันที อาการร่งงงนอนเกิดอาการหลับในเกิดขึ้นได้จาก 4 สาเหตุหลักๆคือ การอดนอนหรือการนอนน้อย, การใช้ยาที่ทำให้ร่งงงนอน, การดื่มแอลกอฮอล์และโรคประจำตัว เช่น โรคนอนกรนหรือหยุดหายใจขณะหลับ (วณิชสุสุข สงวนศิริ., 2016)

ภาวะร่งงงนอนในขณะที่ทำงานหรือขณะขับขียานพาหนะ เกิดจากธรรมชาติของร่างกายมนุษย์ที่ต้องการปัจจัยพื้นฐานสามประการ ได้แก่ น้ำ อาหาร และการนอนหลับ คนเราอาจเลือกที่จะไม่ดื่มน้ำหรือทานอาหารจนกระทั่งเสียชีวิต แต่ภาวะที่ร่างกายต้องการการนอนหลับนั้น เราไม่อาจพยายามฝืนได้ สมองจะสั่งการให้ร่างกายนอนหลับ โดยไม่คำนึงว่าในขณะที่นั้นเรากำลังทำกิจกรรมอะไรอยู่ ปัจจัยที่ควบคุมการเกิดภาวะร่งงงนอน เช่น นาฬิกาชีวิต (Biological Clock) ที่ควบคุมอยู่ภายในร่างกายจะส่งสัญญาณให้เกิดภาวะร่งงงนอนสองช่วงเวลา คือช่วงค่ำก่อนเข้านอนและช่วงที่สองจะเกิดซ้ำในอีก 12 ชั่วโมงถัดไป อีกหนึ่งปัจจัยคือ ช่วงเวลาที่ยังคงการตื่นนอน หมายถึงช่วงเวลาที่ยังคงตื่นนอน ยืนนานเท่าไร ก็จะทำให้ส่งผลให้ช่วงเวลาที่ยังคงการนอนหลับพักผ่อนยิ่งมากขึ้นเท่านั้น (คณะแพทย์ศูนย์นิทราเวช., 2557)

เป็นการยากที่จะระบุว่า ภาวะร่งงงนอนขณะขับขียานพาหนะเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน เพราะยังไม่มีเครื่องมือทดสอบใดที่จะสามารถบ่งบอกได้ถึงภาวะร่งงงนอนอันเนื่องมาจากการอดนอนหรือนอนน้อย ต่างจากการตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ที่มีเครื่องมือตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ทางลมหายใจที่สามารถตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดได้ โดยทั่วไปหน่วยงานของรัฐและเจ้าหน้าที่จราจรยังไม่ตระหนักถึงความสำคัญของภาวะร่งงงงนอนขณะขับขียานพาหนะ จึงมักพุ่งสาเหตุไปที่การขับเร็วเกินกว่าความเร็วที่กฎหมายกำหนดและการเมาสุราขณะขับรถ

การเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่มักไม่มีพยานที่สามารถบอกได้ว่า คนขับรถมีภาวะร่งงงงนอนก่อนที่จะเกิดอุบัติเหตุขึ้นและคนขับรถส่วนใหญ่มักไม่รู้ตัวว่าตนเองมีภาวะร่งงงงนอนขณะขับขี

ยานพาหนะก่อนที่จะร่วงหล่น ในความเป็นจริงแล้ว คนขับรถมักจะตื่นตัวมากกว่าปกติหลังเกิดอุบัติเหตุ จึงทำให้ไม่สามารถบอกถึงภาวะง่วงนอนที่แท้จริงได้ นอกจากนี้ คนขับรถมักไม่ยากบอกกับเจ้าหน้าที่ตำรวจว่าตนเองมีภาวะง่วงนอนขณะขับขี่ยานพาหนะ (คณะแพทยศุนย์นันทราเวช., 2557)

ภาวะอดนอนและภาวะนอนน้อยของผู้ปฏิบัติงาน มักจะถูกมองข้ามไปทั้งที่เป็นภาวะที่พบบ่อยมากขึ้นในปัจจุบัน เช่น การทำงานควบกะของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรม คนขับรถโดยสารสาธารณะที่ต้องควบกะในช่วงเทศกาล หรือ พนักงานออฟฟิศที่ต้องทำงานล่วงเวลาจนดึก เป็นต้น

วีรเกียรติ พันธุมะโอภาส (2558) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการทรงตัวของมนุษย์ในภาวะปกติและในภาวะอดนอน พบว่า ความสามารถในการทรงตัวของมนุษย์จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่ออยู่ในภาวะตื่นนอนอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาาน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานและความปลอดภัยของมนุษย์ ซึ่งได้ทำการทดลองและวิเคราะห์ภายใต้เกณฑ์วิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี โดยเปรียบเทียบสมรรถนะการทรงตัวด้วยวิธีการดังนี้

- วิธีการทดสอบเชิงคลินิกดัดแปลงเพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ของการรับรู้ความรู้สึกในการทรงตัวในท่ายืน (Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance: mCTSIB)
- วิธีการทดสอบขีดจำกัดของการทรงตัวในท่ายืน (Limits of Stability: LOS)
- วิธีการประเมินสมรรถนะแบบฟิตส์ (Fitts's Performance Test)

โดยใช้ วิกิบาลานซ์บอร์ด (Wii Balance Board) เป็นเครื่องมือในการตรวจวัดการทรงตัว ซึ่ง จะทำการทดสอบและเก็บข้อมูลภายในห้องแล็บการยศาสตร์ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กับผู้เข้าร่วมการทดลองที่เป็นนักศึกษาจำนวน 17 คน โดยทำการทดสอบความสามารถในการทรงตัวของผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนทุกๆ 2 ชั่วโมง เริ่มทดสอบครั้งแรกที่เวลา 20 นาฬิกา (ตื่นนอนต่อเนื่องเป็นเวลา 12 ชม.) เรื่อยไปจนกระทั่งเวลา 6 นาฬิกาของวันถัดไป (ตื่นนอนต่อเนื่องเป็นเวลานาน 22 ชม.)

ผลการทดสอบพบว่า การทดสอบสมรรถนะแบบฟิตส์ สามารถพยากรณ์สมรรถนะการทรงตัวได้ดีที่สุด โดยพบว่าค่าดัชนีสมรรถนะการทำงาน (Index of Performance: IP) และค่าจุดตัดแกน Y (Y-Intercept แสดงถึงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนจุดศูนย์กลางความดัน) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งคู่เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาตื่นนอนต่อเนื่อง 18 ชั่วโมง และ 16 ชั่วโมง ตามลำดับ และพบความเปลี่ยนแปลงของค่าขนาดพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (Support Surface: SS)

และค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน (Statokinesigram Length: SL) จากวิธีการทดสอบแบบ mCTSIB ที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาตื่นนอนต่อเนื่อง 20 และ 22 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนในการทดสอบขีดจำกัดของการทรงตัว (LOS) พบความเปลี่ยนแปลงของค่าความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ (Movement Velocity: MVL) และค่าระยะทางที่ทำได้ในการเคลื่อนที่ครั้งแรก (Endpoint Excursion: EPE) เพียงเล็กน้อยที่ระยะเวลาตื่นนอนต่อเนื่อง 16 ชั่วโมง ทำให้วิธีการทดสอบแบบ LOS ไม่สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบการทรงตัวเพื่อทดสอบผลกระทบของการอดนอนได้ดีมากนัก (วีรเกียรติ พันธ์มะโอภาส., 2558)

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์วิธีการตรวจวัดสมรรถนะการทรงตัวตามแบบงานวิจัยของวีรเกียรติ (2558) เพื่อนำมาใช้ทดลองในสถานปฏิบัติงานจริง แต่จะแตกต่างกันตรงที่ งานวิจัยนี้จะศึกษาด้านระยะเวลาในการนอนหลับ (นอนน้อย) ที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทรงตัว เพราะในชีวิตประจำวันของผู้ปฏิบัติงาน (วัยทำงาน) ส่วนใหญ่มักจะมีการนอนหลับพักผ่อนก่อนการทำงานในทุกๆวัน แต่การนอนนั้นมีทั้งภาวะการนอนน้อยและภาวะการนอนอย่างเพียงพอ ซึ่งระยะเวลาในการนอนหลับที่ไม่เพียงพออาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการควบคุมร่างกายและการตัดสินใจในขณะปฏิบัติงานได้ ภาวะนอนน้อยต่างกับภาวะอดนอนตรงที่ ภาวะนอนน้อยนั้นยากต่อการตรวจพบและยังไม่มีเครื่องมือตรวจวัดภาวะนอนน้อยซึ่งถ้าสามารถตรวจพบได้ก็จะสามารถป้องกันคนที่มีภาวะไม่พร้อมไม่ให้เข้าทำงานได้ แต่ภาวะอดนอนถ้าเกิดจากการทำงานก็จะสามารถทราบถึงภาวะอดนอนได้และสามารถจัดการได้ เช่น การทำงานควบกะหรือการทำงานล่วงเวลาจนดึก จากงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบในภาวะอดนอนของ วีรเกียรติ (2558) ทำการทดลองและเก็บข้อมูลอยู่ในห้องแล็บกับผู้เข้าร่วมการทดลองที่มีการควบคุมการนอนหลับอย่างน้อย 6 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ และควบคุมการทำกิจกรรมต่างๆอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการทดลองลักษณะดังกล่าวนี้ไม่สามารถยืนยันได้ว่า วิธีการวัดสมรรถนะการทรงตัวจากงานวิจัยของ วีรเกียรติ (2558) จะสามารถใช้งานได้จริงกับผู้ที่มีการนอนน้อยอันเนื่องมาจากการทำงานและใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ งานวิจัยนี้จึงจะทำการทดลองกับพนักงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีระยะเวลาในการนอนหลับที่แตกต่างกันไปในแต่ละวัน อันเนื่องมาจากการทำงานเข้ากะ และการทำงานล่วงเวลา เพื่อศึกษาผลกระทบของระยะเวลาในการนอนหลับต่อสมรรถนะการทรงตัวของร่างกาย เพื่ออาจใช้กำหนดเป็นเกณฑ์ของการทรงตัวที่จะบ่งบอกได้ถึงภาวะนอนน้อยของคุณคน (พนักงาน) และแนะนำให้สถานปฏิบัติงานนำไปใช้ป็นวิธีเพื่อช่วยประเมินความพร้อมของคุณคนก่อนเริ่มการทำงาน เช่น การคัดกรอง

พนักงานที่มีภาวะการนอนน้อยไม่ให้เป็นไปปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักร ซึ่งอาจช่วยลดความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุเนื่องจากการง่วงนอนหรือการหลับใหลในระหว่างทำงาน

ทั้งนี้การออกแบบการทดลอง จะเลือกวิธีการทดสอบความสามารถการทรงตัวในท่ายืนมาใช้เพียง 2 วิธี คือวิธีการทดสอบเชิงคลินิกดัดแปลงเพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ของการรับรู้ความรู้สึกในการทรงตัว (Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance: mCTSIB) และวิธีการประเมินสมรรถนะแบบฟิตส์ (Fitts' Performance Test) เพราะจากงานวิจัยของ วีรเกียรติ (2558) วิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธีสามารถแสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากระยะเวลาการนอนที่เพิ่มขึ้นได้อย่างชัดเจน ในส่วนของการบันทึกระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง จะทำโดยการใช้แบบสอบถามการนอนหลับควบคู่ไปกับการใช้ เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ (Activity Tracker) เพื่อบันทึกเวลาที่เริ่มนอนหลับและเวลาที่ตื่นนอนในตอนเช้า เพื่อคำนวณหาระยะเวลาในการนอนหลับของผู้ร่วมการทดลอง และจากความหลากหลายตามธรรมชาติของมนุษย์ จึงจำเป็นต้องทำการเปรียบเทียบความสามารถในการทรงตัวแยกเป็นรายบุคคล โดยจะเก็บข้อมูลและวิเคราะห์เป็นรายบุคคลทั้งจากภาวะการนอนหลับที่เพียงพอ คือ 7 - 8 ชั่วโมงต่อวัน (National.Sleep.Foundation., 2015) กับภาวะการนอนน้อย คือ มีระยะเวลาในการนอนหลับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมงต่อวัน (Hassan, Frank, Paul, Stefania, & José, 2015)

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลรายบุคคล ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่งานวิจัยนี้จะปรับปรุงให้มีความสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น เพราะในงานวิจัยของ วีรเกียรติ (2558) จะใช้เวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 30 นาทีต่อผู้เข้าร่วมการทดลอง 1 คน ซึ่งถ้านำไปใช้ในโรงงานหรือหน่วยงานที่มีผู้ปฏิบัติงานจำนวนมาก ก็อาจจะกระทบกับเวลาในการเข้าปฏิบัติงานจริงได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อหาผลกระทบของระยะเวลาในการนอนหลับต่อความสามารถในการทรงตัวของร่างกาย

### 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

- 1) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาทดลองกับผู้เข้าร่วมการทดลองที่เป็นพนักงาน (วัยทำงาน) อายุระหว่าง 27 -35 ปี ในฝ่ายผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 6 คน ที่มีการทำงานและใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ
- 2) ทำการเก็บข้อมูลกับผู้เข้าร่วมการทดลองเป็นระยะเวลา 3 เดือน ในช่วงเวลา 7.00น.-9.00น. ของทุกวันทำงาน ตั้งแต่วันจันทร์-ศุกร์ โดยให้มีข้อมูลการทรงตัวและระยะเวลาในการนอนหลับอย่างน้อย 30 วันต่อผู้เข้าร่วมการทดลอง 1 คน เพราะเนื่องจากการเก็บข้อมูลในสถานปฏิบัติงานจริง ซึ่งผู้เข้าร่วมการทดลองจำเป็นต้องปฏิบัติงานตามภาระหน้าที่ของตนตามปกติ การเก็บข้อมูลเพื่องานวิจัยนี้ จึงทำได้ยากกว่าการเก็บข้อมูลวิจัยในห้องแล็บ
- 3) ใช้วีธีบาลานซ์บอร์ด เป็นอุปกรณ์นำเข้าสู่ข้อมูล โดยสิ่งที่รับข้อมูลนำเข้าสู่คือ ตำแหน่งจุดศูนย์กลางความดัน (Center of Pressure: COP) ในท่ายืนของผู้เข้าร่วมการทดลองในท่าทางยืนตรง
- 4) ประเมินสมรรถนะการทรงตัวในท่ายืนโดยใช้ค่าพิกัดจุดศูนย์กลางความดัน (COP) โดยทำการทดสอบและวิเคราะห์ภายใต้เกณฑ์วิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี ได้แก่ วิธีการทดสอบเชิงคลินิกดัดแปลงเพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ของการรับรู้ความรู้สึกในการทรงตัว (Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance: mCTSIB) และ วิธีการประเมินสมรรถนะแบบฟิตส์ (Fitts's Performance)
- 5) การบันทึกการนอนหลับ จะใช้แบบสอบถามการนอนหลับ ที่ผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องบันทึก เวลาที่เข้านอน เวลาที่ตื่นนอน และระยะเวลาในการนอนหลับ และเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลการนอนหลับ จึงจะให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนสวมใส่ เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ ในช่วงเวลาก่อนการเข้านอน เพื่อให้มีข้อมูลการนอนหลับที่ได้จากการวัดชีพจรและโปรแกรมวิเคราะห์การนอนหลับ และแสดงผลออกเป็น เวลาที่เข้านอน, เวลาที่ตื่นนอนและระยะเวลาในการนอนหลับ ของผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคน
- 6) ปัจจัยที่ควบคุมในการทดลอง คือ ท่าทางการยืนและตำแหน่งของเท้าบนวีธีบาลานซ์บอร์ด สถานีงาน ระยะการมองที่เหมาะสมระหว่างสายตาถึงหน้าจอแสดงผล



- 7) สถานที่เก็บข้อมูลจะต้องทำในห้องที่ควบคุมการเข้าออกของพนักงานเพื่อให้ผู้เข้าร่วมการทดลองไม่ถูกรบกวนในระหว่างการเก็บข้อมูล

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถทำการประยุกต์วิธีการตรวจวัดสมรรถนะการทรงตัวของร่างกายด้วยเครื่องวีร็อบาลานซ์บอร์ด มาวิเคราะห์เพื่อที่สามารถตรวจพบภาวะนอนน้อยได้
- 2) สามารถแนะนำเกณฑ์วิธี เพื่อใช้ในการทดสอบการทรงตัว เพื่อชี้วัดภาวะของบุคคล (พนักงาน) ที่มีความไม่พร้อมในการทำงาน เนื่องจากมีความสามารถในการทรงตัวที่ผิดปกติอันเนื่องมาจากการนอนน้อยหรือมีการพักผ่อนที่ไม่เพียงพอ
- 3) สามารถใช้เป็นแนวทางให้โรงงานอุตสาหกรรมในการนำเอาการวิเคราะห์การทรงตัวด้วยวีร็อบาลานซ์บอร์ด มาใช้ในการวัดสมรรถนะของพนักงาน (วัยทำงาน) ตามรูปแบบวิธีของงานวิจัยนี้ เพื่อนำไปใช้คัดกรองพนักงานก่อนเริ่มการทำงาน เพื่อช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุและเพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

#### 1.5 นิยามศัพท์

ภาวะนอนน้อย คือ การนอนไม่เพียงพอทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ จะทำให้เกิด “หนี้การนอน (Sleep debt)” ซึ่งจะได้รับการชดเชยเสมอในการนอนหลับคืนถัดไป การนอนหลับพักผ่อนที่ไม่เพียงพอหลายคืนติดต่อกัน จะสะสมจนเกิดความง่วงนอนจนร่างกายไม่สามารถฝืนได้อีก และอาจเกิดการหลับในได้ในเวลาต่อมา ช่วงที่อยู่ในภาวะง่วงนอนหรือหลับใน เป็นช่วงที่ความสามารถในการจดจำ การตัดสินใจ การทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ลดลงจนขาดหายไป ซึ่งอาจนำไปสู่อุบัติเหตุต่างๆ ได้

สภาวะอดนอน คือ ภาวะที่ร่างกายยังคงตื่นนอนอยู่อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน คนที่ตื่นนอนต่อเนื่องเป็นเวลามากกว่าหรือเท่ากับ 15 ชั่วโมง จะเพิ่มความเสี่ยง 4 เท่าต่อการเกิดภาวะง่วงนอนขณะขับขี่ยานพาหนะ

## 1.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษางานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะในการทรงตัว งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิเคราะห์การนอนหลับ
2. กำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย
3. เก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัย
4. ออกแบบการทดลองและกำหนดวิธีการในการเก็บข้อมูลกับผู้เข้าร่วมการทดลอง
5. ดำเนินการทดลองกับอาสาสมัครตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้
6. วิเคราะห์และประเมินผลที่ได้จากการทดลอง
7. สรุปผลในการศึกษาและข้อเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์



## บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

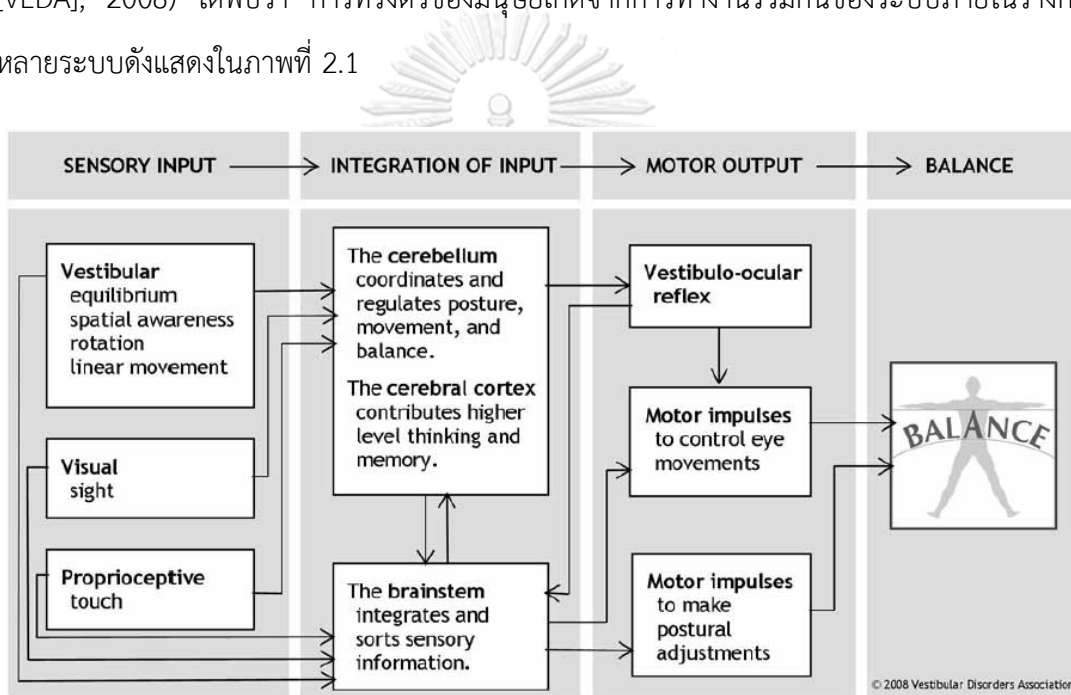
งานวิจัยนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อนำเอาขั้นตอนและวิธีการทดสอบการทรงตัวในแบบเดียวกับงานวิจัยของ วีรเกียรติ (2558) มาทำการเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง ที่ทำงานในสถานปฏิบัติงานจริง งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะมุ่งเน้นไปในส่วนของการศึกษาวิธีการตรวจวัดความสามารถในการทรงตัวของร่างกาย เครื่องมือที่ใช้ทดสอบการทรงตัว ผลจากการนอนน้อยที่กระทบต่อสมรรถภาพร่างกาย การประเมินสมรรถนะตามหลักการของฟิตส์ (Fitts' law) และการบันทึกการนอนหลับ ซึ่งมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. ระบบการทรงตัวของร่างกายมนุษย์
2. การทดสอบความสามารถในการทรงตัวของร่างกาย
3. เครื่องมือที่ใช้ทดสอบความสามารถการทรงตัวที่เกี่ยวข้อง
4. การประเมินสมรรถนะการทำงานโดยอาศัยกฎของฟิตส์ (Fitts's law)
5. การนอนและการจดบันทึกการนอนรวมถึงสมรรถภาพร่างกายที่เกี่ยวข้อง
6. ซีพจรและความดันโลหิต
7. เครื่องมือที่ใช้วัดระยะเวลาในการนอนหลับจากอัตราการเต้นของหัวใจ
8. มุมและระยะในการมอง

## 2.1 ระบบการทรงตัวของร่างกายมนุษย์

การทรงตัวของร่างกายคือการรักษาสสมดุลของร่างกายโดยใช้ความสามารถในการควบคุมจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย (Body's Center of Gravity) ให้อยู่ภายในฐาน (Base of Support) ซึ่งจุดศูนย์ถ่วงร่างกายมนุษย์จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจากการเคลื่อนไหวของอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย (Murray, Seireg, & Sepic, 1975)

งานวิจัยของ Vestibular Disorders Association (Vestibular Disorders Association [VEDA], 2008) ได้พบว่า การทรงตัวของมนุษย์เกิดจากการทำงานร่วมกันของระบบภายในร่างกายหลายระบบดังแสดงในภาพที่ 2.1



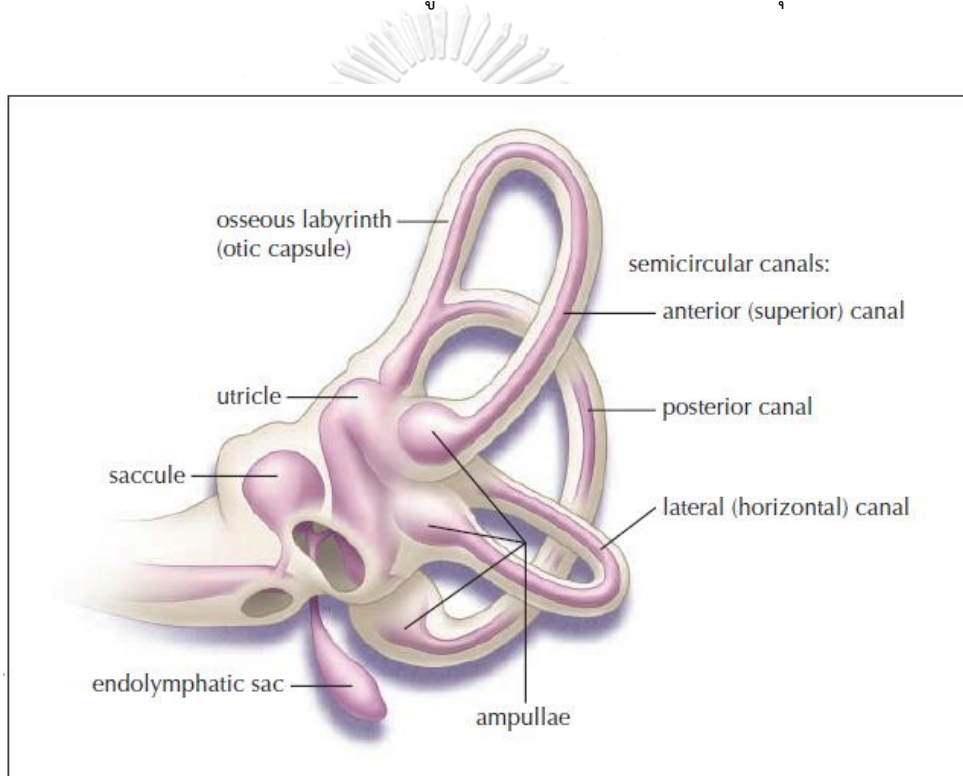
ภาพที่ 2.1 การทำงานร่วมกันของระบบร่างกายเพื่อควบคุมการทรงตัว (VEDA, 2008)

### 2.1.1 ระบบการรับรู้ความรู้สึก (Sensory Input)

การทรงตัวของร่างกายจะเริ่มจากการรับรู้ความรู้สึกด้วยระบบการนำเข้าความรู้สึก 3 ช่องทางดังนี้

- 1) การมองเห็น (Visual) เป็นระบบการรับรู้ผ่านทางดวงตาโดยระบบประสาทในดวงตาจะรับแสงสีจากภายนอกและแปลผลจากแสงสีต่างๆเป็นกระแสประสาท และส่งผ่านระบบประสาทเข้าสู่สมองเพื่อประมวลผลเป็นภาพที่ได้รับจากดวงตาเพื่อใช้วิเคราะห์การมองเห็น ทำให้สมองสามารถรับรู้และระบุตำแหน่งของร่างกายเพื่อตอบสนองต่อภาพที่มองเห็นนั้นได้อย่างถูกต้อง

- 2) การรับรู้อากัปกริยา (Proprioceptive) เป็นการรับรู้ที่เกิดจากการสัมผัสกันของอวัยวะ เช่น การสัมผัสทางผิวหนัง การสัมผัสกันระหว่างกล้ามเนื้อและข้อต่อรวมถึงการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของร่างกาย
- 3) ระบบการรักษาสมดุลร่างกายโดยอวัยวะพิเศษในหูชั้นใน (Vestibular System) ซึ่งระบบการทำงานนี้จะประกอบไปด้วยส่วนยูตริเคิล (Utricle) เป็นถุงกลมใหญ่และแซคคูล (Saccule) เป็นถุงกลมขนาดเล็กภายในมีของเหลวและเซลล์ขนสำหรับรับความรู้สึก (Macula Sacculi) ทำหน้าที่รับรู้ระนาบของร่างกายตามแนวตั้งและการเคลื่อนไหวของร่างกายตามแนวเส้นตรง และท่อครึ่งวงกลม 3 ท่อทำหน้าที่รับรู้การเคลื่อนไหวในทิศทางการหมุน

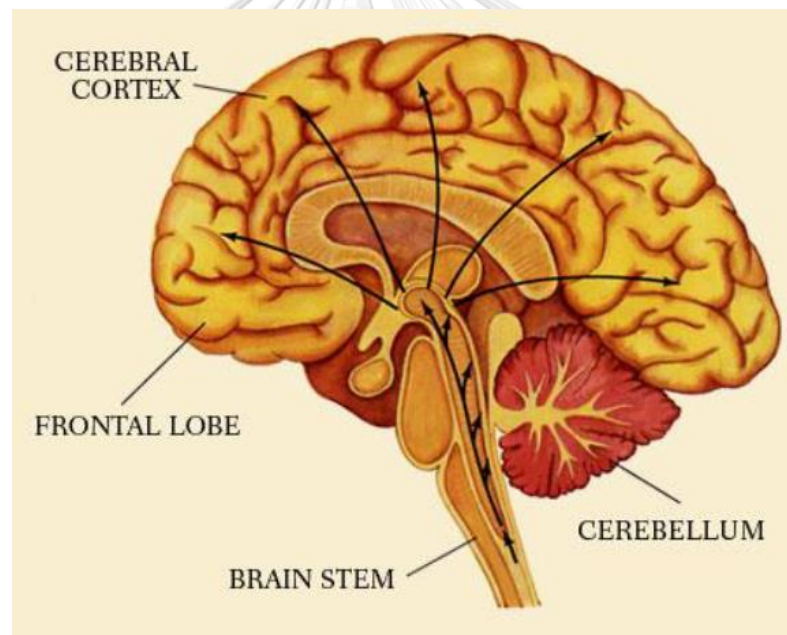


ภาพที่ 2.2 ระบบ Vestibular ในหูชั้นใน

### 2.1.2 การบูรณาการของความรู้สึกนำเข้า (Integration of Input)

หลังจากที่ร่างกายรับรู้ความรู้สึกภายนอกผ่านทาง 3 ช่องทางข้างต้นแล้วสมองจะนำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผลดังต่อไปนี้

- 1) สมองส่วนซีรีเบลลัม (Cerebellum) จะทำหน้าที่รับความรู้สึกจากการมองเห็นและการรับรู้ อากัปกริยาประมวลผลเพื่อคำนวณท่าทางและสั่งงานไปยังอวัยวะต่างๆ เพื่อรักษาสมดุลของร่างกายซึ่งลักษณะของการสั่งงานจะเป็นการตอบสนองแบบอัตโนมัติตามความคุ้นเคย เช่น การรักษาสมดุลของร่างกายหลังการเตะลูกฟุตบอล เป็นต้น
- 2) สมองส่วนซีรีบรัล คอร์เท็กซ์ (Cerebral Cortex) จะเป็นสมองที่รวบรวมการเรียนรู้และประสบการณ์ โดยข้อมูลจากซีรีบรัลคอร์เท็กซ์จะทำงานร่วมกับสมองส่วนซีรีเบลลัมเพื่อการตอบสนองของร่างกายที่ถูกต้องต่อสถานการณ์ได้ดีมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.3 ส่วนต่างๆของสมอง

### 2.1.3 การแสดงออกเพื่อควบคุมร่างกาย (Motor Output)

ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของสมองและการตอบสนองฉับพลันของระบบประสาทจะทำงานร่วมกัน 3 ส่วนดังต่อไปนี้

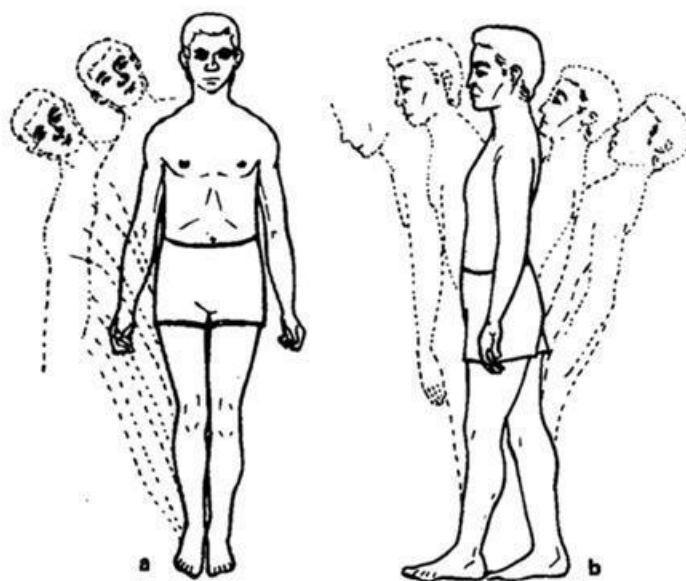
- 1) การแสดงออกทางกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลจากการประมวลผลผ่านสมองส่วนซีรีเบลลัมและซีรีบริลคอร์เท็กซ์เพื่อให้กล้ามเนื้อแต่ละส่วนทำงานเพื่อรักษาสมดุลร่างกายให้ไปในทิศทางที่ต้องการและเหมาะสม
- 2) การแสดงออกทางการเคลื่อนไหวของลูกตา การทำงานของระบบหูชั้นในจะสร้างการตอบสนองที่เรียกว่า Vestibulo-ocular reflex สั่งงานโดยตรงไปที่ลูกตาเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตา ให้ยังสามารถรับภาพได้อย่างถูกต้อง แม้การเคลื่อนไหวของศีรษะจะเป็นไปในทิศทางที่ไม่สมดุลแล้วก็ตาม

## 2.2 การทดสอบความสามารถในการทรงตัวของร่างกาย

### 2.2.1 การศึกษาเกี่ยวกับการทรงตัวของร่างกายมนุษย์

ตั้งแต่อดีต ได้มีความพยายามเพื่อที่จะศึกษาความสามารถในการทรงตัวของร่างกาย ทั้งนี้ จุดมุ่งหมายหลักก็เพื่อประโยชน์ในการรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวหรือระบบการรักษาสมดุล โดยถ้าสามารถตรวจวัดถึงความผิดปกติได้ ผู้ป่วยก็มีโอกาสที่จะได้รับการรักษาได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการทรงตัวของมนุษย์เริ่มขึ้นในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 19 โดย Moritz Heinrich von Romberg ได้สร้างกระบวนการวิธีที่จะตรวจสอบความผิดปกติของระบบการทรงตัวขึ้นในปี ค.ศ. 1853 เพื่อใช้สำหรับการตรวจทางคลินิก (Khasnis & Gokula, 2003) กระบวนการตรวจสอบนี้ได้ถูกเรียกต่อมาว่า การทดสอบแบบรอมเบิร์ก (Romberg's Test) โดยมีหลักการคือ ให้ผู้เข้าร่วมทดสอบยืนตัวตรง สองมือแนบข้างลำตัว แล้วหลับตา ซึ่งการหลับตาจะเป็นการปิดกั้นการรับรู้ภาพทางสายตาและทำให้การรับรู้เพื่อการทรงตัวเหลือเพียงการรับรู้จากปฏิกิริยาและระบบหูชั้นในเท่านั้น การทดสอบแบบรอมเบิร์กจะสามารถตรวจวัดผลเป็นบวกได้ (Romberg's Positive) โดยดูจากการแกว่งของร่างกายจนถึงการล้ม เมื่อยืนหลับตาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Khasnis & Gokula, 2003) การทดสอบแบบรอมเบิร์กนี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางและยังถูกใช้ในวงการแพทย์มาจนถึงปัจจุบันเนื่องจากสามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว และไม่จำเป็นต้องมีเครื่องมือพิเศษ



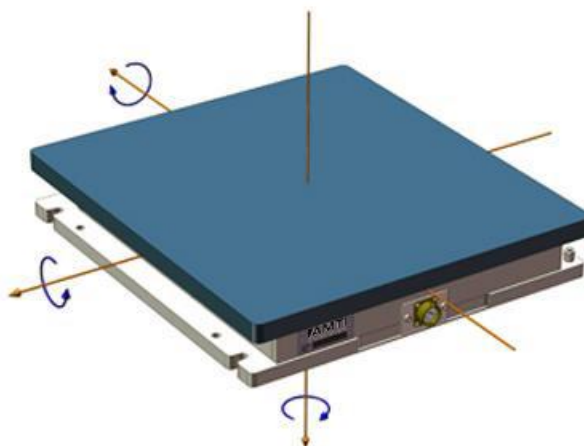
**Maniobra de Romberg (a) y signo de Romberg sensibilizado (b).**

ภาพที่ 2.4 การทดสอบแบบรอมเบิร์ก (Romberg's Test)

ในปี ค.ศ. 1971 Wright B. M. ได้เริ่มนำเอาเครื่องมือมาใช้เพื่อวัดความสามารถในการทรงตัว โดยเครื่องมือที่ Wright ได้คิดค้นขึ้นมาเรียกว่า “Simple ataxia-meter” มีลักษณะเป็นแผ่นให้ผู้ทดสอบขึ้นไปยืน แต่ด้านล่างของแผ่นนี้มีลักษณะโค้งนูน ซึ่งทำให้ผู้ทดสอบต้องใช้ความสามารถของร่างกายในการทรงตัวให้อยู่บนแผ่นทดสอบนี้ให้ได้ โดยการบันทึกข้อมูลการแกว่งของร่างกายจะวัดจากการแกว่งแนวหน้า-หลัง (Frontal plane) โดยทำการวัดออกมาเป็นองศา (Wright, 1971)

ต่อมา Murray et al. (1975) ได้ทำการศึกษาการนำเอาแผ่นตรวจวัดแรง (Force Plate: FP) เข้ามาใช้ในการวัดการทรงตัว โดยประยุกต์ใช้โหลดเซลล์ (Load cell) จำนวน 3 ตัว ขึ้นไป ประกอบเข้ากับแผ่นตรวจวัดแรง ทั้งนี้เพื่อนำเอาข้อมูลที่ได้จากโหลดเซลล์แต่ละตัว มาคำนวณสมมูลของน้ำหนักได้ ด้วยหลักการดังกล่าว แผ่นตรวจวัดแรงสามารถแสดงเวกเตอร์แรงสุทธิที่เกิดขึ้นจากการลงน้ำหนักได้ โดยแสดงเป็น จุดศูนย์กลางความดัน (Center of Pressure: COP) การศึกษาของ Murray และคณะ จึงเป็นการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดันเพื่อดูความผิดปกติของการทรงตัวนั่นเอง (Murray et al., 1975)





ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างแผ่นตรวจวัดแรงยี่ห้อ AMTI

วีรเกียรติ (2558) ศึกษาความสามารถในการทรงตัวของมนุษย์ในสภาวะปกติและในสภาวะอดนอนพบว่า ความสามารถในการทรงตัวของมนุษย์จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่ออยู่ในสภาวะตื่นนอนหรือไม่ได้นอนอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานและความปลอดภัยของมนุษย์ โดยผลการศึกษาความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี mCTSIB จากงานวิจัยของ วีรเกียรติ มีลักษณะเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Fabbri (Fabbri. et al., 2006) ซึ่งพบความเปลี่ยนแปลงของการทรงตัวทั้ง ค่าขนาดพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (Support Surface: SS) และ ค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน (Statokinesigram Length: SL) เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองไม่ได้นอนติดต่อกันนาน 20 และ 22 ชั่วโมง ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อระยะเวลาที่ยังคงตื่นนอนยาวนานขึ้น (ไม่ได้นอนติดต่อกันเป็นเวลานานขึ้น) ซึ่งการเพิ่มสูงขึ้นของค่า SS และ SL นั้นเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของประสาทส่วนกลางที่ลดลงเมื่อร่างกายไม่ได้นอนหลับพักผ่อนเป็นเวลานาน (Fabbri. et al., 2006) โดยเฉพาะในภาวะหลับตา ซึ่งเป็นการปิดกั้นการนำเข้าสู่ข้อมูลภาพการมองเห็น เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองหลับตา ร่างกายจึงเหลือเพียงแต่การทำงานของหูชั้นใน (Vestibular System) และระบบการรับรู้อากัปกิริยา (Proprioceptive) เท่านั้น ดังนั้นความสามารถในการทรงตัวจึงลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากการเพิ่มขึ้นของค่า SS ที่หมายถึงผู้เข้าร่วมการทดลองใช้พื้นที่ในการทรงตัวมากขึ้น และ SL ซึ่งหมายถึงร่างกายที่เคลื่อนที่มากขึ้นระหว่างการทดสอบ ผลการทดสอบความสามารถการทรงตัวด้วยวิธีการทดสอบขีดจำกัดของการทรงตัว (Limits of Stability: LOS) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง 4 ตัว ได้แก่

ค่าความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ (Movement Velocity: MVL), ค่าระยะทางถึงจุดสิ้นสุดของการเคลื่อนที่ครั้งแรกในทิศทางเข้าหาเป้าหมาย (Endpoint Excursion: EPE), ค่าระยะทางไกลที่สุดจากจุดเริ่มต้นที่สามารถทำได้ (Maximum Excursion: MXE) และค่าความสามารถในการควบคุมทิศทางของการเคลื่อนที่ (Directional Control: DCL) พบว่า ตัวชี้วัด MVL และ EPE สามารถตรวจพบความเปลี่ยนแปลงของความสามารถการทรงตัวที่ระยะเวลาที่ยังคงตื่นนอนยาวนาน 16 ชั่วโมง แต่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ซึ่งอาจสรุปผลได้ว่าค่า MVL และ EPE ไม่สามารถเป็นค่าที่ใช้ในการทดสอบการทรงตัวเพื่อทดสอบผลกระทบจากการอดนอนที่ดีได้มากนัก ผลการทดสอบความสามารถการทรงตัวด้วยวิธี Fitts's Performance Test ระยะเวลาที่ยังคงตื่นนอนของผู้เข้าร่วมการทดลองนั้นมีผลต่อดัชนีสมรรถนะ (Index of Performance: IP) และจุดตัดแกน Y (Y-intercept) อย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าทั้งค่า IP และ Y-intercept ของผู้เข้าร่วมการทดลองมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาที่ยังคงตื่นนอนที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งหมายถึงว่า ผู้เข้าร่วมการทดลองมีแนวโน้มที่จะควบคุมการทรงตัวของร่างกายเพื่อทำภารกิจที่ต้องการความแม่นยำสูงได้ลดลง (ค่า IP ลดลง) และที่ระดับดัชนีความยากของงาน (Index of Difficulty: ID) ที่สูงขึ้นพบว่าต้องใช้เวลาในการทำงานมากขึ้น สังเกตได้จากค่า Y-intercept ที่ลดลง ส่วนสมรรถนะและความเร็วในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน (Center of Pressure: COP) ที่ลดลงนี้ เกิดขึ้นจากการลดลงของประสิทธิภาพของร่างกายทั้งในส่วน of ระบบประสาทและการรับรู้การมองเห็น (Miyata et al., 2010) ตัวชี้วัด IP และ Y-Intercept สามารถตรวจพบความเปลี่ยนแปลงของความสามารถการทรงตัวได้เร็วกว่าการทดสอบแบบ mCTSIB และ LOS โดยสามารถตรวจพบความเปลี่ยนแปลงได้ที่ระยะเวลาที่ยังคงตื่นนอนนาน 18 ชั่วโมง สำหรับ IP และ 16 ชั่วโมงสำหรับ Y-Intercept ดังนั้นแล้ว การทดสอบแบบ Fitts's Performance Test จึงสามารถใช้ในการทดสอบผลกระทบจากการอดนอนได้เป็นอย่างดี

จากการวิเคราะห์ Pairwise Comparisons แบบรายบุคคล ผลการทดสอบทางสถิติที่ระบุจำนวนผู้เข้าร่วมการทดลองที่ความสามารถการทรงตัวได้รับผลกระทบจากระยะเวลาที่อดนอนแสดงให้เห็นถึงขนาดของผลกระทบดังกล่าว โดยระยะเวลาที่อดนอนได้ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทรงตัวที่ใช้เพื่อควบคุมร่างกายขณะเคลื่อนที่มากที่สุด (จากผลการทดสอบ Fitts's Performance Test) รองลงมาคือความสามารถในการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง (จากผลการทดสอบแบบ mCTSIB) และส่งผลกระทบต่อขีดจำกัดของความสามารถในการทรงตัว (จากผลการทดสอบแบบ LOS) (วีรเกียรติ พันธ์มะโอภาส., 2558)

## 2.3 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบความสามารถในการทรงตัว

ในปัจจุบันมีเครื่องมือหลากหลายที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการทรงตัว โดยมากแล้วเครื่องมือเหล่านี้จะถูกใช้ในทางการแพทย์ด้วยจุดประสงค์หลักที่สำคัญคือการตรวจหาความผิดปกติทางร่างกายของผู้ป่วย

### 2.3.1 Balance Master

เครื่องวัดสมรรถภาพการทรงตัว Balance Master จากบริษัท NeuroCom เป็นเครื่องวัดความสามารถการทรงตัวที่ได้รับความนิยมและมีใช้โดยทั่วไปเนื่องจากความสามารถที่หลากหลาย ไม่เพียงแต่สามารถวัดการทรงตัวแบบอยู่กับที่ (Static) หากยังสามารถวัดการทรงตัวในขณะที่เคลื่อนไหว (Dynamic) เช่น การเดินหรือการกระโดดได้อีกด้วย แสดงในภาพที่ 2.6 (NeuroCom, 2012)



ภาพที่ 2.6 เครื่องวัดการทรงตัว Balance Master

Balance Master สามารถทำการทดสอบที่หลากหลาย ซึ่งเป็นผลมาจากแผ่นตรวจวัดแรงแบบคู่ที่มีขนาดใหญ่ จึงสามารถใช้ทดสอบความสามารถในการทรงตัวในอิริยาบถที่ต่างกันไป เช่น การเดิน การลุกขึ้นยืน การก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง เป็นต้น โดยค่าความสามารถที่เครื่อง Balance Master วัดได้ จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปกติของประชากร (Normative Population Data) เพื่อวิเคราะห์ว่าผู้ทดสอบมีความผิดปกติหรือไม่ (NeuroCom, 2012)

การทดสอบการทรงตัวจากเครื่อง Balance Master ที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือวิธีการทดสอบเชิงคลินิกดัดแปลงเพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ของการรับรู้ความรู้สึกในการทรงตัว (Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance: mCTSIB) ซึ่งเป็นการทดสอบการทรงตัวที่มุ่งสังเกตการแกว่งตัวของจุดศูนย์กลางความดัน (COP) ในขณะยืนนิ่งโดยใช้กระบวนการ

ทดสอบแบบบรอมเบิร์ก คือ ทำการทดสอบและเปรียบเทียบระหว่างการยื่นลิ้มตา และการยื่นหลับตา โดยการทดสอบจะใช้เวลา 10 วินาทีต่อหนึ่งการทดลอง (Trial) โดยมีตัวชี้วัดคือ ภาพการเคลื่อนที่ของ จุดศูนย์กลางความดัน (COP) และ ค่าความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ (Movement Velocity: MVL)

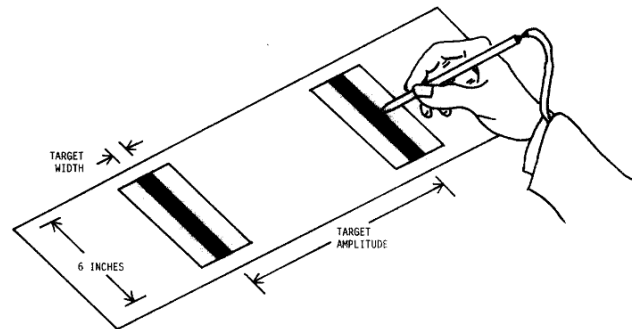
### 2.3.2 วี้อบาลานซ์บอร์ด (Wii Balance Board)

ในการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการทรงตัวของร่างกาย เริ่มมีการนำเอาวี้อบาลานซ์บอร์ด มาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ในการตรวจวัดแรงปฏิกิริยาจากน้ำหนักที่กระทำบนพื้น แทนที่ใช้เครื่องตรวจวัดแรงซึ่งมีน้ำหนักมาก ติดตั้งยาก และมีราคาสูง ซึ่งจะพบว่ามิงงานวิจัยจำนวนมากที่ได้นำวี้อบาลานซ์บอร์ดมาใช้เพื่อทดสอบการทรงตัว ความสามารถและความละเอียดในการตรวจจับแรงของวี้อบาลานซ์บอร์ดนั้นสามารถใช้ทดแทนเครื่องตรวจวัดแรงในการประเมินการทรงตัวได้สำหรับการทดสอบที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก (Clark., Ross, & others., 2009)

## 2.4 การประเมินสมรรถนะการทำงานโดยอาศัยกฎของฟิตส์ (Fitts's law)

สมรรถนะในความหมายของฟิตส์ (Fitts's Performance) หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่จะสามารถดำรงความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานของบุคคลนั้นๆต่อความยากและความแม่นยำที่เปลี่ยนไปตามสภาพ (ความยากง่าย) ของงาน

กฎของฟิตส์ (Fitts's law) คือ การแลกเปลี่ยนความเร็วและความแม่นยำในการทำงาน (Fitts, 1954) กล่าวคือ เมื่อทำงานใดๆที่ไม่ต้องการความแม่นยำมากนัก จะสามารถทำงานนั้นๆโดยใช้เวลาน้อย แต่เมื่องานที่จะทำจำเป็นต้องอาศัยความแม่นยำสูง ก็ย่อมต้องใช้เวลาในการทำงานมากขึ้น ภาพที่ 2.7 แสดงการเคลื่อนไหวของมือไปมาระหว่างเป้าหมาย 2 จุด โดยงานก็คือการจิ้มปากกาที่บริเวณเป้าหมายสลับกันไปมา



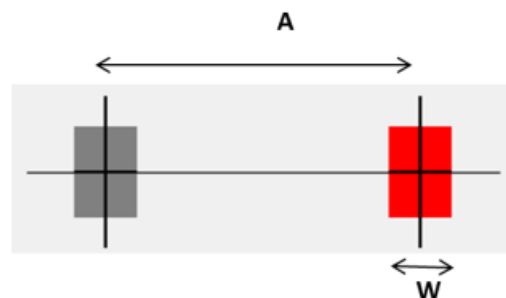
ภาพที่ 2.7 แบบจำลองของ Fitts (1954)

MacKenzie (1992) ได้ทำการศึกษาทฤษฎีของฟิตส์ และได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการทำงานของมนุษย์ ดัชนีความยากง่ายของงาน และระยะเวลาในการเคลื่อนที่เพื่อทำงานดังต่อไปนี้ (MacKenzie & I., 1992)

สมรรถนะการทำงาน (Index of Performance: IP) ของร่างกายมนุษย์มีความสัมพันธ์กันเป็นอัตราส่วนระหว่างดัชนีความยากง่ายของงาน (Index of Difficulty: ID) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (Movement Time: MT) ดังสมการที่ 2.1

$$IP = \frac{ID}{MT} \dots\dots\dots (2.1)$$

ดัชนีความยากง่ายของงาน (ID) คือ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางระหว่างเป้าหมาย และขนาดของเป้าหมาย แสดงตามภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 เป้าหมายของงานตามแบบฟิตส์

เพราะฉะนั้นแล้ว เมื่อเป้าหมายอยู่ห่างกันมากขึ้น (A) จะทำให้ความยากของงานเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเป้าหมายมีขนาดเล็กลง (W) ดัชนีความยากของงานก็จะมากขึ้นเช่นเดียวกัน ความสัมพันธ์นี้สามารถอธิบายได้ตามสมการที่ 2.2

$$ID = \log_2 \frac{A+W}{W} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

ระยะเวลาการเคลื่อนที่ (MT) เป็นผลมาจากความยากง่ายของงานตามหลักการการแลกเปลี่ยนความเร็วและความแม่นยำ หากงานมีความยาก เวลาที่ใช้ในการทำงานนั้นก็มากตามไปด้วย ซึ่งก็คือ ระยะเวลาการเคลื่อนที่แปรผันตรงกับดัชนีความยากง่ายของงาน นอกจากนี้การทำงานยังอาจเกิดความผิดพลาดระหว่างทำงาน ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังสมการที่ 2.3

$$MT = a + b ID \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

เมื่อแทนค่าสมการที่ 2.2 ในสมการที่ 2.3 จะได้สมการของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถแสดงได้ในสมการที่ 2.4

$$MT = a + b \log_2 \frac{A+W}{W} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

โดยที่ IP คือ ดัชนีสมรรถนะการทำงาน (Index of Performance)

ID คือ ดัชนีความยากง่ายของงาน (Index of Difficulty)

MT คือ เวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time)

A คือ ระยะห่างระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดกึ่งกลางเป้าหมาย (Amplitude)

W คือ ขนาดความกว้างเป้าหมายในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (Width)

a, b คือ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Regression Coefficients)

จากสมการที่ 2.4 ค่า b คือ ค่าความชัน (Slope) ของสมการถดถอยแบบเส้นตรง ซึ่งก็คือ ค่าสมรรถนะ หรือค่า IP ของสมการ 2.1 นั่นเอง

## 2.5 การนอนและการจัดบันทึกการนอนรวมถึงสมรรถภาพร่างกายที่เกี่ยวข้อง

### 2.5.1 ความหมายของการนอนหลับ

การนอนหลับ เป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ เกิดจากกระบวนการทางสรีรวิทยาที่ซับซ้อน สอดคล้องกับจังหวะของนาฬิกาชีวภาพที่เกิดขึ้นกับมนุษย์ทุกคน พฤติกรรมที่แสดงออกมาถูกควบคุม โดยระบบประสาทส่วนกลางในสมอง (Landis, 2002) ซึ่งการนอนหลับเป็นการเปลี่ยนแปลงจากการรู้สึก ตื่นไปเป็นการหมดสติชั่วคราว พฤติกรรมที่ปรากฏคล้ายกับการหมดสติ ได้แก่ ระดับความรู้สึกตัว ลดลงจนไม่รู้สึกรู้ตัว ร่างกายอยู่ในท่านอนสงบนิ่งและหลับตา การตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกและการ เคลื่อนไหวร่างกายมีน้อยมากหรือไม่มีเลย (Kandel, Schwartz, & Jessell, 2000) และ (Sorrentino, 1995) การเปลี่ยนแปลงของร่างกายด้านสรีรวิทยาไปในทางผ่อนคลาย อวัยวะส่วน ทำงานลดลง การใช้พลังงานลดลง ระบบการทำงานของร่างกายลดลง สัญญาณชีพลดลง ทั้งชีพจร เต็มช้าลง ความดันโลหิตและอุณหภูมิร่างกายลดลง อัตราการหายใจจะช้าลงกว่าตอนตื่นนอน กระบวนการเผาผลาญและพลังงานที่จะนำไปใช้ในร่างกายนลดลง (Beare & Myers, 1994) และ (Young, 1997) และระบบทั้งหมดจะสามารถกลับคืนสู่ภาวะปกติได้เมื่อตื่นนอน มนุษย์สามารถถูก ปลุกให้ตื่นได้ด้วยสิ่งเร้าที่เหมาะสม (Mallik, Hall, & D., 1998) การนอนหลับจะแตกต่างจากการพัก (Rest) หรือไม่รู้สึกรู้ตัว (Coma) เพราะการนอนหลับจะสามารถถูกปลุกให้ตื่นได้ หลังจากตื่นจะรู้สึกสดชื่นและมีความผ่อนคลาย (Landis, 2002)

### 2.5.2 ความสำคัญของการนอนหลับ

การนอนหลับที่เพียงพอมีความจำเป็นในการคงไว้ซึ่งการมีภาวะสุขภาพที่ดี การนอนไม่เพียงพอ และการนอนไม่หลับเป็นภาวะที่พบบ่อยในปัจจุบัน มนุษย์ควรนอนหลับอย่างน้อย 8 – 9 ชั่วโมงต่อวัน และควรถูกขัดจังหวะในระหว่างการนอนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Bonnet & Arand, 1995) การนอนหลับมีความสำคัญดังนี้

- 1) ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย ที่เกิดจากช่วงเวลากลางวัน ในขณะที่นอนหลับช่วงที่ไม่มี การกรอกตาอย่างรวดเร็ว (Non-Rapid Eye Movement: NREM) อุณหภูมิร่างกายจะลดลง ต่ำกว่าปกติ เป็นการประหยัดพลังงานไม่ให้สูญเสียไป อัตราการเผาผลาญต่าง ๆ ภายใน ร่างกายก็จะอยู่ในสภาพต่ำสุด ทำให้มีการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อในอวัยวะต่างๆ และมีการ รวบรวมสะสมพลังงานเพื่อที่จะใช้ทำงานในวันถัดไป การนอนหลับเป็นช่วงเวลาของการบำรุง กำลัง ซึ่งมีอำนาจในการซ่อมแซมภายในร่างกาย กระบวนการรักษาแผลจะเกิดขึ้นในขณะที่

หลับ (Brandenberger, Gronfier, Chapotot, Simon, & Piquard, 2000) (Landis, 2002; Sorrentino, 1995)

- 2) ส่งเสริมการเจริญเติบโต เพราะฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโตจากต่อมใต้สมองจะถูกหลั่งออกมามากที่สุดขณะนอนหลับ การหลั่งของโกรทฮอร์โมน (Growth Hormone) จากต่อมใต้สมองมีความสัมพันธ์กับช่วงการหลับลึก โดยจะหลั่งสูงสุดช่วงคลื่นเดลต้า ในขณะที่ฮอร์โมนโคติโคสเตียรอยด์ (Corticosteroids) และแคทีโคลามีน (Catecholamines) ต่ำมากในช่วงที่ไม่มีการกลอกตาอย่างรวดเร็ว (NREM) (Landis, 2002; Mahon, 1995; เกษียรสม วีรานูวัตต์, 2542)
- 3) ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและพลังงาน โดยเฉพาะภูมิคุ้มกันเชื้อไวรัส ในระยะที่มีการนอนนี้จะมีสารต่าง ๆ ซึ่งควบคุมความต้านทานของร่างกายหลั่งออกมา มีข้อมูลให้เห็นอย่างชัดเจนว่า คนที่นอนหลับไม่เพียงพอจะทำให้ความต้านทานต่อการติดเชื้อลดลง เช่น การเป็นหวัดได้ง่าย เป็นต้น (เกษียรสม วีรานูวัตต์, 2542)
- 4) ส่งเสริมการจดจำ ขณะหลับเซลล์สมองเริ่มทำงานโดยจัดเก็บข้อมูลที่ได้สะสมไว้ตลอดทั้งวัน ซึ่งมีความสำคัญต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ เพราะในช่วงการนอนหลับที่มีการเคลื่อนไหวของลูกตาอย่างรวดเร็ว (Rapid Eye Movement: REM) จะมีการเปลี่ยนแปลงในสมอง ซึ่งคล้ายกับภาวะตื่นตัว เซลล์สมองจะหยุดใช้สารซีโรโทนิน (Serotonin) และมีการสร้างสารนอร์เอพิเนฟริน (Norepinephrine) ขึ้นมาชดเชยส่วนที่ถูกใช้ไปในตอนกลางวันเพื่อที่จะได้เก็บไว้ใช้ในวันต่อไป ในตอนกลางวันขณะที่ใช้ความคิดและความจำจะมีการใช้สารเคมีในสมองทั้งนอร์เอพิเนฟริน และซีโรโทนิน ผู้ที่มีการใช้สมองหรือใช้ความจำอย่างมากจะมีการนอนช่วงนี้มากกว่าธรรมดา ทำนองเดียวกันถ้าหากว่าการนอนไม่พอ โดยเฉพาะผู้ที่เตรียมตัวสอบถ้าขาดการนอนช่วงนี้จะทำให้จำอะไรไม่ได้ ไม่สามารถทำการสอบในวันรุ่งขึ้นได้ดีเท่าที่ควร และนอกจากการเก็บบันทึกความจำใหม่ ๆ ลงไปในสมองแล้ว การจัดความจำให้เข้าสู่ระบบก็มีความสำคัญในการทำให้จำได้ในระยะยาว ถ้านอนหลับไม่เพียงพอจะทำให้ขาดการนอนในช่วงที่มีการเคลื่อนไหวของลูกตาอย่างรวดเร็ว (REM) ทำให้มีผลเสียต่อการเรียนรู้ การใช้ความคิด ความจำ และไม่สามารถปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพได้ในวันถัดมา (Mahon, 1995; เกษียรสม วีรานูวัตต์, 2542) กระบวนการคิดและการทำงานในส่วนต่างๆของร่างกายจะดีขึ้นภายหลังการนอนหลับ (Sorrentino, 1995) การนอนหลับไม่เพียงพอมีผลกระทบต่อการเรียนรู้จากการศึกษาของ (Engle et al., 2003) พบว่านักศึกษาในระดับปริญญาตรีที่มีภาวะอดนอน มี



ผลให้ลดความพยายามในการเรียน โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่อดนอนกับไม่อดนอน โดยให้ทดสอบทำโจทย์คณิตศาสตร์ พบว่ากลุ่มที่อดนอนจะเลือกตอบปัญหาน้อยลงและมักทำข้อที่ไม่ยาก ส่วนเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องทั้งสองกลุ่มนั้นเท่ากัน กลุ่มที่มีความง่วงนอนจะเกิดความเหนื่อยล้า และมีการตอบสนองต่องานที่ยากน้อยกว่า

- 5) พักผ่อนร่างกายให้หายจากการเหน็ดเหนื่อย ความเคร่งเครียดที่เกิดขึ้นเมื่อขณะตื่น เพราะผลการทำงานพร้อมกันของก้านสมองและเรติคิวลาร์ โฟร์เมชัน (Reticular Formation) โดยพบว่าเมื่อใดที่ก้านสมองทำงานมากกว่าเรติคิวลาร์ โฟร์เมชัน จะทำให้มีอาการง่วงนอนและตามมาด้วยความต้องการนอนหลับ การนอนหลับช่วยลดความเครียด ความวิตกกังวล และซ่อมแซมอารมณ์ ทำให้สดชื่น เป็นการเริ่มต้นในวันใหม่ (Sorrentino, 1995)

จะเห็นได้ว่าการนอนหลับมีความสำคัญและมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่นเดียวกับความต้องการที่จำเป็นด้านร่างกายอื่น ๆ โดยปรากฏการณ์การนอนหลับถือเป็นวงจรทางชีวภาพ (Biorhythm) แบบหนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิต (Eodyeneoud Rhythm) และเกิดขึ้นซ้ำในรอบ 1 วัน หรือทุก 24 ชั่วโมง (Circadian Rhythm) การจำกัดเวลานอนหรือการอดนอนเรื้อรัง และการนอนหลับที่ไม่เพียงพอจนเป็นนี้สะสมมีความสัมพันธ์กับปัญหาสุขภาพ โดยพบว่า คนที่นอนน้อยกว่า 6 ชั่วโมง หรือมากกว่า 9 ชั่วโมงต่อคืน จะมีผลทำให้มีอัตราการตายที่สูงขึ้น การที่ร่างกายถูกจำกัดเวลานอนในตารางเวลาให้น้อยกว่า 4 ชั่วโมงต่อคืน ติดต่อกัน 6 คืน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงการเผาผลาญกลูโคสและมีการขัดขวางการใช้อินซูลินซึ่งมีผลสนับสนุนให้เกิดโรคอ้วน โรคเบาหวานและโรคเรื้อรังอื่น (Landis, 2002)

ผู้คนส่วนใหญ่คิดว่า ควรนอนหลับให้ครบ 8 ชั่วโมงต่อวันนั้นเพียงพอแล้ว แต่ความจริงแล้วการนอนหลับยังมีเงื่อนไขอื่น ๆ อีก จากข้อมูลของมูลนิธิ National Sleep Foundation (NSF) ซึ่งเป็นมูลนิธิระดับโลกที่ทำงานในเรื่องเกี่ยวกับการนอนหลับ พบว่า การนอนหลับในตอนกลางคืนที่ได้ประสิทธิภาพ ควรใช้เวลาในการนอนให้เหมาะสมกับช่วงอายุ ดังแสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ค่าเฉลี่ยของจำนวนชั่วโมงการนอนหลับในแต่ละช่วงอายุที่มีผลต่อสุขภาพ (NSF, 2014)

สำหรับคนวัยทำงานจะมีช่วงอายุอยู่ในกลุ่มของผู้ใหญ่ (Adult) คือมีอายุระหว่าง 26 – 64 ปี ซึ่งจำนวนชั่วโมงการนอนหลับที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มนี้คือ 7 - 9 ชั่วโมงต่อวัน สามารถนอนน้อยกว่า 7 ชั่วโมงได้ประมาณ 1 ชั่วโมง (นอน 6 ชั่วโมงต่อวัน) และสามารถนอนเกิน 9 ชั่วโมงได้ประมาณ 1 ชั่วโมง (นอน 10 ชั่วโมงต่อวัน)

### 2.5.3 การประเมินการนอนหลับ

การประเมินการนอนหลับแบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ การบันทึกด้วยเครื่องมือวัดการนอนหลับ การประเมินการนอนหลับด้วยตนเอง และการสังเกต (Beck, 1992)

#### 2.5.3.1 การบันทึกด้วยเครื่องมือวัดการนอนหลับ

##### 1) เครื่องมือโพลีซอมโนกราฟฟี (Polysomnography: PSG)

เป็นการตรวจด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการการนอนหลับประกอบด้วย การสังเกตการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG) การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อตา (Electrooculogram: EOG) รวมถึงอัตราการหายใจ อุณหภูมิร่างกาย ความดันโลหิต ระดับฮอร์โมน ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อทรวงอกและหน้า

ต้องขณะหายใจและขาทั้ง 2 ข้าง และคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เป็นข้อมูลในการตัดสินช่วงเวลาของการนอนหลับ ระยะเวลาในการนอนหลับสามารถแยกได้ระหว่างการนอนระยะไม่มีการกลอกตาอย่างรวดเร็ว (NREM) และระยะมีการกลอกตาอย่างรวดเร็ว (REM) เป็นการบันทึกที่มีเกณฑ์มาตรฐานจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผู้ประเมินต้องผ่านการฝึกอบรมทักษะและเทคโนโลยีในห้องปฏิบัติการ การตรวจการนอนหลับด้วยวิธีนี้มีความเที่ยงในการประเมินสูง สามารถวัดการเริ่มหลับ พัฒนาการของการหลับ ระดับความลึกของการหลับ วงจรการหลับดำเนินไปอย่างต่อเนื่องดีหรือถูกรบกวน ลักษณะการหายใจ ความอึดตัวของออกซิเจน การเต้นของหัวใจ การเคลื่อนไหวของร่างกายขณะหลับ ใช้ในการวินิจฉัยการนอนหลับแปรปรวน และภาวะการนอนไม่หลับ (Buysse, Reite, Reynolds, & Mendelson, 1995; Landis, 2002; ชนกวร จิตปัญญา, 2543; วรกต สุวรรณสถิตย์., 2546) แต่มีข้อเสียคือไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการประเมินผู้ป่วยภาวะวิกฤต เช่น ภาวะไฮพอกเซีย (Hypoxia) หรือภาวะที่ออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อในร่างกายไม่เพียงพอ ภาวะไม่สมดุลของน้ำและอิเล็กโทรไลต์ ภาวะหมดสติจากการใช้ยา การได้รับบาดเจ็บ และใช้เวลานานในการบันทึกข้อมูล ผู้ใช้ต้องได้รับการฝึกอบรมวิธีการใช้เครื่องมือและการอ่านผลต้องมีเครื่องตรวจโพลีซอมโนกราฟฟี (Polysomnography: PSG) เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง กระจกตาหรือแผ่นดิสก์หัวใจไฟฟ้า และตัวประสานที่ขั้วไฟฟ้าซึ่งมีราคาแพง (Schwab, 1994) และไม่เหมาะสมที่ใช้วัดการนอนหลับเป็นประจำ (Buysse et al., 1995)

## 2) หมวกที่ใส่เวลานอน (Night Cap)

เป็นเครื่องวัดการนอนหลับขนาดเล็ก เรียกว่า Night Cap พัฒนาจากเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกาย โดยข้อมูลได้จากการเคลื่อนไหวของร่างกาย ลูกตา และศีรษะ สามารถประเมินแยกช่วงระหว่างการนอนระยะที่มีการกลอกตาอย่างรวดเร็ว (REM) กับการนอนระยะไม่มีการกลอกตาอย่างรวดเร็ว (NREM) ระยะเวลาก่อนการหลับ และระยะเวลาที่ตื่น แต่ไม่สามารถประเมินแยกช่วงการนอนระยะที่ 1 ถึง 4 ในช่วงของการนอนระยะที่ไม่มีการกลอกตาอย่างรวดเร็ว (NREM) การที่เครื่องมีขนาดเล็ก และมีระบบการใช้งานที่ง่าย สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกจึงเหมาะกับการใช้ในคลินิก แต่ไม่เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ผ่าตัดสมอง (Landis, 2002; ชนกวร จิตปัญญา, 2543)

## 3) เครื่องสวมข้อมือ แอคติกราฟ (Wrist Actigraph)

เป็นเครื่องมือที่วัดปฏิกิริยาทางกายภาพ แผลผลจากความถี่ของคลื่นไฟฟ้าและความแรงของการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Schwab, 1994) มีขนาดเล็ก ใช้สวมข้อมือคล้ายนาฬิกา หรืออาจใช้กับข้อเข่าก็ได้ขึ้นอยู่กับการศึกษา ใช้ประเมินแบบแผนการนอนหลับและการตื่นนอนหรือภาวะนอนไม่

หลับ ระยะการนอนที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของแขน (Sadeh, Hauri, Kripke, & Lavie, 1995) ใช้ในการวินิจฉัยการนอนหลับแปรปรวน ใช้ประเมินการนอนมากเกินไป การตื่นเร็วเกินไป การเคลื่อนไหวของแขนน้อย ใช้ได้ทุกกลุ่มอายุ ตั้งแต่วัยแรกคลอดจนถึงวัยสูงอายุ แต่มีข้อเสีย เช่น วัดไม่ได้ในคนที่มึนมือสั่นหรือมีการเคลื่อนไหวผิดปกติขณะหลับหรือการแสร้งทำเป็นหลับ (Landis, 2002; ชนกพร จิตปัญญา, 2543)

### 2.5.3.2 การประเมินการนอนหลับด้วยตัวเอง

เป็นการวัดการนอนหลับที่ผู้ถูกวัดต้องบันทึกค่าด้วยตนเอง ทั้งในด้านนิสัย ประวัติการนอนแบบแผนการนอนหลับประจำวัน โดยเชื่อในความสามารถของแต่ละบุคคลที่จะประมาณเวลาและบันทึกความรู้สึกของตนเอง ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย มีประสิทธิภาพ ประหยัด สะดวก สามารถประยุกต์ไปใช้ได้อย่างกว้างขวาง สามารถประเมินการนอนหลับได้ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพการนอนหลับ แต่มีข้อเสียคือข้อมูลอาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เนื่องจากความลำเอียงของผู้ถูกวัดหรืออาการหลงลืม (Landis, 2002) เครื่องมือประเมินการนอนหลับด้วยตนเองมีหลายชนิด ได้แก่

- 1) มาตรฐานวัดการนอนหลับของเวอร์แรนและสไนเดอร์ – ฮาลเพิร์น (The VerranSnyder – Halpen sleep scale: VAH sleep scale)

มีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความยาว 0 – 100 มิลลิเมตร ประเมินการนอนหลับโดยรวมจากการเปรียบเทียบกับสายตา ได้แก่ ความพึงพอใจในการนอนหลับ คุณภาพการนอนหลับโดยรวม การเคลื่อนไหวทางร่างกายขณะหลับ การตื่นหลังการนอนหลับแล้ว และเมื่อตื่นแล้วใช้เวลาานเท่าไรในการที่จะหลับต่อ และเวลาที่ลุกจากเตียง ทำได้ง่ายสะดวก ใช้ได้กับผู้ป่วยหนักได้ดี ซึ่งสไนเดอร์ ฮาวเพิร์น และเวอร์แรน ได้ทดสอบความเที่ยงได้ 0.82 (Snyder-Halpern & Verran, 1987)

- 2) แบบสอบถามเกี่ยวกับนิสัยการนอนหลับโดยทั่วไป (General Sleep Habits Questionnaire: GSH)

มีลักษณะเป็นแบบประเมินความแตกต่างระหว่างผู้ที่นอนหลับดีและไม่ดี โดยผู้ที่นอนหลับดีจะมีระยะเวลาเข้านอนกระทั่งหลับน้อยกว่า 10 นาที และไม่เข้านอนกว่า 15 นาที ไม่ตื่นระหว่างหลับ ส่วนผู้ที่นอนหลับไม่ดีจะมีระยะเวลาเข้านอนจนกระทั่งหลับมากกว่า 30 นาที และตื่นในช่วงเวลาการนอนหลับ 1 ครั้ง (Beck, 1992)

### 3) แบบสอบถามเกี่ยวกับแบบแผนการนอนหลับ (Sleep Pattern Questionnaire)

สามารถประเมินทั้งปริมาณและคุณภาพการนอนหลับโดยประเมินระยะเวลาการนอนหลับทั้งหมด ระยะเวลาตั้งแต่เข้านอนจนกระทั่งหลับ จำนวนครั้งของการตื่นขณะหลับ เมื่อตื่นแล้วใช้เวลานานเท่าใดจึงจะหลับต่อ การตื่นนอนเร็วกว่าปกติ ความรู้สึกเมื่อตื่นนอนตอนเช้า และการตื่นนอน (Beck, 1992)

### 4) แบบสอบถามการนอนหลับของโรงพยาบาลเซนต์แมรี (St. Marry Hospital sleep questionnaire: SMH sleep questionnaire)

เป็นเครื่องมือวัดสำหรับผู้ป่วยในโรงพยาบาล มีลักษณะเป็นคำถาม 14 ข้อ ประกอบด้วย ระยะเวลาตั้งแต่เข้านอนจนกระทั่งหลับ ระยะเวลาการนอนหลับทั้งหมด คุณภาพการนอนหลับ ความพึงพอใจในการนอนหลับ เวลาเข้านอน เวลาตื่นนอนตอนเช้า ระยะเวลาที่นอนลุกจากที่นอน ระยะเวลาการนอนหลับในช่วงกลางคืน และระยะเวลาที่หลับตอนกลางวัน ความถี่ของการนอน การตื่นขณะนอนหลับ ความรู้สึกสดชื่นหลังจากตื่นนอน โดยที่ (Ellis et al., 1981) ได้ทดลองใช้ในผู้ป่วยแผนกอายุรกรรม ศัลยกรรม จิตเวช และผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรง สามารถทดสอบความเที่ยงของแบบสอบถามได้เท่ากับ 0.70 – 0.96

### 5) ดัชนีชี้วัดคุณภาพการนอนหลับของพิทส์เบิร์ก (The Pittsburgh Sleep Quality Index: PSQI)

การประเมินคุณภาพการนอนหลับด้วยตนเองในระยะเวลา 1 เดือนที่ผ่านมา แบ่งออกเป็น 7 องค์ประกอบ ได้แก่ ลักษณะการนอนหลับโดยรวม ระยะเวลาตั้งแต่เข้านอนจนกระทั่งหลับ ระยะเวลาที่ใช้ในการนอนหลับแต่ละคืน ประสิทธิภาพการนอนหลับตามปกติ ความแปรปรวนของการนอนหลับ การใช้ยานอนหลับ และผลกระทบต่อการทำงานในเวลากลางวัน เป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับตนเอง 19 ข้อ และเพื่อนร่วมห้อง 5 ข้อ ระดับคะแนนตั้งแต่ 0 ถึง 3 คะแนน ผลรวมของคะแนนทั้ง 7 องค์ประกอบ ซึ่งมีคะแนน 0 – 21 คะแนน ซึ่งจะสะท้อนถึงคุณภาพการนอนหลับ ผู้ที่มีผลคะแนนรวมมากกว่า 5 คะแนนแสดงว่าคุณภาพการนอนหลับไม่ดี ส่วนผู้ที่มีผลคะแนนรวมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 คะแนน แสดงว่าคุณภาพการนอนหลับดี (Buysse et al., 1995; Singh, Clements, & Fiatarone, 1997; Smyth, 1999) ซึ่ง Buysse ได้ทดสอบความเที่ยงตรงของแบบประเมินได้ 0.83 ในการศึกษาคุณภาพการนอนหลับ ปัจจัยที่รบกวนและการจัดการกับปัญหาการนอนหลับของผู้สูงอายุของ ได้นำดัชนีชี้วัดคุณภาพการนอนหลับของพิทส์เบิร์กมาใช้คำนวณค่าความเที่ยงได้ 0.83

และมีการใช้เครื่องมือนี้ในการวัดการนอนหลับของนักศึกษาที่มีการนอนหลับปกติ ดังเช่น การศึกษาวิจัยของ Pilcher (Pilcher, D.R., & B., 1997) ได้ค่าความเที่ยงตรงของเครื่องมือ 0.85 และ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความตระหนักรู้ต่อสุขนิสัยการนอนกับการมีพฤติกรรม สุขนิสัยการนอนและคุณภาพการนอนหลับของ บราวน์และคณะ (Brown, Buboltz, & Soper, 2002) ได้ค่าความเที่ยงของเครื่องมือเท่ากับ 0.84

#### 6) การบันทึกการนอนประจำวัน (Sleep Diary หรือ Daily Sleep Diary: DSD)


การบันทึกการนอนที่แสดงรายละเอียดพฤติกรรม กิจกรรมการนอนและตื่นนอนวันต่อวัน ที่มักจะทำควบคู่กับเครื่องมือวัดการนอนแบบอื่น เป็นการบันทึกเวลาเข้านอน เวลาตื่นนอนระยะเวลาเข้านอนจนกระทั่งหลับไป ความถี่ของการตื่นกลางดึกที่มีผลให้นอนต่อไม่ได้ จำนวนชั่วโมงในการหลับ การตื่นเข้าเกินไป คุณภาพการนอนหลับ จำนวนและเวลาของการงีบหลับ การเดินละเมอ การใช้ยา แอลกอฮอล์ คาเฟอีนหรือช็อคโกแลตหรือตัวกระตุ้นอื่น ๆ ที่ใช้ตลอดวัน กิจกรรมในแต่ละวัน ความเครียด การทำอะไรให้หลับ ความรู้สึกหรืออารมณ์ฉุนเฉียวตลอดวัน โดยจะบันทึกเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์ หรือ 1 เดือน (Landis, 2002) เป็นวิธีการที่ง่ายสะดวก ไม่แพง และไม่ต้องใช้ห้องปฏิบัติการตรวจสอบสภาพการนอนหลับ การบันทึกนั้นมีข้อมูลละเอียดกว่าการใช้แบบสอบถามที่ถามเพียงครั้งเดียว ถึงอย่างไรก็ตามก็ยังคงต้องการทดสอบความตรงและความเที่ยง เพราะมีการศึกษาที่ยังมีน้อยอยู่ มักจะเป็นการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยเรื้อรัง ซึ่งไม่เคยใช้ในผู้ป่วยวิกฤต และมีข้อจำกัดเฉพาะผู้ป่วยที่สามารถอ่านออก เขียนได้ และระดับความรู้สึกตัวดี

#### 7) การสังเกต (Observation)

เป็นการเฝ้าสังเกตพฤติกรรมการนอนหลับที่เห็นด้วยตาในระหว่างหรือตลอดเวลาของการนอนหลับ โดยสังเกตการเคลื่อนไหวของร่างกาย ลักษณะการหายใจ อัตราการหายใจ ความตึงตัวของกล้ามเนื้อ การตอบสนองต่อสิ่งเร้า ระยะเวลาการนอนหลับ พฤติกรรมที่สังเกตได้ เช่น การปิดตา ทำนอน ร่างกายและใบหน้ามีลักษณะผ่อนคลาย การหายใจปกติ การเคลื่อนไหวของร่างกายลดลง และการตื่น ควรทำการสังเกตอย่างใกล้ชิดและเป็นระยะเวลานานอย่างน้อย 15 – 30 นาทีในการสังเกต โดยไม่รบกวนการนอนของผู้ถูกสังเกต เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการสังเกตพฤติกรรมของผู้สูงอายุ และผู้ป่วยจิตเวช เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ แต่ควรต้องระวัง เช่น ในผู้ที่ตื่นช่วงสั้น ๆ แต่ไม่ได้สังเกตเห็น จึงควรใช้วิดีโอเทปในการบันทึกเหตุการณ์ทั้งหมดแทนการเฝ้าสังเกต (ชนกพร จิตปัญญา, 2543)

#### 2.5.4 การบันทึกการนอนหลับ

สำหรับงานวิจัยนี้จะเลือกใช้การบันทึกการนอนประจำวัน (Sleep Diary หรือ Daily Sleep Diary: DSD) โดยเลือกบันทึกเฉพาะข้อมูลที่ต้องการใช้ในงานวิจัยนี้เช่น เวลาเข้านอน เวลาตื่นนอน ความถี่ของการตื่นกลางดึกที่มีผลให้อนอนต่อไปไม่ได้ ระยะเวลาในการนอนหลับ โดยใช้แบบฟอร์มบันทึกการนอน ในลักษณะใกล้เคียงกับแบบฟอร์มของ มูลนิธิ National Sleep Foundation (NSF) ประเทศสหรัฐอเมริกา (แสดงในภาพที่ 2.10) เพราะเป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก ไม่แพง และไม่ต้องใช้ห้องปฏิบัติการ และเพื่อให้ได้ข้อมูลของการนอนหลับที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จึงให้มีการสวมใส่ เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ (Activity tracker) ที่ข้อมือเพื่อวัดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่นอนหลับและแสดงผลออกเป็น เวลาที่นอนหลับ เวลาที่ตื่นนอน และระยะเวลาในการนอนหลับ (St. Mary's Hospital Sleep, 2016)



Sleep Diary: Morning

Complete in Morning							
Start date: __/__/__	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Day of week:	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
I went to bed last night at:	PM / AM	PM / AM	PM / AM	PM / AM	PM / AM	PM / AM	PM / AM
I got out of bed this morning at:	AM / PM	AM / PM	AM / PM	AM / PM	AM / PM	AM / PM	AM / PM
<b>Last night I fell asleep:</b>							
Easily	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
After some time	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
With difficulty	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>I woke up during the night:</b>							
# of times							
# of minutes							
<b>Last night I slept a total of:</b>	Hours	Hours	Hours	Hours	Hours	Hours	Hours
<b>My sleep was disturbed by:</b> List mental or physical factors including noise, lights, pets, allergies, temperature, discomfort, stress, etc.							

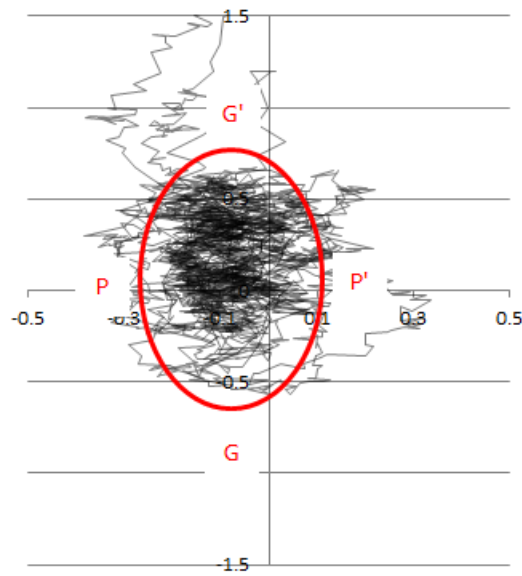
ภาพที่ 2.10 แบบฟอร์มบันทึกการนอนหลับประจำวัน

### 2.5.5 งานวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการนอนกับสมรรถภาพร่างกาย

(Miyata et al., 2010) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการนอนหลับที่ไม่เพียงพอ กับความสามารถในการรับรู้ สมรรถภาพในการขับรถ และปริมาณการไหลของเลือดในสมอง กับผู้เข้าร่วมการทดลองจำนวน 29 คน ได้ถูกกำหนดให้ทำการทดสอบ 2 ช่วงเปรียบเทียบกัน ช่วงที่หนึ่งคือได้นอนหลับ 8 ชั่วโมงขึ้นไปก่อนทำการทดสอบ และช่วงที่สองคือนอนหลับน้อยกว่า 4 ชั่วโมงในคืนก่อนการทดสอบ จากการวิจัยพบว่าผู้เข้าร่วมการทดลองมีความสามารถในการรับรู้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เปรียบเทียบจากการนอนหลับเพียงพอและไม่เพียงพอ สมรรถภาพในการขับรถและเบรก ถูกเฝ้าติดตามกำหนดลดลงอย่างมีนัยสำคัญเปรียบเทียบกับจากการนอนหลับเพียงพอและไม่เพียงพอ และจำนวนเม็ดเลือดแดงที่มีออกซิเจน (Oxyhaemoglobin, oxyHb) ที่ไปเลี้ยงสมองก็มีจำนวนลดลงเช่นเดียวกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าการนอนหลับไม่เพียงพอคือระยะเวลาการนอนหลับน้อยกว่า 4 ชั่วโมงจะทำให้การรับรู้มีประสิทธิภาพต่ำลงและสมรรถนะในการขับชั้รถยนต์ก็ลดลงเช่นเดียวกัน

(Fabbri. et al., 2006) ได้ทำการทดสอบสมรรถภาพการทรงตัวแบบรอมเบิร์กกับผู้เข้าร่วมการทดลองจำนวน 55 คน ตลอดช่วงเวลา 22.00น. – 8.00น. โดยไม่มีการนอนหลับและตื่นตัวตลอดเวลา งานวิจัยนี้มีการเก็บข้อมูลสองประเภท คือ (1) ความสามารถในการทรงตัวโดยวิธีการแบบ Romberg ทำการเก็บข้อมูล 2 เวลา คือ 22:00น. และ 8:00น. และ (2) เก็บอุณหภูมิร่างกายและความสามารถในการรับรู้ของผู้ทดลอง ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 2 ชั่วโมง (22:00, 24:00, 2:00, 4:00, 6:00, และ 8:00 น. ตามลำดับ) ระหว่างที่ทำการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกทำให้ตื่นอยู่เสมอด้วยการเปิดคอร์สเรียนระหว่างการวิจัย ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยมีการแกว่งของร่างกายคือ มีขนาดพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (Support Surface: SS) มากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่ง SS คือ พื้นที่วงรีที่เป็นกรอบครอบคลุม 90% ของตำแหน่งจุดศูนย์กลางความดันที่ได้จากการทดลองดังแสดงในภาพที่ 2.11 ค่า SS มีวิธีการคำนวณที่สำคัญดังนี้





ภาพที่ 2.11 พื้นที่วงรีของ Support Surface (SS)

ระยะ GG' และ PP' ถูกกำหนดไว้ดังนี้

$$GG' = \sqrt{4.6Vx} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$PP' = \sqrt{4.6Vy} \dots\dots\dots (2.6)$$

เมื่อ Vx คือ ความแปรปรวนของข้อมูล (Variance) ตามแกน X  
 Vy คือ ความแปรปรวนของข้อมูล (Variance) ตามแกน Y



พื้นที่ของ SS จึงสามารถคำนวณได้ดังสมการ 2.7

$$SS = \pi x GG' x PP' \dots\dots\dots (2.7)$$

นอกจากนี้แล้ว ยังพบว่าระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน (Statokinesigram Length: SL) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกับขนาดพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (SS) ซึ่งระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดันสามารถคำนวณได้โดยการหาผลรวมของระยะทางระหว่างตำแหน่งของจุดศูนย์กลางความดันตลอดรอบการทดลองดังสมการที่ 2.8

$$SL = \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

เมื่อ SL คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน

x คือ พิกัดของจุดศูนย์กลางความดันตามแนวแกน X

y คือ พิกัดของจุดศูนย์กลางความดันตามแนวแกน Y

n คือ จำนวนของพิกัดของจุดศูนย์กลางความดันในหนึ่งรอบการทดลอง

งานวิจัยของ Fabbri et al. สรุปได้ว่า การอดนอนมีผลต่อการทรงตัวและการแกว่งตัวของร่างกายอย่างมีนัยสำคัญ (Fabbri. et al., 2006)

## 2.6 ชีพจรและความดันโลหิต

### 2.6.1 ชีพจร

ชีพจร (Pulse) เป็นแรงสั่นสะเทือนของกระแสเลือดอันเนื่องมาจากการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย ทำให้ผนังหลอดเลือดแดงเกิดการขยายตัวตามจังหวะการบีบตัว การจับชีพจรก็คือการจับจังหวะการขยายตัวของหลอดเลือดแดง หรือก็คือ จับจังหวะการเต้นของหัวใจนั่นเอง

อัตราการเต้นของชีพจร คือ จำนวนครั้งของการเต้นของหัวใจใน 1 นาที ในสภาวะปกติของร่างกายมนุษย์ที่อายุเกินกว่า 12 ปีขึ้นไป จะอยู่ที่ 60 – 100 ครั้งต่อนาที (Beats per Minute: BPM)

วิธีการวัดชีพจรมี 2 วิธีดังนี้

- 1) วิธี Peripheral เป็นการประเมินชีพจรโดยการใช้นิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วนาง กดลงบนเส้นเลือดแดงเพื่อให้รู้สึกถึงการขยายและหดตัวของหลอดเลือดแดง แล้วทำการนับครั้งที่ชีพจรเต้นในช่วงเวลา 1 นาที
- 2) วิธี Apical เป็นการประเมินชีพจรแบบใช้เครื่องมือ เช่น ฟังด้วยหูฟัง (Stethoscope) หรือ ใช้เครื่องวัดคลื่นหัวใจไฟฟ้า (Electrocardiogram: ECG) อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ขณะนอนหลับ

ในขณะที่นอนหลับอัตราการเต้นของหัวใจจะต่ำกว่าอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่พัก (Resting Heart Rate) โดยที่อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักจะอยู่ประมาณ 60 ครั้งต่อนาทีสำหรับคนปกติ ดังนั้นเราจึงสามารถหาระยะเวลาในการนอนหลับได้จากการดูช่วงเวลาที่อัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่าช่วงเวลาพัก (Guichard, 2015)

## 2.6.2 ความดันโลหิต

ความดันโลหิต (Blood Pressure: BP) คือ แรงดันของเลือดที่กระทบกับผนังหลอดเลือดแดง โดยทั่วไปแล้วมีหน่วยวัดเป็น มิลลิเมตรปรอท (mm.Hg) (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2557) ความดันโลหิต แบ่งได้เป็น 2 ชนิด

- 1) Systolic Pressure คือ ความดันที่เกิดจากการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย เพื่อฉีดเลือดออกจากหัวใจ เป็นแรงดันที่มีค่าสูง
- 2) Diastolic Pressure คือ ความดันที่เกิดจากการคลายตัวของหัวใจห้องล่างซ้ายขณะพัก จึงมีค่าต่ำกว่า Systolic Pressure

### วิธีการวัดความดันโลหิต

โดยทั่วไปทางการแพทย์นิยมวัดความดันโลหิตด้วยวิธีการวัดโดยอ้อม (Indirect หรือ Non-Invasive) คือ ใช้การฟังเสียงการไหลเวียนของโลหิต ซึ่งมีการใช้อุปกรณ์ ได้แก่

- 1) หูฟัง (Stethoscope)
- 2) เครื่องวัดความดัน (Sphygmomanometer) มีทั้งแบบใช้ปรอทและเป็นเข็มวัดความดัน

การวัดความดันโลหิตจะเริ่มจากการสวมแถบรัด (Cuff) บริเวณต้นแขน หลังจากนั้นอัดลมจากเครื่องวัดความดันเข้าไปที่แถบรัดเพื่อให้เกิดแรงดัน แรงดันจากแถบรัดจะทำให้โลหิตไม่สามารถไหลผ่านหลอดเลือดที่ถูกรัดได้ โดยปกติแล้วจะอัดความดันเข้าไปที่แถบรัดเป็นความดันสูงสุดที่คาดว่า จะมี หลังจากนั้นจะค่อยๆปล่อยลมออกจากแถบรัดช้าๆเพื่อลดความดัน ในระหว่างนี้ให้ใช้หูฟังทำการฟังเสียงการสูบฉีดของโลหิตจากเส้นเลือดแดงที่อยู่ถัดออกมาจากแถบรัด เมื่อความดันของแถบรัดมีค่าเท่ากับกับความดันของการสูบฉีดเลือด (Systolic Pressure) ผู้วัดความดันโลหิตจะได้ยินเสียงของการสูบฉีดที่เรียกว่า Korotkoff sound ค่าความดันที่ได้ยินเสียงนี้ก็คือ Systolic pressure หลังจากนั้นค่อยๆปล่อยลมออกเพื่อลดความดันลงอีก เสียง Korotkoff จะค่อยๆลดหายไป โดยจังหวะแรกที่เสียงหายไป ความดันของแถบรัด ณ เวลานั้นคือ Diastolic Pressure



ภาพที่ 2.12 การวัดความดันโลหิตโดยอ้อม

## 2.7 เครื่องมือที่ใช้วัดระยะเวลาในการนอนหลับจากอัตราการเต้นของหัวใจ

### 2.7.1 เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ (Activity tracker)

เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในระหว่างวันได้หลากหลายเช่น

- จำนวนก้าวเดินที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน
- ข้อมูลการนอนหลับ
- เวลาและวันที่ เหมือนกับนาฬิกาข้อมือพื้นฐาน
- อัตราการเต้นของหัวใจ



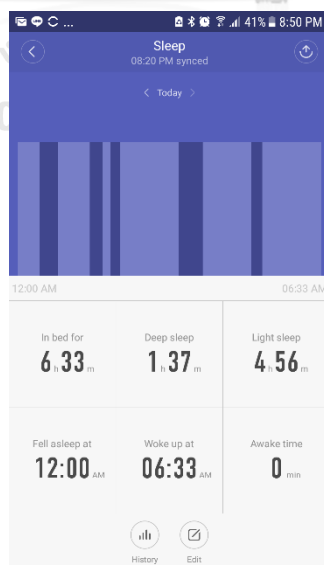
ภาพที่ 2.13 เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ (Activity tracker)

ข้อมูลการนอนหลับ (Sleep Tracking) จากเครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ จะถูกวัดด้วย Heart rate sensors โดยการยิงแสงลงบนผิวหนังเพื่อวัดการไหลเวียนโลหิตและวิเคราะห์ร่วมกับ Accelerometer เพื่อติดตามการเคลื่อนไหวร่างกายในทิศทางต่างๆร่วมด้วย ทำให้การวิเคราะห์ช่วงเวลาในการนอนหลับแม่นยำมากขึ้น



ภาพที่ 2.14 Heart rate sensors

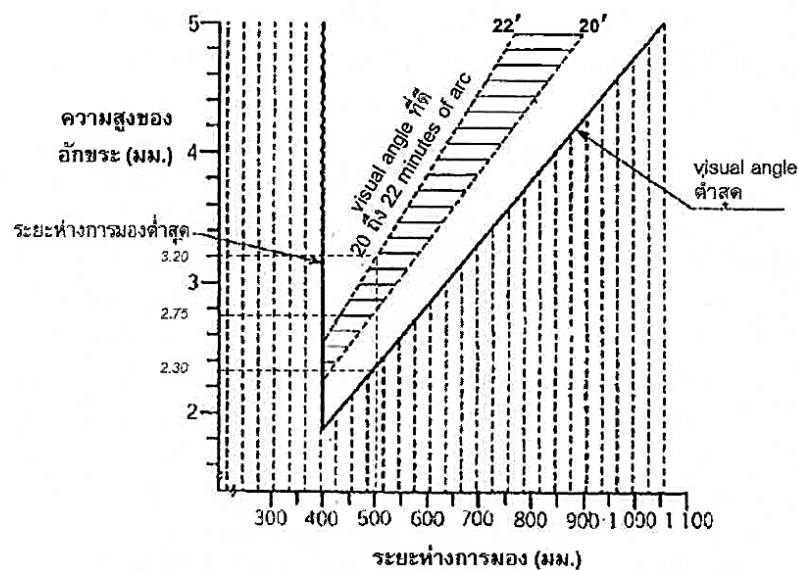
และสามารถรายงานข้อมูลการนอนหลับโดยการส่งข้อมูลผ่านทางสัญญาณไร้สายบลูทูธ (Bluetooth) ไปแสดงผลที่โปรแกรมประยุกต์ (Application Mi Fit) ที่ถูกติดตั้งบนสมาร์ตโฟน (Smart Phone) เพื่อดูรายงานกิจกรรมต่างๆในแต่ละวันรวมถึงข้อมูลของระยะเวลาในการการนอนหลับดังแสดงในภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 โปรแกรมประยุกต์ที่แสดงข้อมูลการนอนหลับบนสมาร์ตโฟน

## 2.8 มุมและระยะในการมอง

เนื่องด้วยการทดสอบสมรรถนะการทรงตัวจำเป็นที่จะต้องอาศัยการแสดงผลการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน ออกมาทางจอแสดงผล และผู้เข้าร่วมการทดลองสมรรถนะจำเป็นที่จะต้องมองเห็นการแสดงผลนั้นบนจอภาพอย่างชัดเจน ตามมาตรฐาน ISO 9241 และมาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตได้มีการกำหนดระยะการมองจากจอแสดงผลที่มีความสัมพันธ์กับความสูงของอักขระบนหน้าจอ โดยแนะนำระยะห่างการมองโดยคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความสูงของอักขระบนหน้าจอและระยะห่างการมอง ซึ่งความสูงของอักขระสามารถใช้ไม้บรรทัดวัดที่หน้าจอได้โดยตรงไว้สำหรับอุปกรณ์ของระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้แสดงผล (Monitor Screen) ซึ่งผลที่แสดงอาจอยู่ในรูปตัวหนังสือ ตัวเลข เส้นกราฟ หรือภาพต่างๆ เป็นต้น ค่าระยะ Visual arc ที่เหมาะสมคือ 20 – 22 minutes of arc ดังแสดงในกราฟความสัมพันธ์ระยะการมองและขนาดของอักขระ (Visual arc)



ภาพที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการมองและความสูงของอักขระ

### บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของระยะเวลาในการนอนหลับต่อความสามารถในการทรงตัวของร่างกายกับผู้เข้าร่วมการทดลองที่เป็นพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีวิธีและเครื่องมือทดสอบใดที่จะสามารถคัดกรองบุคคลที่มีภาวะง่วงนอนอันเนื่องมาจากการอดนอนหรือนอนน้อยได้ (คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล, 2557) การเก็บข้อมูลจากผู้เข้าร่วมการทดลองของงานวิจัยนี้ จะอาศัยชีวิตประจำวันของผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยไม่มีการควบคุมระยะเวลาในการนอนหลับ เนื่องจากการทำงานในโรงงานจำเป็นต้องมีการทำงานเข้ากะและทำงานล่วงเวลาอยู่เป็นประจำ ทำให้ผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับที่แตกต่างกันในแต่ละวัน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าระยะเวลาที่ยังคงตื่นนอนมีผลต่อการทรงตัวของร่างกายตามแบบบรอมเบิร์กอย่างมีนัยสำคัญ (Fabbri. et al., 2006) และยังมีงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าการนอนหลับที่ไม่เพียงพอส่งผลต่อความสามารถในการขับรถ (Pierre., Philip., & others., 2005) และการนอนหลับที่น้อยกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลต่อปริมาณแคลอรีที่เพิ่มขึ้น เพราะร่างกายมีการสะสมไขมันมากกว่าโปรตีน และส่งผลต่อการดูดซึมสารอาหารจากผักและผลไม้ที่ลดลง (Hassan et al., 2015) และความสามารถในการทรงตัวจะลดลงเมื่ออยู่ในสภาวะอดนอนเป็นเวลานาน (วีรเกียรติพันธ์ุมะโอภาส., 2558)

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การประเมินสมรรถนะการทรงตัวจากเกณฑ์วิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี และการเปรียบเทียบสมรรถนะการทรงตัวของแต่ละบุคคลกับระยะเวลาในการนอนหลับ ทั้งในภาวณอนน้อยและภาวณอนหลับเพียงพอ เพื่อสร้างคำแนะนำในการทดสอบสมรรถนะการทรงตัวของพนักงานก่อนการทำงาน เพื่อหวังให้สถานปฏิบัติงานมีวิธีที่จะช่วยคัดกรองคนนอนน้อยไม่ให้เข้าทำงานซึ่งอาจช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน

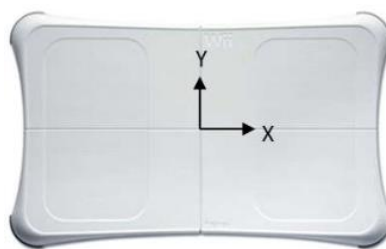
### 3.1 ผู้เข้าร่วมการทดลอง

- 1) ผู้เข้าร่วมการทดลองเป็นเพศชาย อายุระหว่าง 27 – 35 ปี จำนวน 6 คน เป็นพนักงานที่ทำงานในฝ่ายผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 5 ปี มีชั่วโมงการทำงานประมาณ 8 -14 ชั่วโมงต่อวัน และมีระยะเวลาการนอนหลับ 4 – 8 ชั่วโมงต่อวัน
- 2) ผู้เข้าร่วมการทดลองต้องมีสุขภาพแข็งแรงไม่มีปัญหาสุขภาพเกี่ยวกับระบบประสาทในการควบคุมร่างกาย ลมชักหรือปัญหาเกี่ยวกับการทรงตัว
- 3) ผู้เข้าร่วมการทดลองไม่มีปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับหูและระบบหูชั้นใน
- 4) ผู้เข้าร่วมการทดลองไม่มีประวัติการเป็นโรคเกี่ยวกับหัวใจและการผ่าตัดหรือบาดเจ็บบริเวณหลัง
- 5) ผู้เข้าร่วมการทดลองสายตาศอาดปกติยกเว้นสายตาสั้นหรือยาวให้สวมแว่นตาหรือคอนแทคเลนส์ขณะทดสอบได้
- 6) ผู้เข้าร่วมการทดลองเป็นผู้ที่มีความสามารถด้านร่างกายปกติไม่ใช่นักกีฬา
- 7) ผู้เข้าร่วมการทดลองได้อ่านทำความเข้าใจ “หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย” อย่างถี่ถ้วนรวมถึงได้ลงนามรับรองการเข้าร่วมวิจัยเป็นที่เรียบร้อย

### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

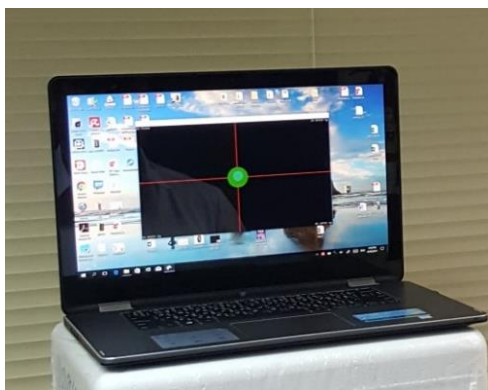
- 1) เครื่องตรวจวัดแรง: วิกัลบานซ์บอร์ด ยี่ห้อ นินเท็นโด มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง คือ 20.12 นิ้ว (51.10 ซม.) x 12.44 นิ้ว (31.60 ซม.) x 2.09 นิ้ว (5.31 ซม.) ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรง จำนวน 4 ตัว ติดตั้งที่มุมทั้ง 4 มุม เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสัญญาณไร้สายบลูทูธ



ภาพที่ 3.1 วิกัลบานซ์บอร์ด



- 2) คอมพิวเตอร์แบบโน้ตบุ๊ก (Notebook) จอแสดงผลขนาดเส้นทแยงมุม 15.6 นิ้ว ยี่ห้อ เดล (DELL Inspiron15 7000 Series) ความละเอียดหน้าจอ 1,920 x 1,080 pixels



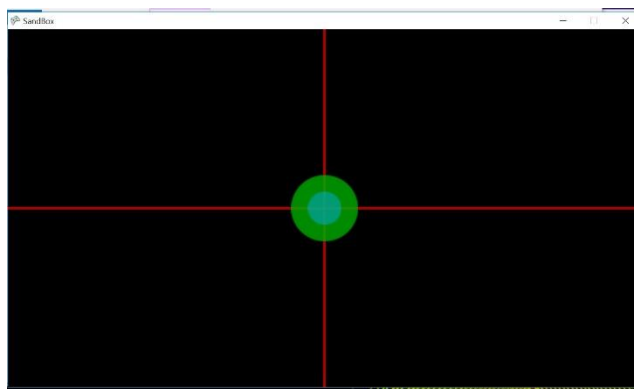
ภาพที่ 3.2 คอมพิวเตอร์แบบโน้ตบุ๊กจอแสดงผลขนาดเส้นทแยงมุม 15.6 นิ้ว

- 3) เมาส์ไร้สาย (Wireless Mouse) สำหรับคลิกในการทดลองแบบพีตส์



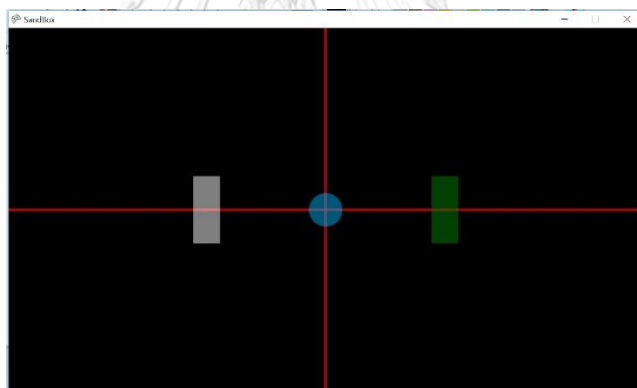
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY  
ภาพที่ 3.3 เมาส์ไร้สาย

- 4) โปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลตำแหน่งของจุดศูนย์กลางความดันโดยรับเข้าข้อมูลผ่านสัญญาณไร้สายบลูทูธจากวีร็อบาลานซ์บอร์ด
- a) โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการทดสอบแบบ mCTSIB ใช้กำหนดเวลาในการทดลองและเก็บตำแหน่งการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน (COP)



ภาพที่ 3.4 โปรแกรมการทดสอบแบบ mCTSIB

- b) โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการทดสอบแบบ Fitts ใช้จับเวลาจากการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งโดยกำหนดความกว้าง (W) และระยะห่างระหว่างเป้าหมาย (A)



ภาพที่ 3.5 โปรแกรมการทดสอบแบบ Fitts's Performance Test

- 5) นาฬิกาจับเวลาเพื่อจับเวลาในการทำการทดลองและจับเวลาในช่วงเวลาพัก
- 6) เครื่องมือเก็บข้อมูลการนอนหลับ: เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ (Activity Tracker) ยี่ห้อ Xiaomi รุ่น Mi Band 2 จำนวน 6 ชุด



ภาพที่ 3.6 เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ

### 3.3 การกำหนดท่าทางการยืนของผู้เข้าร่วมการทดลอง

#### 3.3.1 การจัดทำท่าการยืน

ท่าทางในการยืนขณะทำการทดสอบสมรรถนะการทรงตัว จะทำการอ้างอิงการวางเท้าตาม การศึกษาของ Manista และ Ahmed (Manista, Ahmed., & Gregory, 2012) โดยขอบเขตฐาน สนับสนุนการทรงตัวจะเป็นตัวกำหนดระยะไกลที่สุด (Maximum) ของเป้าหมายในการเคลื่อนที่ของ จุดศูนย์กลางความดันเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่ผู้เข้าร่วมทดลองจะเกิดอุบัติเหตุระหว่างทำการ ทดลอง โดยก่อนการทดลองให้ผู้เข้าร่วมการทดลองยืนตัวตรงมือสองข้างแนบลำตัว ข้อเท้า เข่า สะโพก หัวไหล่และศีรษะเรียงกันเป็นแนวตรงตั้งฉากกับพื้น ดังแสดงในภาพที่ 3.7

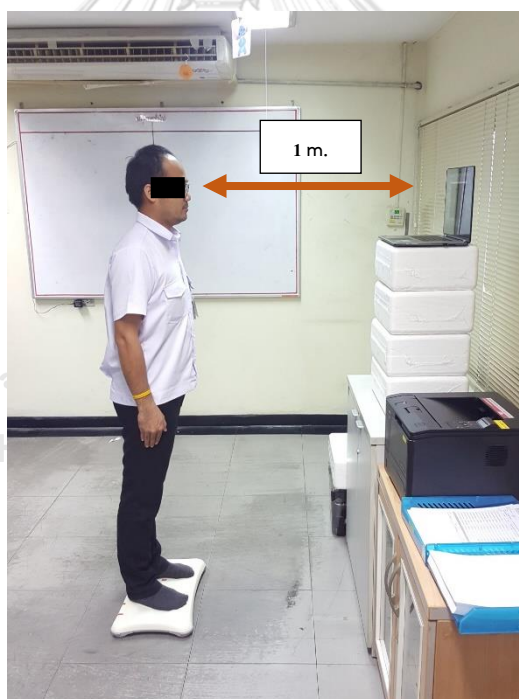
ในช่วงระหว่างการทดลอง ผู้เข้าร่วมการทดลองจะถูกขอร้องให้เอนร่างกายเพื่อเคลื่อนย้ายจุด ศูนย์กลางความดันในท่ายืน (Center of pressure: COP) ตามไปยังทิศทางที่ปรากฏบนจอแสดงผล โดยการเอนร่างกายให้ใช้ข้อเท้าเป็นจุดหมุนส่วนอื่นๆของร่างกายยังคงเรียงเป็นเส้นตรงเหมือนเดิม

ในส่วนของการความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมการทดลอง ผู้ทำวิทยานิพนธ์จะทำหน้าที่คอย ประคองผู้เข้าร่วมการทดลองหากมีแนวโน้มที่จะล้มเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้น

### 3.3.2 การจัดทำการมองและการจัดวางจอแสดงผล

จากการกำหนดท่าทางการยืนในการทดลองนี้ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองยืนตรงไม่ถอดถุงเท้า แขนแนบข้างลำตัว การจัดวางจอแสดงผลเพื่อให้ผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถมองเห็นรายละเอียดได้ชัดเจนจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะอาจส่งผลต่อการตอบสนองและการควบคุมตำแหน่งจุดศูนย์กลางความดันซึ่งอาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของค่าสมรรถนะที่เก็บได้

ตามมาตรฐาน ISO 9241 และมาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตได้มีการกำหนดระยะการมองจากจอแสดงผลที่มีความสัมพันธ์กับความสูงของอักษระบนหน้าจอ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีการจัดให้จอแสดงผลถูกตั้งตรงโดยตั้งความสูงระดับสายตาและให้หน้าจอดั้งฉากกับผู้เข้าร่วมการทดลองโดยมีระยะห่าง 1 เมตรจากลูกนัยน์ตาของผู้เข้าร่วมการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ท่าทางการยืนและอุปกรณ์

### 3.4 ออกแบบและกำหนดเงื่อนไขในการทดลอง

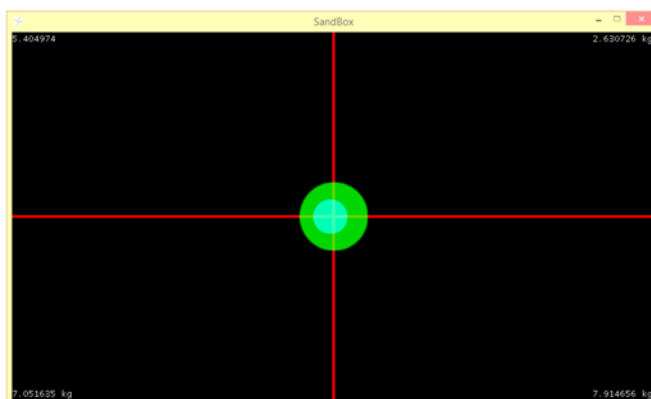
งานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดลองและใช้เกณฑ์วิธีเพื่อการประเมินสมรรถนะการทรงตัวของผู้เข้าร่วมการทดลองที่แตกต่างกัน 2 วิธี ได้แก่ วิธีการทดสอบเชิงคลินิกดัดแปลงเพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ของการรับรู้ความรู้สึกในการทรงตัว (Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance: mCTSIB) และวิธีการประเมินสมรรถนะแบบฟิตส์ (Fitts's Performance) ดังนี้

#### 3.4.1 การทดสอบเชิงคลินิกดัดแปลงเพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ของการรับรู้ความรู้สึกในการทรงตัว (Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance: mCTSIB)

ใช้วิธีการทดสอบอ้างอิงจากเกณฑ์วิธีที่ใช้ในการทดสอบ mCTSIB ของเครื่อง Balance Master (NeuroCom) โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

- 1) ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองยืนบนวี้อบาลานซ์บอร์ดโดยวางเท้าและจัดระเบียบลำตัวตามรูปแบบที่กำหนดในหัวข้อ 3.3.1
- 2) เลือกเมนู “mCTSIB” บนโปรแกรมเพื่อเก็บข้อมูลการทดลองแบบ mCTSIB ภาพที่ 3.8
- 3) ทำการปรับมาตรฐาน (Calibrate) ตำแหน่ง COP ให้อยู่ในจุดศูนย์กลาง
- 4) ทำการทดลองโดยเริ่มจากการทดลองแบบยืนตรงและล้มตาโดยใช้เวลา 60 วินาที
- 5) ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองพัก 1 นาที
- 6) ทำการทดลองต่อโดยทดลองแบบยืนตรงและล้มตาโดยใช้เวลา 60 วินาที
- 7) โปรแกรมจะเก็บค่าพิกัด (x,y) ในอัตราความถี่ 60 ครั้งต่อวินาที

การวิเคราะห์ผลจะใช้ตัวชี้วัดอ้างอิงจากการทดลองของ Fabbri (Fabbri. et al., 2006) และ NeuroCom Balance Master (NeuroCom, 2012) โดยทำการวิเคราะห์ผลใน 2 ส่วนได้แก่ ค่าพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (SS) และระยะเคลื่อนที่ของจุด COP (SL) ดังตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.8 จอแสดงผลของโปรแกรมขณะทดสอบ mCTSIB

ตารางที่ 3.1 ตารางการเก็บข้อมูลและตัวชี้วัดผลของการทดสอบแบบ mCTSIB

การวิเคราะห์ผล	สภาวะการทดสอบ	
	ยืนตรงล้มตา	ยืนตรงหลับตา
ค่าพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (SS)		
ระยะเคลื่อนที่ของจุด COP (SL)		

ความหมายของค่า SS และ SL

- SS คือ พื้นที่ที่จุด COP ของผู้เข้าร่วมการทดลองเดินทางระหว่างทำการทดลอง ซึ่งแสดงถึงความสามารถของผู้เข้าร่วมการทดลองในการตอบสนองต่อการโอนเอนของร่างกาย
- SL คือ ระยะทางที่จุด COP เดินทางระหว่างทำการทดลองซึ่งแสดงถึงการแกว่งของร่างกายขณะพยายามทรงตัวในท่ายืนนิ่ง

#### สมมติฐานของการทดสอบแบบ mCTSIB

เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับลดลง ค่า SS และ SL ทั้งในภาวะล้มตาและหลับตาของผู้เข้าร่วมการทดลองในการทดสอบแบบ mCTSIB จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นแปรผกผันกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง

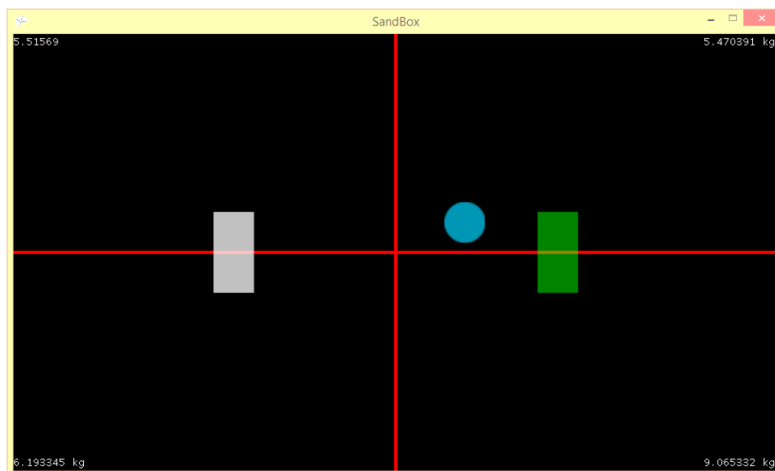
### 3.4.2 วิธีการประเมินสมรรถนะแบบฟิตส์ (Fitts's Performance)

การทรงตัวร่างกายเพื่อเคลื่อนตำแหน่งจุด COP เข้าสู่เป้าหมายโดยเงื่อนไขความสำเร็จคือการนำพาคจุด COP เข้าสู่พื้นที่เป้าหมายอย่างสมบูรณ์ซึ่งได้กำหนดรูปแบบการทดลองตามขั้นตอนวิธีต่อไปนี้

- 1) ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองยืนบนวี้อ์บาลานซ์บอร์ดโดยวางเท้าและจัดระเบียบลำตัวตามรูปแบบที่กำหนดในหัวข้อ 3.3.1
- 2) เลือกเมนู “Fitts” บนโปรแกรมเพื่อเก็บข้อมูลการทดลองแบบฟิตส์ ภาพที่ 3.9
- 3) ทำการปรับมาตรฐาน (Calibrate) ตำแหน่ง COP ให้อยู่ในจุดศูนย์กลาง
- 4) ทำการทดลองด้วยทิศทางการเคลื่อนที่แบบ ซ้าย - ขวา
- 5) ดำเนินการปฏิบัติจริงโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเอนตัวโดยให้ข้อเท้าเป็นจุดหมุนเพื่อเคลื่อนตำแหน่งของจุด COP ที่แสดงบนจอแสดงผลไปหาเป้าหมายที่ต้องการและให้ใช้เมาส์ที่ถือในมือคลิกปุ่มซ้ายเมื่อจุด COP อยู่ในเป้าหมายเพื่อเป็นการยืนยันถ้าผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถทำสำเร็จเป้าหมายจะเปลี่ยนไปอยู่อีกอันหนึ่ง
- 6) ผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องเคลื่อนจุด COP ไปกลับระหว่างเป้าหมาย 2 จุดให้เร็วที่สุดเป็นจำนวน 10 ครั้งต่อ 1 เงื่อนไขความยากของงาน และต้องทำจบครบ 3 เงื่อนไขดัชนีความยากของงาน (ID) ตามตารางที่ 3.2
- 7) โปรแกรมจะเก็บเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแต่ละเป้าหมายและค่าพิกัด (x,y) ในอัตราความถี่สูงกว่า 50 ครั้งต่อวินาที

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขดัชนีความยากง่ายของงาน 3 ระดับ (เคลื่อนที่ซ้าย - ขวา)

เงื่อนไขการเคลื่อนที่ ซ้าย - ขวา	ดัชนีความยากของงาน (ID)	ความกว้างของเป้าหมาย (Width)	ระยะทางระหว่างเป้าหมาย (Amplitude)	ร้อยละจากค่าระยะทางสูงสุด
1	3.30	40	354	100
2	2.94	40	266	75
3	2.44	40	177	50



ภาพที่ 3.9 จอแสดงผลของโปรแกรมขณะทดสอบ Fitts's Performance Test

การวิเคราะห์ผล จะเก็บข้อมูลเป็นตำแหน่งและระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแต่ละเป้าหมายและใช้กฎของฟิตส์เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีสมรรถนะ (IP) และ จุดตัดแกน Y (Y-interception) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดของการทดลองดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางเก็บข้อมูลและตัวชี้วัดผลการทดสอบประเมินสมรรถนะแบบฟิตส์

การวิเคราะห์ผล	ทิศทางเคลื่อนที่แบบ ซ้าย-ขวา
ค่าดัชนีสมรรถนะ (IP)	
จุดตัดแกน Y (Y-Interception)	

ความหมายของค่า IP และ Y-Interception

- IP คือค่าดัชนีสมรรถนะแบบฟิตส์ของผู้เข้าร่วมการทดลอง ค่า IP แสดงถึงสมรรถนะในการทำงานของผู้เข้าร่วมการทดลอง
- Y-Interception คือจุดตัดแกน Y ของสมการถดถอยเชิงซ้อนในการทดสอบแบบ Fitts ค่า Y-Interception แสดงถึงความเร็วในการเคลื่อนที่เพื่อทำงาน



### สมมติฐานของการทดสอบแบบ Fitts's Performance

เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับลดลง ค่า IP และ Y-Interception ของผู้เข้าร่วมการทดลองในการทดสอบแบบ Fitts's Performance Test จะมีค่าลดลงแปรผันตรงกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง

### 3.5 วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลสมรรถนะในการทรงตัวจากผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน ที่เป็นพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรม จะทำการเก็บข้อมูลภายในช่วงเวลา 7.00น. – 9.00น. ของทุกวันที่มีการทำงาน และทำในห้องทดสอบที่ถูกจัดเตรียมขึ้นภายในโรงงานโดยมีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

- 1) ไม่อนุญาตให้ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์หรือใช้ยาที่มีผลต่อระบบประสาทในคืนก่อนวันที่ทำการทดลอง ไม่อนุญาตให้ดื่มชา กาแฟ หรือเครื่องดื่มบำรุงกำลังทุกชนิด ในช่วงก่อนการเข้าร่วมการทดลอง (ก่อนเวลา 9.00น.) หากผู้เข้าร่วมการทดลองไม่สามารถปฏิบัติตามที่กำหนดไว้ได้ ก็ให้แจ้งกับผู้วิจัยเพื่อบันทึกข้อมูลไว้เป็นหลักฐาน และให้เลื่อนไปเก็บข้อมูลในวันถัดไป
- 2) ผู้เข้าร่วมการทดลองจะได้รับการอธิบายรายละเอียดของงานวิจัยและให้ผู้เข้าร่วมการทดลองลงนามยอมรับใน “หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมงานวิจัย” ตามระเบียบของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 3) ผู้เข้าร่วมการทดลองจะถูกร้องขอให้จดจำและบันทึกข้อมูลการนอนหลับ ลงในแบบสอบถามการนอนหลับ เช่น ช่วงเวลาที่ใกล้จะนอนหลับของคืนก่อนการทำการทดลอง ช่วงเวลาที่ตื่นนอนของวันที่จะทำการทดลอง เพื่อแจ้งกับผู้วิจัยแล้วคำนวณหาระยะเวลาในการนอนหลับ ดังแสดงในตารางที่ 3.4
- 4) บันทึกข้อมูลการนอนหลับที่ได้จาก เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ โดยให้บันทึก เวลาเข้านอน เวลาตื่นนอน และ ระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลองที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปที่ติดตั้งบนสมาร์ตโฟน หากพบว่าข้อมูลการนอนหลับที่ได้ไม่ตรงกับข้อมูลที่ได้รับจากแบบสอบถามการนอนหลับ ก็ให้ยึดถือข้อมูลจาก

เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือเป็นหลัก และให้สอบถามเหตุผลกับผู้เข้าร่วมการทดลองอีกครั้งเพื่อจัดบันทึกเป็นข้อมูลไว้

- 5) เก็บข้อมูลส่วนตัวเบื้องต้นของผู้เข้าร่วมการทดลอง เช่น การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์หรือใช้ยาที่มีผลต่อระบบประสาทการดังแสดงในตารางที่ 3.4
- 6) จัดสถานีงานและทำยื่นของผู้เข้าร่วมการทดลองตามที่กำหนดในหัวข้อ 3.3 และควบคุมสภาพแวดล้อมโดยรอบให้ไม่มีเสียงรบกวนระหว่างการทดลอง และไม่อนุญาตให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในห้องทดสอบ
- 7) เปิดโปรแกรมอธิบายถึงวิธีการดำเนินการทดลองให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเข้าใจและทดลองปฏิบัติทำความเข้าใจกับเครื่องมือ และสอบถามความพร้อมของผู้ร่วมการทดลอง
- 8) เริ่มทำการทดลองด้วยการทดสอบตามเกณฑ์วิธีแบบ mCTSIB ในภาวะยืนตรงล้มตาเป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการทดลองพัก 1 นาที ทำการทดลองต่อในภาวะยืนตรงล้มตาเป็นเวลา 60 วินาที



ภาพที่ 3.10 ผู้เข้าร่วมการทดลองขณะทำการทดสอบแบบ mCTSIB

- 9) หลังจากทำการทดลองแบบ mCTSIB แล้วเสร็จ ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองพัก 1 นาที

- 10) ทำการทดลองต่อด้วยเกณฑ์วิธีการทดสอบสมรรถนะแบบฟิตส์ โดยกำหนดให้ผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องทำการทดสอบด้วย 3 เงื่อนไชต์ขนิความยากของงาน (ID) ต่อ 1 ครั้ง ที่เข้าร่วมการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.5



ภาพที่ 3.11 ผู้เข้าร่วมการทดลองขณะเอนตัวเพื่อทำการทดสอบแบบฟิตส์

- 11) ผู้เข้าร่วมการทดลอง จะถูกร้องขอให้ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 10 ซึ่งจะทำให้การทดลองวันละ 1 ครั้ง ในช่วงเวลา 7.00น. - 9.00น. ของวันทำงานที่ผู้เข้าร่วมการทดลองพร้อมที่จะเข้ารับการทดสอบ
- 12) เปลี่ยนผู้เข้าร่วมการทดลองแล้วทำตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 10 จนครบจำนวนของผู้ที่พร้อมจะเข้าร่วมการทดลองในวันดังกล่าว
- 13) ระหว่างการทดลองจะไม่อนุญาตให้ผู้เข้าร่วมการทดลอง ทานยาหรือเครื่องดื่มที่มีฤทธิ์ต่อระบบประสาท ส่วนอาหารเข้าและการสูบบุหรี่สามารถทำได้ตามปกติ

ตารางที่ 3.4 ตารางการออกแบบการทดลองสำหรับการเก็บข้อมูลรายบุคคล

ผู้เข้าร่วมคนที่ 1		แบบสอบถาม			เครื่องติดตามกิจกรรม			การดื่มแอลกอฮอล์
ลำดับ	วันที่	เวลาเข้านอน	เวลาตื่นนอน	ระยะเวลาในการนอนหลับ	เวลาเข้านอน	เวลาตื่นนอน	ระยะเวลาในการนอนหลับ	
1	17-Jul-17							
2	18-Jul-17							
3	19-Jul-17							
4	20-Jul-17							
5	21-Jul-17							
6	22-Jul-17							

ตารางที่ 3.5 ตารางการออกแบบการทดลองสำหรับการทดสอบแบบ mCTSIB และการทดสอบแบบฟิตส์

ผู้เข้าร่วมการทดลอง	การทดสอบแบบ mCTSIB				การทดสอบแบบ Fitts		
	ลิมิตา		หลับตา		ดัชนีความยากของงาน		
	SS	SL	SS	SL	ID1	ID2	ID3
1							
2	วิเคราะห์ค่าปัจจัยตาม 1) SS 2) SL				วิเคราะห์ค่าปัจจัยตาม 1) IP 2) Y-Interception		
3							
4							
5							
6							

### 3.6 การตรวจสอบและประเมินผลการทดลอง

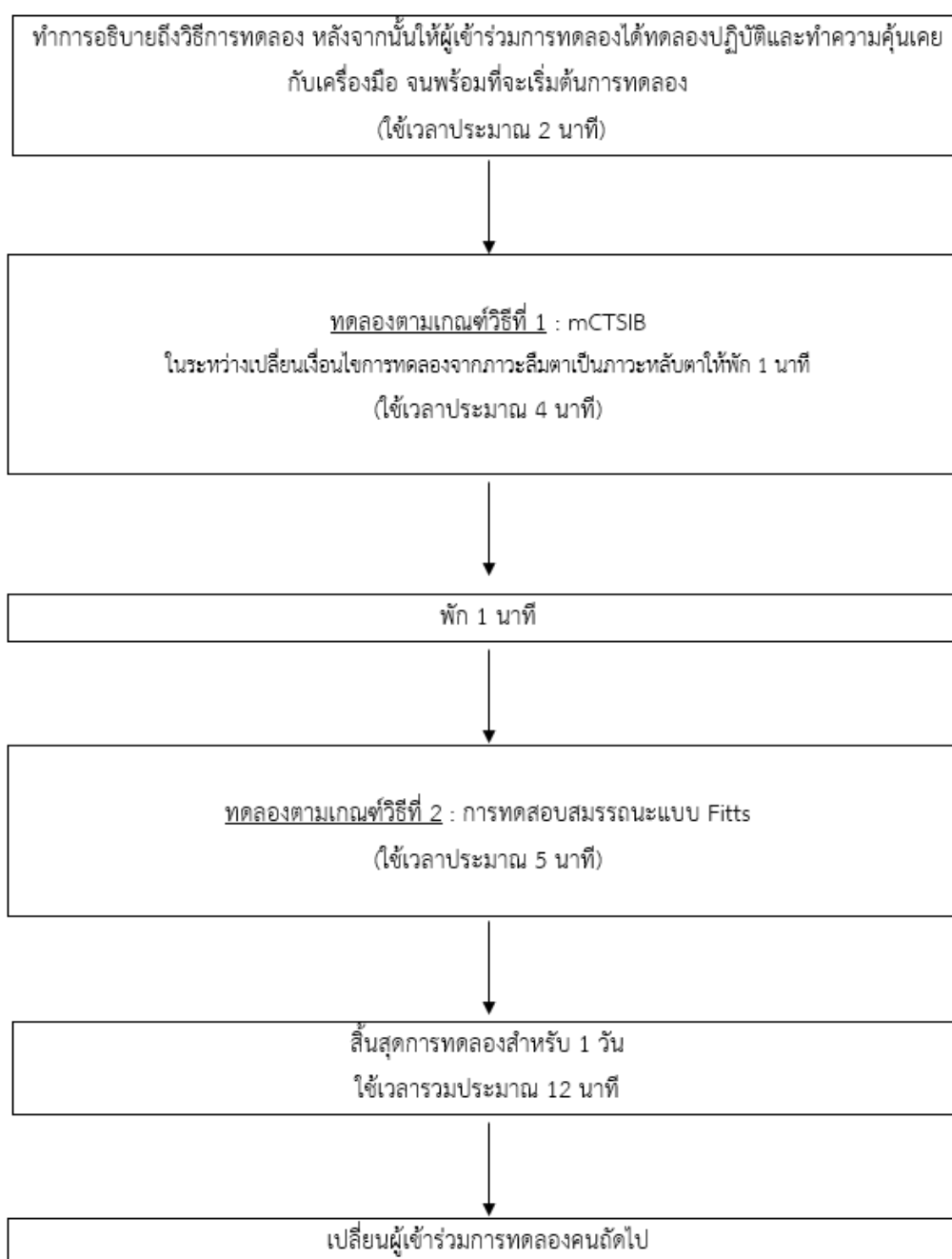
การทำการทดลองผ่านโปรแกรมสำหรับวีร็อบาลานซ์บอร์ด โปรแกรมจะเก็บข้อมูลดิบเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองด้วยความถี่สูงกว่า 50 ครั้งต่อวินาทีและเก็บตำแหน่งพิกัดของ COP ซึ่งถือเป็นข้อมูลเริ่มต้น ในส่วนของการประเมินสมรรถนะแบบฟิตส์โปรแกรมจะเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time: MT) โดยนับตั้งแต่เริ่มทำการทดลองจนกระทั่งจุด COP เคลื่อนที่เข้าสู่เป้าหมายได้สมบูรณ์ทั้งนี้เวลาจะไม่ถูกหยุดและนับหากว่าจุด COP ไม่สามารถเข้าสู่

เป้าหมายและทำตามเงื่อนไขได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นแล้วผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้จากโปรแกรมนี้จึงเป็นผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสมบูรณ์ในตัวเองทุกผลลัพธ์

### 3.7 เวลาที่ผู้เข้าร่วมการทดลองอยู่ในกระบวนการเก็บข้อมูล

การทดสอบสมรรถนะการทรงตัวสำหรับผู้เข้าร่วมการทดลอง 1 คน จะทำการเก็บข้อมูลวันละ 1 ครั้งโดยกำหนดให้ต้องทำการทดลองทั้งหมด 2 เกณฑ์วิธี และกระบวนการทั้งหมดนี้จะใช้เวลาประมาณ 12 นาที ต่อผู้เข้าร่วมการทดลอง แสดงเป็นแผนภูมิดังภาพที่ 3.12 การเก็บข้อมูลจะทำได้ในช่วงเช้าของวันทำงาน โดยเริ่มตั้งแต่เวลา 7.00 น. ถึง 9.00 น. ถ้าหากผู้เข้าร่วมทดลองมีความตื่นตัวเนื่องจากการทำงาน จะให้นั่งพัก 15 นาที ก่อนการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยนี้ทดลองกับผู้ปฏิบัติงานจริงในโรงงาน ซึ่งจะไม่มีการควบคุมเวลาการนอนหลับของผู้เข้าร่วมทดลอง ซึ่งเวลาในการเข้านอนและตื่นนอนจะเป็นไปตามชีวิตประจำวันปกติของผู้เข้าร่วมการทดลอง แต่งานวิจัยนี้จำเป็นที่จะต้องได้รับข้อมูลของวันที่นอนพักผ่อนปกติ และข้อมูลของวันที่นอนน้อยหรือพักผ่อนไม่เพียงพอ ดังนั้นผู้เข้าร่วมการทดลองจึงต้องพยายามเข้าร่วมการทดลองให้ครบทุกภาวะการนอนหลับที่แตกต่างกัน การทดลองจะถูกจัดขึ้นในห้องที่ควบคุมการเข้าออกเพื่อให้ผู้ที่เข้าร่วมการทดลองมีสมาธิมากที่สุด ในระหว่างการทดลอง ใน 1 วัน ที่ทำการทดลองไม่จำเป็นที่จะต้องเก็บข้อมูลจากผู้ร่วมการทดลองทั้ง 6 คน เนื่องจากผู้เข้าร่วมการทดลองบางคนอาจจะติดภาระหน้าที่รับผิดชอบจึงไม่สามารถมาร่วมการทดลองในทุกๆวันพร้อมกันได้



ภาพที่ 3.12 แผนผังขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูล

### 3.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

#### 3.8.1 ตัวแปรที่ต้องทำการศึกษา

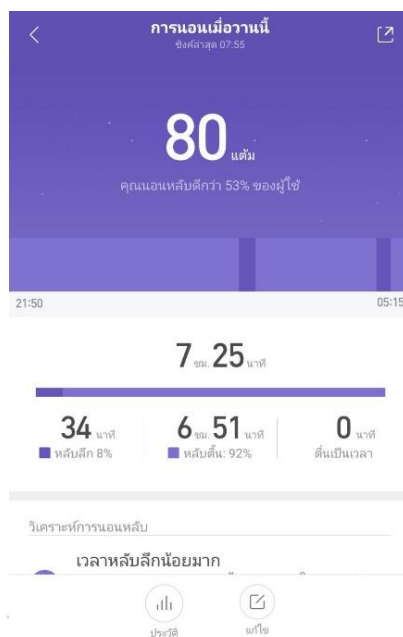
ตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้สามารถแจกแจงได้ตามตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.6 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยแจกแจงตามเกณฑ์วิธี

เกณฑ์วิธีที่ใช้ทดสอบ	ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
วิธีทดสอบ mCTSIB	- ระยะเวลาในการนอนหลับ - เงื่อนไขการล้มตา-หลับตา	- SS - SL	- การจัดสถานีงาน เช่น การจัดวาง จอแสดงผล การจัดทำทางการวางเท้า เสี่ยงรบกวนระหว่างทำการทดลอง
วิธีทดสอบ Fitts' Performance	- ระยะเวลาในการนอนหลับ	- Y-Intercept - IP	- การจัดระเบียบร่างกายและท่าทาง การยืนระหว่างทำการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งหมายถึงการค้นคว้าและพิสูจน์ตามความจริงตามกระบวนการศึกษาความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามที่เกิดขึ้นตามเงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่ควบคุมและวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ผลกระทบของระยะเวลาในการนอนหลับต่อการทรงตัวของร่างกายในแต่ละบุคคล ดังนี้

- 1) การวิเคราะห์และบันทึกระยะเวลาในการนอนหลับ จะใช้ข้อมูลที่ได้รับจากแบบสอบถามการนอนหลับ มาเปรียบเทียบกับข้อมูลการนอนหลับที่ได้รับจากเครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ (แสดงในภาพที่ 3.13) ที่ผู้เข้าร่วมการทดลองสวมใส่ในคืนก่อนการทดลอง เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องและเพิ่มความน่าเชื่อถือในการให้ข้อมูลการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง ซึ่งถ้าข้อมูลที่ได้รับไม่ตรงกัน ก็จะกำหนดให้ใช้ข้อมูลจากเครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือเป็นหลักและทำการสอบถามสาเหตุกับผู้เข้าร่วมการทดลองเพื่อวิเคราะห์ว่าผู้เข้าร่วมการทดลองมีการให้ข้อมูลการนอนหลับที่ถูกต้องหรือไม่



ภาพที่ 3.13 ข้อมูลการนอนหลับที่ได้จากเครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ

การบันทึกระยะเวลาในการนอนหลับของงานวิจัยนี้ จะทำการปิดเศษเวลาให้เป็นหน่วยชั่วโมง โดยใช้วิธีการปิดเศษเวลาดังนี้

- ตั้งแต่เวลาที่ 1 ถึง นาทีที่ 29 ให้ปิดเศษเวลาลง เป็น 0 ชั่วโมง
- ตั้งแต่เวลาที่ 30 ถึง นาทีที่ 59 ให้ปิดเศษเวลาขึ้น เป็น 1 ชั่วโมง

ตัวอย่างเช่น ผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับที่ 6 ชั่วโมง 33 นาที ซึ่งเศษของเวลา 33 นาที จะถูกปัดขึ้นเป็น 1 ชั่วโมง ดังนั้น ระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง จะถูกบันทึกเวลาการนอนหลับที่ 7 ชั่วโมงต่อวัน (Chandra & Susan, 2013)

- 2) นำค่าตัวชี้วัดการทรงตัวจากการทดลองแบบ mCTSIB และ การทดลองแบบ Fitts มาทำการเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับในแต่ละวันเป็นรายบุคคล ซึ่งจะต้องมีข้อมูลของวันที่มีระยะเวลาในการนอนหลับน้อยกว่าปกติ (นอนน้อย) และข้อมูลของวันที่มีระยะเวลาในการนอนหลับเป็นปกติ (7 - 8 ชั่วโมงต่อวัน) นำไปวิเคราะห์และประเมินผลเพื่อหากระทบของระยะเวลาในการนอนหลับที่มีต่อการทรงตัวของร่างกาย



#### บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มุ่งทดสอบความสามารถในการทรงตัวโดยเปรียบเทียบกับช่วงเวลาในการนอนหลับพักผ่อนที่แตกต่างกันจากผู้เข้าร่วมการทดลองจำนวน 6 คน โดยศึกษาผลลัพธ์ที่เปลี่ยนแปลงเมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับที่แตกต่างกันในแต่ละวัน เนื่องจากการทำงานและการใช้ชีวิตประจำวันตามปกติของผู้เข้าร่วมการทดลอง ทั้งนี้ ได้ทำการทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธีการทดสอบ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการทดสอบเชิงคลินิกดัดแปลงเพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ของการรับรู้ความรู้สึกในการทรงตัว (Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance: mCTSIB) และ วิธีการประเมินสมรรถนะแบบฟิตส์ (Fitts' Performance Test)

การเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการทรงตัวเพื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับจากผู้เข้าร่วมการทดลอง จะทำในช่วงเช้าที่เวลาประมาณ 7.00น. - 9.00น. ของทุกวันที่มีการทำงาน โดยผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนจะต้องพยายามเข้าร่วมการเก็บข้อมูลให้ได้มากที่สุด เว้นแต่จะติดภาระหน้าที่การงานของตน จึงจะไม่ต้องเข้าร่วมการทดลอง ผู้เข้าร่วมทั้ง 6 คน เป็นพนักงานขายวัยทำงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม มีอายุระหว่าง 27 - 35 ปี ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลของผู้เข้าร่วมการทดลองและจำนวนครั้งที่เข้าร่วม

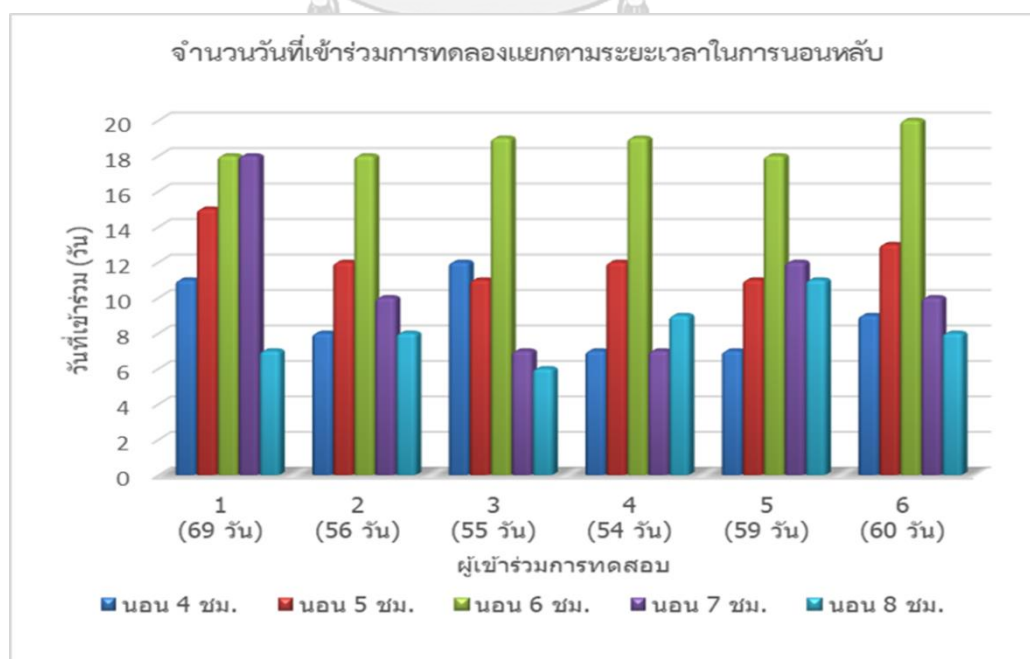
ผู้เข้าร่วมการทดลอง (คนที่)	เพศ	อายุ (ปี)		ส่วนสูง (ซม.)		น้ำหนัก (กก.)		จำนวนวันที่เข้าร่วมการทดลอง (วัน)	
1	ชาย	29		180		85		69	
2	ชาย	29		170		70		56	
3	ชาย	28		177		75		55	
4	ชาย	30		170		76		54	
5	ชาย	27		167		80		59	
6	ชาย	35		170		82		60	
-	-	Average	29.67	Average	172.33	Average	78.00	Average	59.33
-	-	SD	2.80	SD	5.01	SD	5.40	SD	5.16

จากข้อมูลของผู้เข้าร่วมการทดลองพบว่า ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 มีจำนวนวันของการเข้าร่วมการทดลองสูงที่สุด คือ 69 วัน และผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 4 มีการเข้าร่วมการทดลองน้อยที่สุดคือ 54 วัน ซึ่งในการเข้าร่วมการทดลองแต่ละครั้ง ผู้เข้าร่วมการทดลองจะมีระยะเวลาในการนอนหลับที่แตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 จำนวนการเข้าร่วมการทดลองแยกตามระยะเวลาในการนอนหลับ

ผู้เข้าร่วมการทดลอง (คนที่)	จำนวนวันที่เข้าร่วมการทดลอง / ระยะเวลาในการนอนหลับต่อวัน (ชม.)					จำนวนวันที่เข้าร่วม (รวม)
	4 ชม.	5 ชม.	6 ชม.	7 ชม.	8 ชม.	
1	11	15	18	18	7	69
2	8	12	18	10	8	56
3	12	11	19	7	6	55
4	7	12	19	7	9	54
5	7	11	18	12	11	59
6	9	13	20	10	8	60

จากตารางที่ 4.2 พบว่าผู้เข้าร่วมการทดลองจะมีระยะเวลาในการนอนหลับตั้งแต่ 4 – 8 ชั่วโมงต่อวัน และมีจำนวนการเข้าร่วมการทดลองที่แยกตามระยะเวลาในการนอนหลับที่แตกต่างกันไป เช่น ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 พบว่ามีการเข้าร่วมการทดลองในวันที่มีระยะเวลาในการนอนหลับ 4 ชม. จำนวน 11 วัน เข้าร่วมการทดลองด้วยระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ชั่วโมง จำนวน 15 วัน จนถึงการเข้าร่วมที่มีระยะเวลาในการนอนหลับ 8 ชั่วโมง ทั้งหมด 7 วันตามลำดับ และสามารถแสดงข้อมูลความถี่ในการเข้าร่วมการทดลองที่แยกตามระยะเวลาในการนอนหลับในรูปแบบของกราฟ ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 จำนวนวันที่เข้าร่วมการทดลองเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง

จากภาพที่ 4.1 พบว่าผู้เข้าร่วมการทดลองส่วนใหญ่ มีระยะเวลาในการนอนหลับที่ 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยผู้เข้าร่วมการทดลอง คนที่ 6 มีจำนวนวันที่เข้าร่วมการทดลองด้วยระยะเวลาในการนอนหลับ 6 ชั่วโมงต่อวันมากที่สุด คือ เข้าร่วมการเก็บข้อมูลจำนวน 20 วัน

#### 4.1 วิธีการทดสอบเชิงคลินิกดัดแปลงเพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ของการรับรู้ความรู้สึกในการทรงตัว (Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance: mCTSIB)

วิธีการทดสอบแบบ mCTSIB เป็นการทดสอบความสามารถการทรงตัวในสถานะสถิตย์ (Static) ร่างกายของผู้เข้าร่วมการทดลองจะขยับขณะทำการทดสอบ งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบกับผู้เข้าร่วมการทดลองที่มีระยะเวลาในการนอนหลับที่แตกต่างกันเพื่อสังเกตความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น

การศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อความสามารถในการทรงตัว แบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ และปัจจัยด้านสภาวะการลึมตา ดังสมมติฐานดังต่อไปนี้

##### ปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ

$H_0$ : ขนาดพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (SS) ของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่อปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : ขนาดพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (SS) ของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่อปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไปแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ระดับ

$H_0$ : ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน (SL) ของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่อปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน (SL) ของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่อปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไปแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ระดับ

### ปัจจัยด้านสภาวะลึมตา – หลังตา

$H_0$ : ขนาดพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (SS) ของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่ออยู่ในสภาวะลึมตา และหลังตานั้นไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : ขนาดพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (SS) ของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่ออยู่ในสภาวะลึมตา และหลังตานั้นแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ระดับ

$H_0$ : ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน (SL) ของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่อ อยู่ในสภาวะลึมตาและหลังตานั้นไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน (SL) ของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่อ อยู่ในสภาวะลึมตาและหลังตานั้นแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ระดับ

จากปัจจัยข้างต้น ผลการทดลองที่ได้จากผู้เข้าร่วมการทดลองจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการ General Full Factorial Design ในโปรแกรม Minitab เพื่อวิเคราะห์ผลในภาพรวมของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด

ผลการทดลองทั้งหมดได้ถูกวิเคราะห์โดยใช้ตัวชี้วัด 2 ตัว ได้แก่ ค่าพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (Support Surface : SS) และค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน (Statokinesigram Length : SL) ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

#### 4.1.1 ผลการทดสอบของตัวชี้วัดค่าพื้นที่สนับสนุนการทรงตัว (Support Surface : SS)

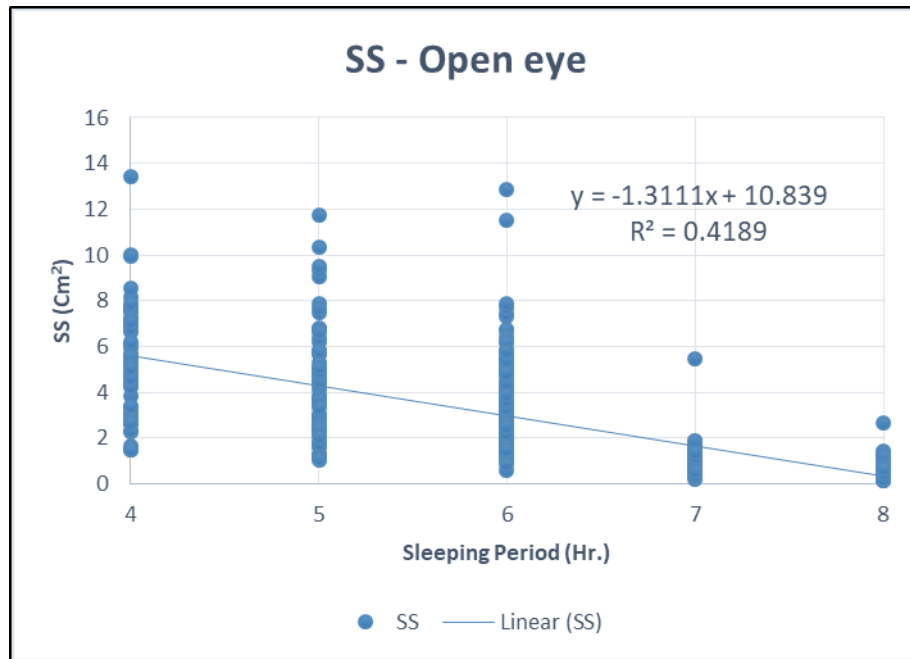
4.1.1.1 ผลทดสอบทั้งหมดของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน ที่มีระยะเวลาในการนอนหลับที่แตกต่างกันตั้งแต่ 4 ชั่วโมงถึง 8 ชั่วโมงต่อวัน

ค่าสถิติพื้นฐานของชุดข้อมูลตัวชี้วัด SS แสดงได้ตามตารางที่ 4.3

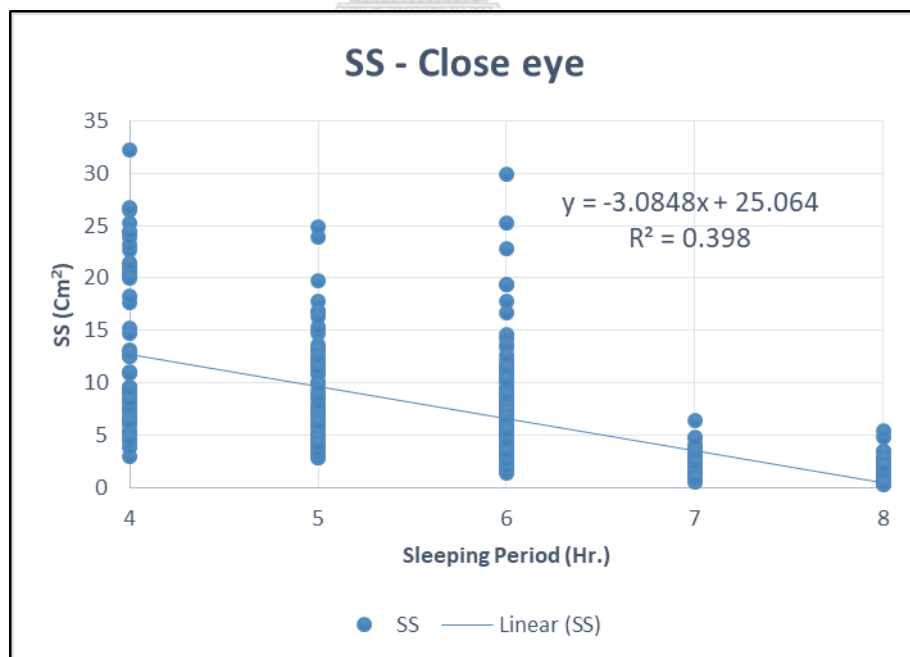
ตารางที่ 4.3 ค่าสถิติพื้นฐานของชุดข้อมูล SS

ตัวชี้วัด	สภาวะการลึมตา หรือหลังตา	ค่าเฉลี่ย (ตร.ขม.)	SD	Percentile	
				5%	95%
SS	ลึมตา	3.038	2.533	0.376	7.666
	หลังตา	6.824	6.637	0.751	20.917

ค่าตัวชี้วัด SS ภาพรวมในสภาวะลึมตาและในสภาวะหลังตาของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน แสดงในภาพที่ 4.2 และ ภาพที่ 4.3 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 ค่า SS ในสภาวะลืมตาเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับ

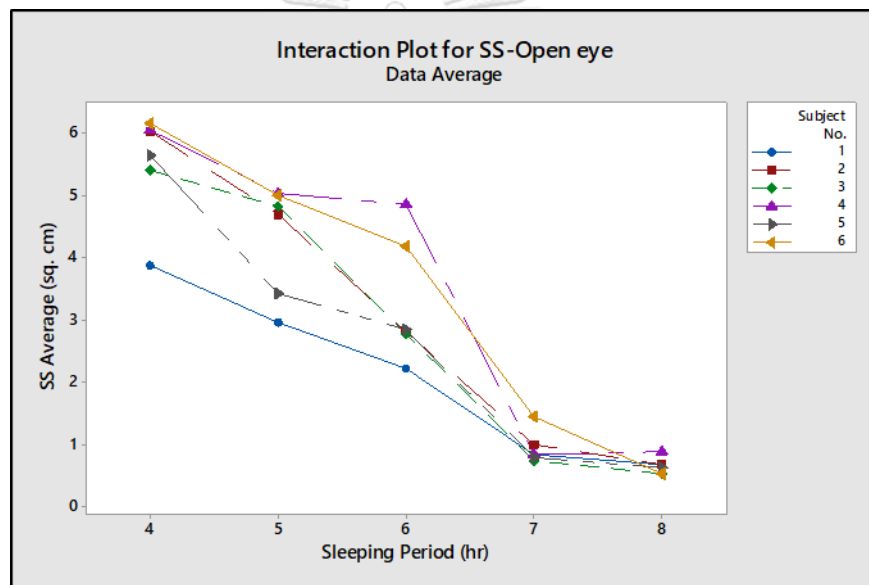


ภาพที่ 4.3 ค่า SS ในสภาวะหลับตาเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับ

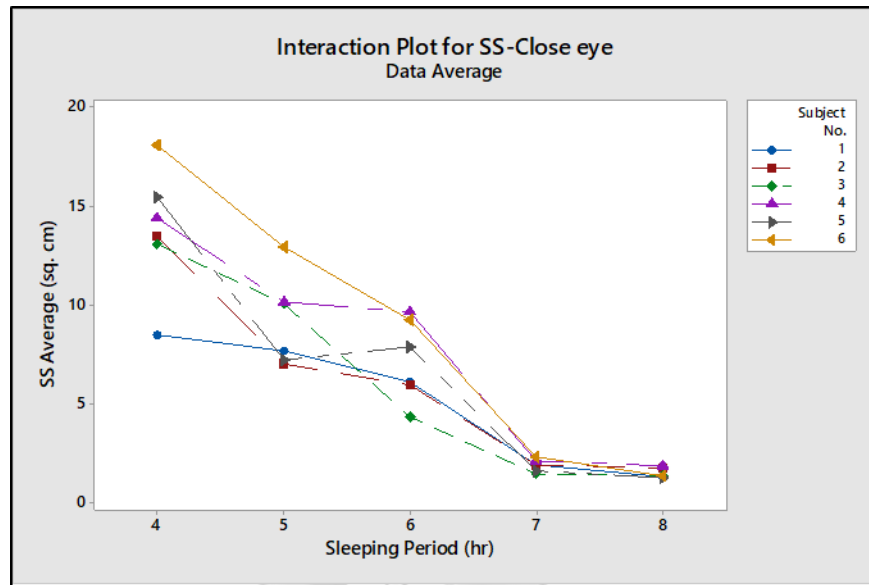
ตารางที่ 4.4 สมการถดถอยเชิงเส้นของชุดข้อมูล SS

ตัวชี้วัด	สภาวะการลืมตา หรือหลับตา	Exponential Regression Equation	R <sup>2</sup>
SS	ลืมตา	$SS = -1.3111 SP + 10.839$	0.419
	หลับตา	$SS = -3.0848 SP + 25.064$	0.398

ค่าตัวชี้วัด SS ของผู้เข้าร่วมการทดลองรายบุคคล เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับ  
ในสภาวะลืมตาและในสภาวะหลับตาแสดงในภาพที่ 4.4 และ ภาพที่ 4.5 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.4 ค่า SS รายบุคคลเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับในสภาวะลืมตา



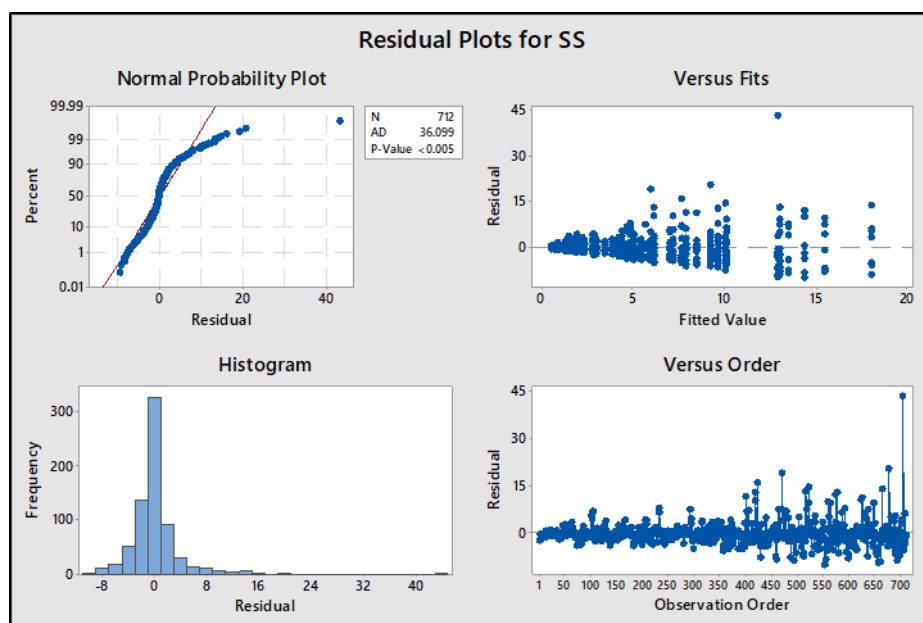
ภาพที่ 4.5 ค่า SS รายบุคคลเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับในสภาวะยืนหลับตา

ภาพที่ 4.4 และ ภาพที่ 4.5 แสดงกราฟเส้นข้อมูลค่าตัวชี้วัด SS ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน พบว่าข้อมูลโดยรวมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และไม่มีผู้เข้าร่วมการทดลองคนใดที่มีค่าแตกต่างจากกลุ่มผู้เข้าร่วมการทดลองส่วนมาก ดังนั้นจึงพิจารณาไม่ตัดข้อมูลของผู้เข้าร่วมการทดลองใดๆออกจากการวิเคราะห์สถิติในลำดับถัดไป

#### 4.1.1.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองด้วย ANOVA จำเป็นที่จะต้องทดสอบสมมติฐาน 3 เรื่อง ผ่านโปรแกรม Minitab ได้แก่ การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) ตรวจสอบด้วยค่า Residual Probability Plot การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) ตรวจสอบด้วยค่า Residual Versus Fits และการทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) ตรวจสอบได้จากค่า Residual Versus Order ทั้งนี้จะทำการทดสอบสมมติฐานของแบบจำลองด้วยวิธีการเช่นเดียวกันนี้ในทุกการวิเคราะห์ผลของตัวชี้วัดในลำดับถัดไป

วิเคราะห์การแจกแจงปกติของข้อมูลค่า SS ของผู้ร่วมการทดลอง 6 คน



ภาพที่ 4.6 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูลตัวชีวิต SS ในการทดสอบแบบ mCTSIB

จากภาพที่ 4.6 สามารถสรุปผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของพื้นที่สนับสนุนการทรงตัวได้ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) จะสามารถดูได้จากกราฟ Normal Probability Plot ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่จัดเรียงตัวไม่อยู่ตามแนวเส้นตรงและมีค่า P-value ของการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ < 0.005 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ

2) การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Fitted Value ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) รอบแนวแกนศูนย์และข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีค่าความแปรปรวนไม่คงที่

3) จากกราฟ Histogram จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของส่วนตกค้างที่มีลักษณะไม่เป็นระฆังคว่ำ

4) การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลไม่มีความเป็นอิสระต่อกัน



ข้อมูลบางส่วนที่มีลักษณะเป็น Outlier จากการตรวจสอบ Outlier ดังกล่าวไม่พบว่ามาจากความผิดปกติในการทดลอง เช่น ความผิดพลาดของโปรแกรม หรือปัญหาสุขภาพของผู้เข้าร่วมการทดลองและไม่เคยได้รับบาดเจ็บในอวัยวะที่อาจมีผลต่อการทรงตัวของร่างกาย ดังนั้นจึงไม่พิจารณาตัดกลุ่ม Outlier นี้ออกจากการทดลอง

ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนแปลงให้มีการแจกแจงเป็นปกติก่อนนำมาวิเคราะห์ โดยใช้วิธี Box – Cox transformation ตามวิธีของ Box และ Cox (1964) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลยกกำลัง  $\lambda$  หรือ  $Y^\lambda$  ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Minitab เพื่อทำการวิเคราะห์คำนวณหาค่า  $\lambda$  ที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้

ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงชุดข้อมูลเป็นดังต่อไปนี้

$$\lambda = -1.0 \text{ คือ } Y' = 1/Y$$

$$\lambda = -0.5 \text{ คือ } Y' = 1/\sqrt{Y}$$

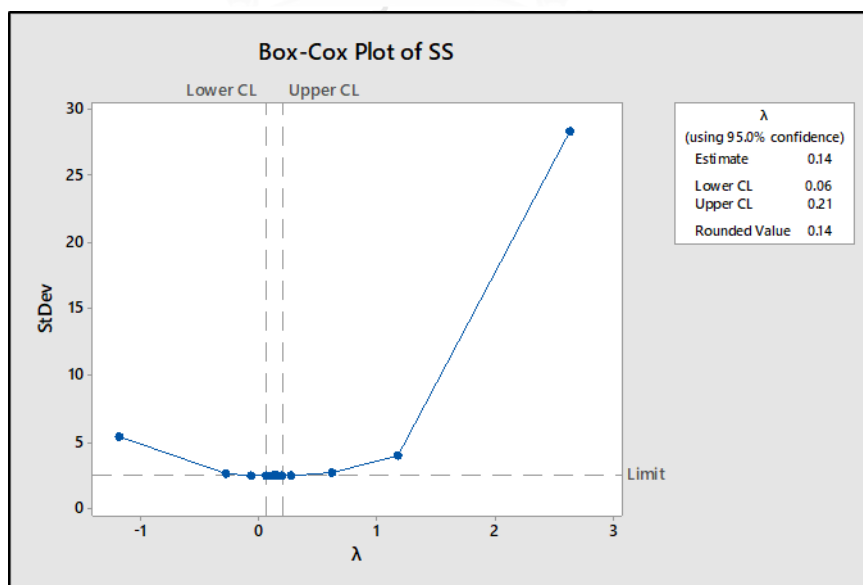
$$\lambda = 0.0 \text{ คือ } Y' = \ln(Y)$$

$$\lambda = 0.5 \text{ คือ } Y' = \sqrt{Y}$$

$$\lambda = 1.0 \text{ คือ } Y' = Y$$

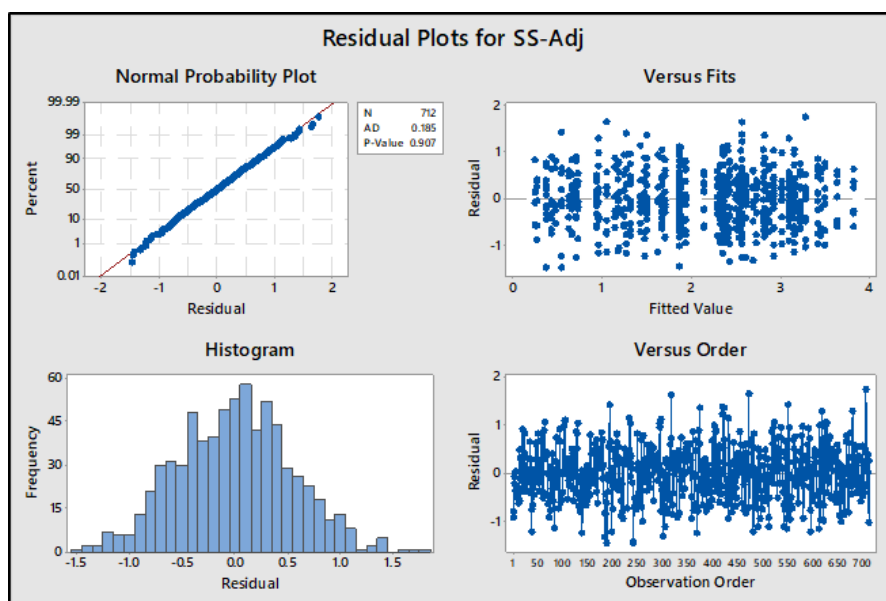
$$\lambda = 2.0 \text{ คือ } Y' = Y^2$$

จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab พบว่าค่า  $\lambda$  ที่ได้คือ 0.14 ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ค่า  $\lambda$  จากการเปลี่ยนแปลงข้อมูล SS โดยใช้วิธี Box – Cox transformation

ดังนั้น ข้อมูลที่จะถูกวิเคราะห์ คือ  $SS-Adj = SS^{(0.14)}$



ภาพที่ 4.8 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูล SS-Adj (หลังเปลี่ยนแปลงข้อมูล)

จากภาพที่ 4.8 สามารถสรุปผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของพื้นที่สนับสนุนการทรงตัวได้ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) จะสามารถดูได้จากกราฟ Normal Probability Plot ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่จัดเรียงตัวอยู่ตามแนวเส้นตรงและมีค่า P-value ของการทดสอบการแจกแจงแบบปกติเท่ากับ 0.907 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

2) การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Fitted Value ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) รอบแนวแกนศูนย์และข้อมูลไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีค่าความแปรปรวนคงที่

3) จากกราฟ Histogram จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของส่วนตกค้างที่มีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

4) การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่ไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

#### 4.1.1.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติภาพรวมของชุดข้อมูล SS-Adj

จากการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล และเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้เป็นการกระจายตัวแบบปกติแล้วจึงวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ DOE General Full Factorial เพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด ดังแสดงในภาพที่ 4.9

General Linear Model: SS-Adj versus Subject, Sleeping Period, Eye						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Subject	Fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6			
Sleeping Period	Fixed	5	4, 5, 6, 7, 8			
Eye	Fixed	2	Close, Open			
Analysis of Variance						
Source		DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Subject		5	12.061	2.412	7.42	0.000
Sleeping Period		4	431.015	107.754	331.35	0.000
Eye		1	92.744	92.744	285.19	0.000
Subject*Sleeping Period		20	11.912	0.596	1.83	0.015
Subject*Eye		5	0.473	0.095	0.29	0.918
Sleeping Period*Eye		4	0.602	0.150	0.46	0.763
Subject*Sleeping Period*Eye		20	3.063	0.153	0.47	0.977
Error		652	212.029	0.325		
Total		711	799.319			
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
0.570262	73.47%	71.07%	68.27%			

ภาพที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า SS-Adj

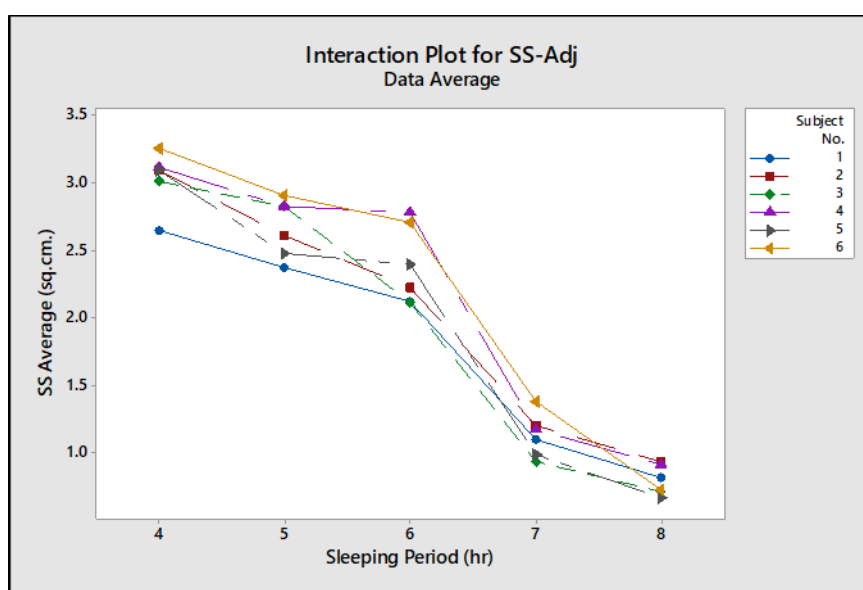
ตารางที่ 4.5 ค่า p-value ของปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด SS-Adj

Factor	p-value
Subject	< 0.0005*
Sleeping Period	< 0.0005*
Eye	< 0.0005*
Subject * Sleeping Period	0.015*
Subject * Eye	0.918
Sleeping Period * Eye	0.763
Subject * Sleeping Period * Eye	0.977

\*p-value < 0.05

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ DOE General Full Factorial พบว่าปัจจัยหลักเช่น ผู้เข้าร่วมการทดลอง ระยะเวลาในการนอนหลับ สภาวะการลืมตาหรือหลับตา มีอิทธิพลต่อค่า SS-Adj ให้มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ( $p\text{-value} < 0.0005$ )

นอกจากนั้นยังพบอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองกระทำร่วมกับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ ( $p\text{-value} = 0.015$ ) ดังแสดงในภาพที่ 4.10



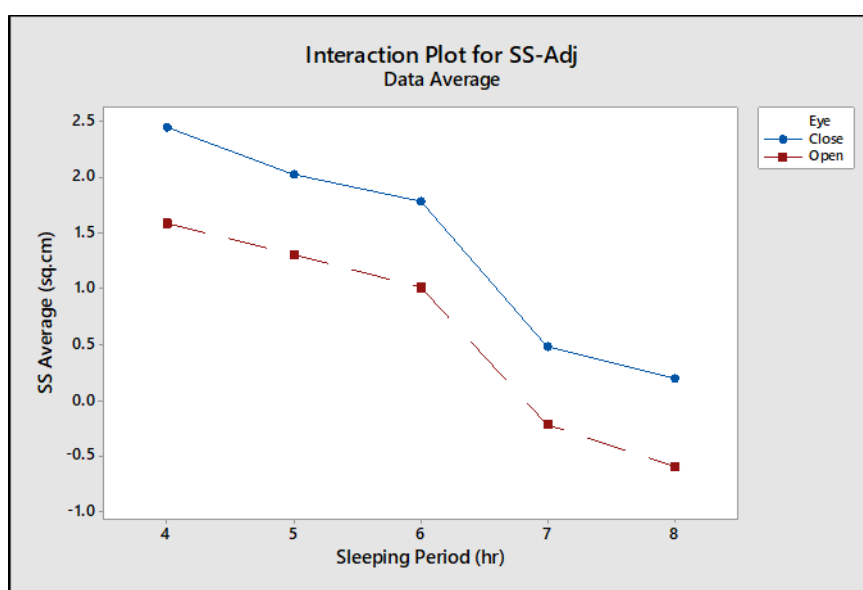
ภาพที่ 4.10 Interaction Plot ของค่า SS-Adj สำหรับปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ

จากภาพที่ 4.10 Interaction Plot พบว่าผลจากการกระทำร่วมระหว่างปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับมีผลให้ค่า SS-Adj ระหว่างบุคคลเมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับเปลี่ยนแปลงไปมีความแตกต่างกัน เช่น เมื่อระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมงไปจนถึง 8 ชั่วโมง ค่า SS-Adj ก็จะมีแนวโน้มลดลง ส่วนผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 6 จะมีแนวโน้มการลดลงของค่า SS-Adj ด้วยความชันที่มากกว่าผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 และการลดลงของค่า SS-Adj ของผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจะลดลงด้วยความชันที่แตกต่างกันในทุกๆ ช่วงของระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไป

ปัจจัยหลักด้านผู้เข้าร่วมการทดลองมีอิทธิพลต่อค่า SS-Adj โดยจะเห็นได้ว่ากราฟเส้นที่แสดงค่า SS-Adj ของผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจะมีลักษณะไม่ขนานกันและมีความชันที่แตกต่างกัน

ปัจจัยหลักด้านระยะเวลาในการนอนหลับจะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการนอนหลับเปลี่ยนแปลงไปจาก 4 ชั่วโมงเป็น 8 ชั่วโมง ค่า SS-Adj ของผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทุกๆช่วงของระยะเวลาในการนอนหลับ

ไม่พบอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับและสภาวะการลืมตาหรือหลับตา ( $p\text{-value} = 0.763$ ) ดังแสดงในภาพที่ 4.11

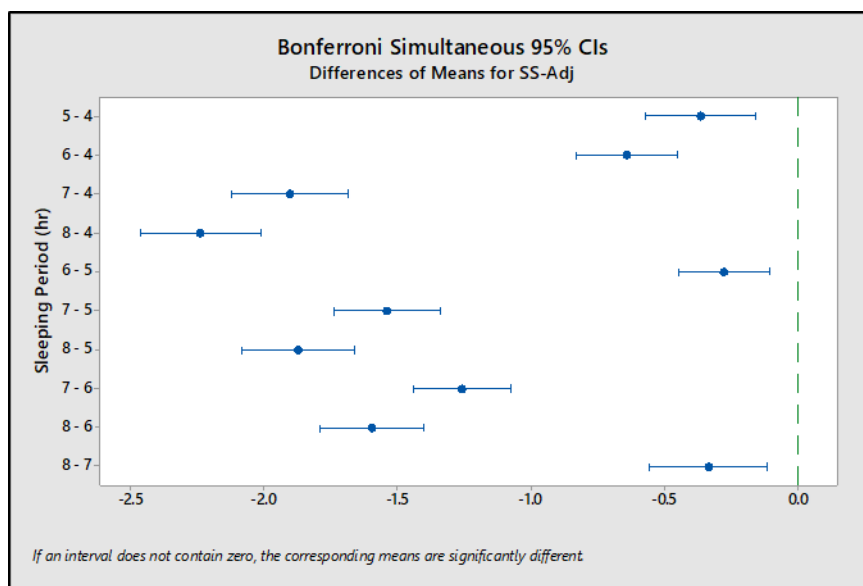


ภาพที่ 4.11 Interaction Plot สำหรับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับและสภาวะการลืมตา

จากภาพที่ 4.11 ปัจจัยหลักด้านสภาวะการลืมตา-หลับตามีอิทธิพลต่อค่า SS-Adj ให้มีความแตกต่างกัน สังเกตได้จากกราฟเส้นของค่า SS-Adj ที่สภาวะลืมตากับที่สภาวะหลับตา จะมีค่าที่แตกต่างกันตลอดทุกช่วงระยะเวลาในการนอนหลับตั้งแต่ 4 ชั่วโมงจนถึง 8 ชั่วโมงต่อวัน

แต่ในการกระทำร่วมระหว่างปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับกับสภาวะการลืมตาหลับตาพบว่ากราฟเส้นของค่า SS-Adj ในสภาวะลืมตาจะมีลักษณะขนานไปกับกราฟเส้นของค่า SS-Adj ในสภาวะหลับตา ด้วยการเปลี่ยนแปลงที่ความชันเท่ากันในทุกๆช่วงของระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไป จึงสรุปได้ว่าสภาวะการลืมตาหรือหลับตาไม่ส่งผลต่อค่า SS เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับเปลี่ยนแปลงไป

วิเคราะห์เพิ่มเติมโดยวิธี Bonferroni Test เพื่อศึกษาพฤติกรรมในแต่ละระดับปัจจัยโดยสังเกตจากการซ้อนทับกันของคู่ความเชื่อมั่นและการจัดกลุ่ม (Grouping Information) จากค่าปัจจัยของระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.12 และ ภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.12 Bonferroni Test ของปัจจัยระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (SS-Adj)

**Bonferroni Simultaneous 95% CIs**

**Comparisons for SS-Adj**

**Bonferroni Pairwise Comparisons: Response = SS-Adj, Term = Sleeping period**

Grouping Information Using the Bonferroni Method and 95% Confidence

Sleeping Period	N	Mean	Grouping
4	108	2.03575	A
5	150	1.67092	B
6	224	1.39281	C
7	130	0.13237	D
8	100	-0.20307	E

Means that do not share a letter are significantly different.

ภาพที่ 4.13 Grouping Information ของการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (SS-Adj)

จากภาพที่ 4.12 เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงช่วงความเชื่อมั่นจะพบว่า ค่า SS-Adj มีแนวโน้มลดลงตลอดระดับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ โดยพบความเปลี่ยนแปลงในทุกๆ 1 ชั่วโมง เมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับที่เพิ่มขึ้น และเริ่มสังเกตเห็นได้ตั้งแต่ช่วงระยะเวลาในการนอนหลับที่เพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมงเป็น 5 ชั่วโมงเป็นต้นไป

การวิเคราะห์ร่วมกับ Pairwise Comparison เพื่อจัดกลุ่มค่า SS-Adj ในภาพรวม ดังภาพที่ 4.13 พบว่าตลอดช่วงที่มีระยะเวลาในการนอนหลับที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 ชั่วโมง ค่า SS-Adj จะมีค่าลดลงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการจัดกลุ่มพบว่าระยะเวลาในการนอนหลับที่ 4 ชั่วโมง ค่า SS-Adj จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม A และเมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ชั่วโมงก็จะเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์เข้าสู่

กลุ่ม B และมีการเปลี่ยนกลุ่มอย่างต่อเนื่องในทุกๆช่วงระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไป จนถึงช่วงระยะเวลาในการนอนหลับที่มากที่สุดของงานวิจัยคือ 8 ชั่วโมงต่อวันจะจัดให้อยู่ในกลุ่ม E ตามลำดับ

การวิเคราะห์ Pairwise Comparison ของค่า SS-Adj ในภาพรวมของผู้เข้าร่วมการทดลอง ทั้ง 6 คนเพียงอย่างเดียว อาจให้ผลที่คลาดเคลื่อนได้เนื่องจากธรรมชาติของมนุษย์ที่มีความหลากหลาย ผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจึงอาจมีค่า SS-Adj และมีสมรรถนะในการทรงตัวที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ Pairwise Comparison แยกเป็นรายบุคคลเพิ่มเติมเพื่อศึกษาแนวโน้มและลักษณะพฤติกรรมของค่า SS-Adj ของผู้เข้าร่วมทดสอบแต่ละคน ผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ Pairwise Comparison สำหรับค่า SS-Adj แบบรายบุคคล

ผู้เข้าร่วมการทดสอบ	ระยะเวลาในการนอนหลับ (ชม.)					แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง	จุดที่พบความเปลี่ยนแปลง (ชม.)
	8	7	6	5	4		
1	B	B	A	A	A	เพิ่มขึ้น	6
2	C	C	B	AB	A	เพิ่มขึ้น	6
3	C	C	B	A	A	เพิ่มขึ้น	6
4	B	B	A	A	A	เพิ่มขึ้น	6
5	C	C	B	AB	A	เพิ่มขึ้น	6
6	B	B	A	A	A	เพิ่มขึ้น	6

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน (100%) มีค่า SS ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลง โดยวิเคราะห์ได้จากการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 8 ชั่วโมงต่อวันไปจนถึง 4 ชั่วโมงต่อวันได้ดังต่อไปนี้

ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1, 4, 6 พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์จากกลุ่ม B เป็นกลุ่ม A ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 6 ชั่วโมงต่อวัน และผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 2, 3, 5 พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์จากกลุ่ม C เป็นกลุ่ม B ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 6 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าค่า SS ของผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับผลกระทบจากระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

4.1.2 ผลการทดสอบของตัวชี้วัดระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดัน  
(Statokinesigram Length : SL)

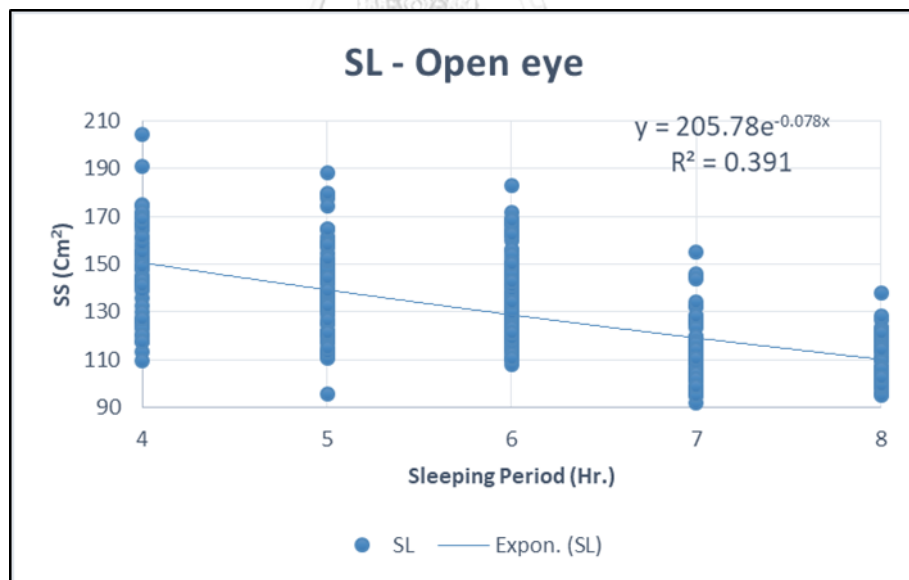
4.1.2.1 ผลการทดสอบทั้งหมดจากผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน ที่มีระยะเวลาในการนอนหลับที่  
แตกต่างกัน ตั้งแต่ 4 ชั่วโมงถึง 6 ชั่วโมงต่อวัน

ค่าสถิติพื้นฐานของชุดข้อมูล SL แสดงดังตาราง ที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าสถิติพื้นฐานของชุดข้อมูล SL

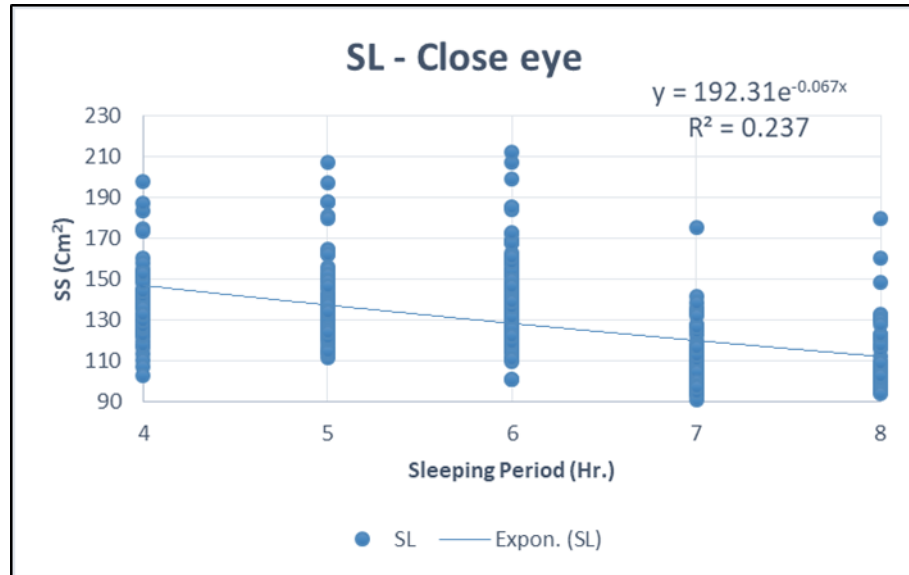
ตัวชี้วัด	สภาวะการลืมตา หรือหลับตา	ค่าเฉลี่ย (ตร.ขม.)	SD	Percentile 5%	Percentile 95%
SL	ลืมตา	130.9	20.66	101.040	166.948
	หลับตา	130.7	23.21	97.670	173.751

ค่าตัวชี้วัด SL ภาพรวมในสภาวะลืมตาและในสภาวะหลับตาของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6  
คน แสดงในภาพที่ 4.16 และ ภาพที่ 4.17 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.14 ค่า SL ในสภาวะลืมตาเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับ



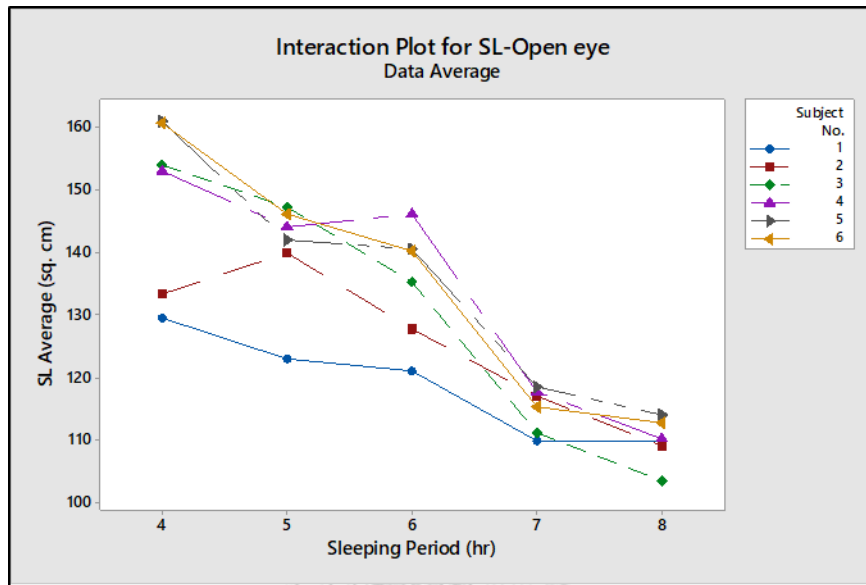


ภาพที่ 4.15 ค่า SL ในสภาวะหลับตาเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับ

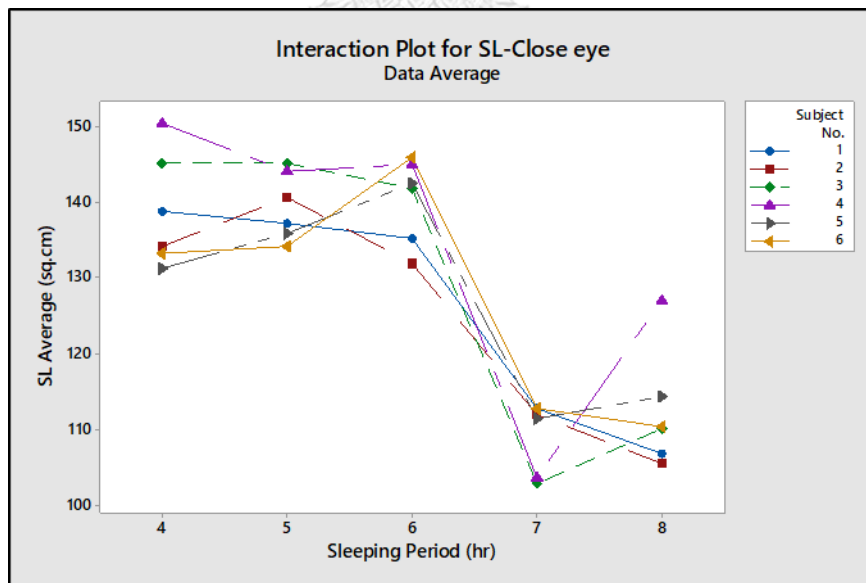
ตารางที่ 4.8 สมการถดถอยเชิงซ้อนของชุดข้อมูล SL

ตัวชี้วัด	สภาวะการลืมตา หรือหลับตา	Linear Regression equation	R <sup>2</sup>
SL	ลืมตา	SS = -10.116 SP + 191.1	0.375
	หลับตา	SS = -8.4165 SP + 180.78	0.206

ค่าตัวชี้วัด SL ของผู้เข้าร่วมการทดลองรายบุคคล เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับ ในสภาวะลืมตาและในสภาวะหลับตาแสดงในภาพที่ 4.18 และ ภาพที่ 4.19 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.16 ค่า SL รายบุคคลเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับในสภาวะลืมตา



ภาพที่ 4.17 ค่า SL รายบุคคลเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับในสภาวะหลับตา

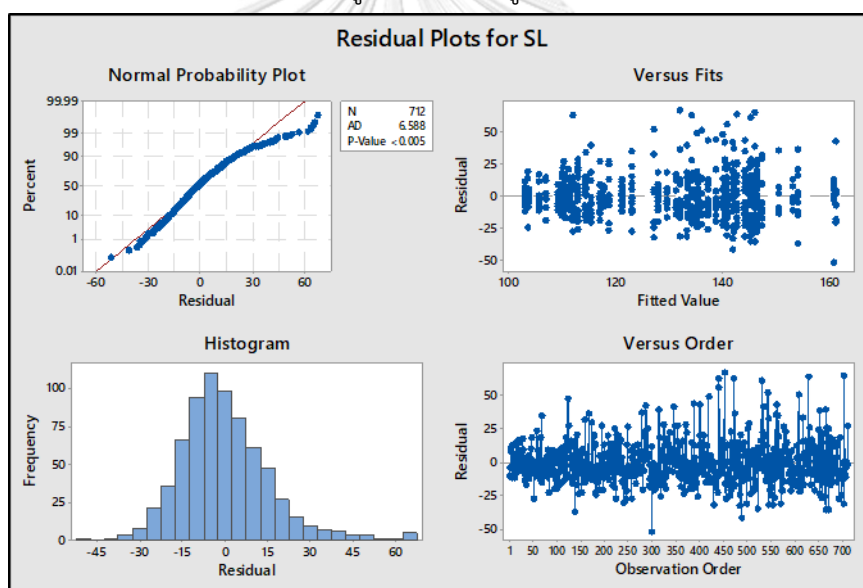
ภาพที่ 4.16 และ ภาพที่ 4.17 แสดงกราฟเส้นของข้อมูลค่าตัวชี้วัด SL ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน พบว่าข้อมูลโดยรวมมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน และไม่มีผู้เข้าร่วมการทดลองคนใด

ที่มีค่าแตกต่างจากกลุ่มผู้เข้าร่วมการทดลองส่วนมาก ดังนั้นจึงพิจารณาไม่ตัดข้อมูลของผู้เข้าร่วมการทดลองใดๆออกจากการวิเคราะห์สถิติในลำดับถัดไป

#### 4.1.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองด้วย ANOVA จำเป็นที่จะต้องทดสอบสมมติฐาน 3 เรื่อง ผ่านโปรแกรม Minitab ได้แก่ การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) ตรวจสอบด้วยค่า Residual Probability Plot การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) ตรวจสอบด้วยค่า Residual Versus Fits และการทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) ตรวจสอบได้จากค่า Residual Versus Order

วิเคราะห์การแจกแจงปกติของข้อมูลค่า SL ของผู้ร่วมการทดลอง 6 คน



ภาพที่ 4.18 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูลตัวชี้วัด SL ในการทดสอบ mCTSIB

จากภาพที่ 4.18 สามารถสรุปผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดันได้ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) จะสามารถดูได้จากกราฟ Normal Probability Plot ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่จัดเรียงตัวไม่อยู่ตามแนวเส้นตรงและมีค่า P-value ของการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ < 0.005 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ

2) การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Fitted Value ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) รอบแนวแกนศูนย์และข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีค่าความแปรปรวนไม่คงที่

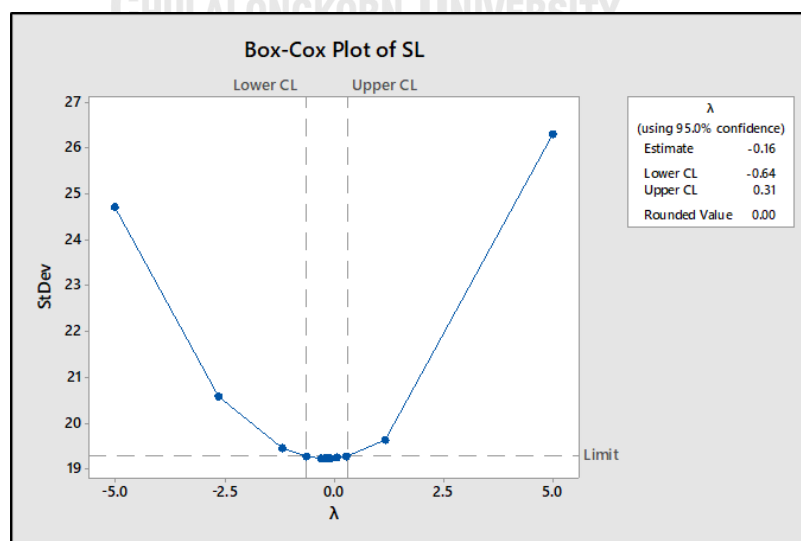
3) จากกราฟ Histogram จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของส่วนตกค้างที่มีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ

4) การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลไม่มีความเป็นอิสระต่อกัน

ข้อมูลบางส่วนที่มีลักษณะเป็น Outlier จากการตรวจสอบ Outlier ดังกล่าวไม่พบว่ามาจากความผิดปกติในการทดลอง เช่น ความผิดพลาดของโปรแกรม หรือปัญหาสุขภาพของผู้เข้าร่วมการทดลองและไม่เคยได้รับบาดเจ็บในอวัยวะที่อาจมีผลต่อการทรงตัวของร่างกาย ดังนั้นจึงไม่พิจารณาตัดกลุ่ม Outlier นี้ออกจากการทดลอง

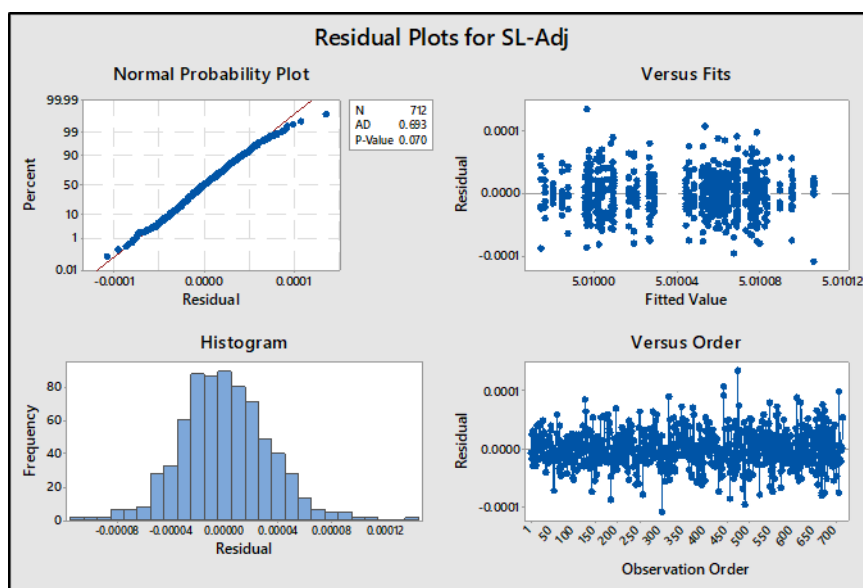
นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ โดยใช้วิธี Box – Cox transformation ตามวิธีของ Box และ Cox (1964) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลยกกำลัง  $\lambda$  หรือ  $Y^\lambda$  ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Minitab เพื่อทำการวิเคราะห์คำนวณหาค่า  $\lambda$  ที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้

จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab พบว่าค่า  $\lambda$  ที่ได้จากการวิเคราะห์คือ 0 ดังแสดงในภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.19 ค่า  $\lambda$  จากการเปลี่ยนแปลงข้อมูล SL โดยใช้วิธี Box – Cox transformation

ดังนั้น ข้อมูลที่จะถูกวิเคราะห์ คือ  $SL-Adj = \ln(SL)$



ภาพที่ 4.20 Residual plot ของชุดข้อมูลตัวชีวิต SL-Adj (หลังเปลี่ยนแปลงข้อมูล)

จากภาพที่ 4.20 สามารถสรุปผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดันได้ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) จะสามารถดูได้จากกราฟ Normal Probability Plot ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่จัดเรียงตัวอยู่ตามแนวเส้นตรงและมีค่า P-value ของการทดสอบการแจกแจงแบบปกติเท่ากับ 0.070 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

2) การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Fitted Value ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) รอบแนวแกนศูนย์และข้อมูลไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีค่าความแปรปรวนคงที่

3) จากกราฟ Histogram จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของส่วนตกค้างที่มีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

4) การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่ไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

#### 4.1.2.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติภาพรวมของชุดข้อมูล SL-Adj

จากการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล และทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเป็นการกระจายตัวแบบปกติ แล้วทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี DOE General Full Factorial เพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด ได้แก่ แสดงในภาพที่ 4.21

General Linear Model: SL-Adj versus Subject, Sleeping Period, Eye						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Subject	Fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6			
Sleeping Period	Fixed	5	4, 5, 6, 7, 8			
Eye	Fixed	2	Close, Open			
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Subject	5	0.001071	0.000214	7.63	0.000	
Sleeping Period	4	0.014944	0.003736	133.11	0.000	
Eye	1	0.000087	0.000087	3.10	0.079	
Subject*Sleeping Period	20	0.000836	0.000042	1.49	0.078	
Subject*Eye	5	0.000463	0.000093	3.30	0.006	
Sleeping Period*Eye	4	0.000501	0.000125	4.46	0.001	
Subject*Sleeping Period*Eye	20	0.000651	0.000033	1.16	0.283	
Error	652	0.018300	0.000028			
Total	711	0.037304				
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
0.0052978	50.94%	46.51%	41.45%			

ภาพที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า SL-Adj

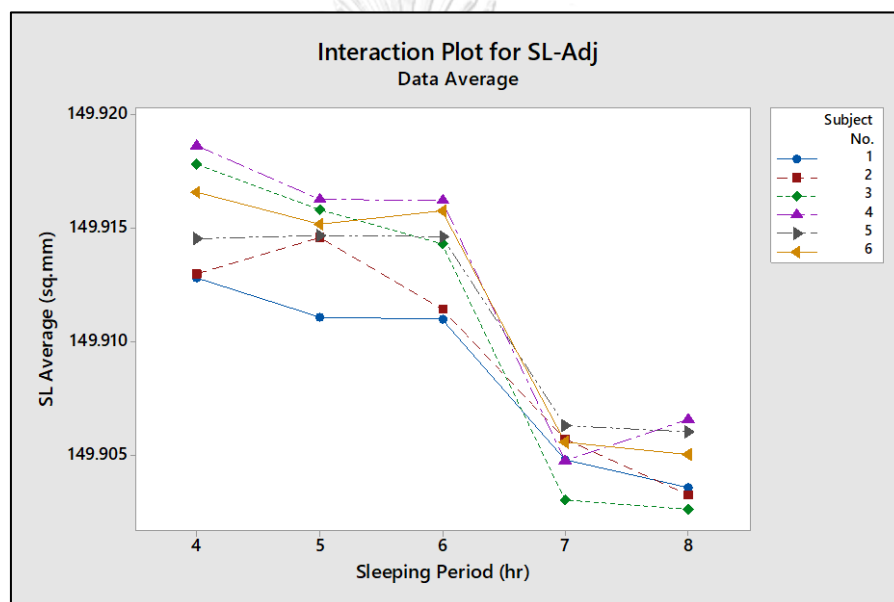
ตารางที่ 4.9 ค่า p-value ของปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด SL-Adj

Factor	p-value
Subject	< 0.0005*
Sleeping Period	< 0.0005*
Eye	0.079
Subject * Sleeping Period	0.078
Subject * Eye	0.006*
Sleeping Period * Eye	0.001*
Subject * Sleeping Period * Eye	0.283

\*p-value < 0.05

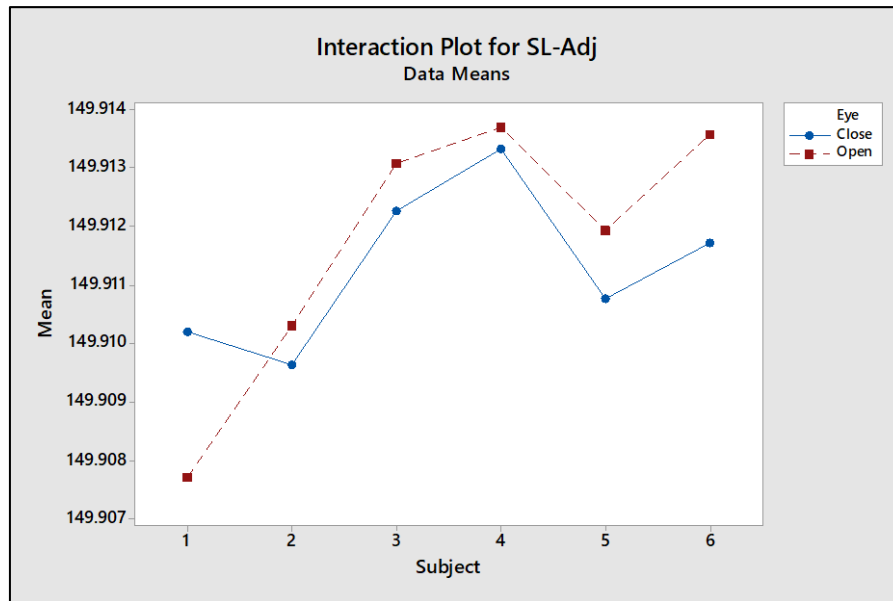
จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ DOE General Full Factorial พบว่าปัจจัยหลักเช่น ผู้เข้าร่วมการทดลอง ระยะเวลาในการนอนหลับ มีอิทธิพลต่อค่า SL-Adj ให้มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ( $p\text{-value} < 0.0005$ ) (แสดงในภาพที่ 4.22) ส่วนปัจจัยหลักด้านสภาวะการล้มตาหลับตาไม่มีอิทธิพลต่อค่า SL-Adj ให้มีความแตกต่างกัน ( $p\text{-value} < 0.079$ )

นอกจากนี้ยังพบอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองกระทำร่วมกับปัจจัยด้านสภาวะการล้มตาหรือหลับตา ( $p\text{-value} = 0.006$ ) แสดงในภาพที่ 4.23 และพบอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับกระทำร่วมกับปัจจัยด้านสภาวะการล้มตาหรือหลับตา ( $p\text{-value} = 0.001$ ) แสดงในภาพที่ 4.24 ตามลำดับ



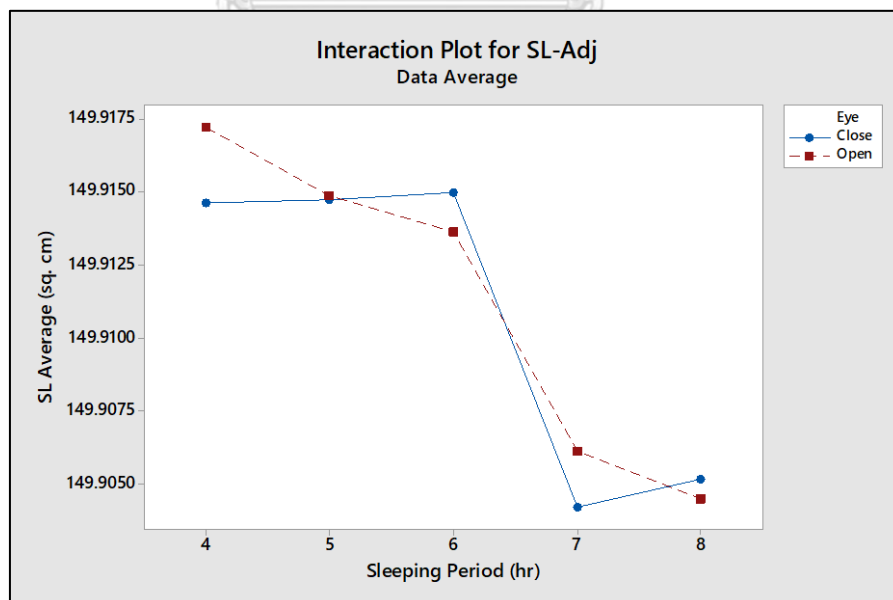
ภาพที่ 4.22 Interaction Plot ของค่า SL-Adj สำหรับปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ

จากภาพที่ 4.22 ปัจจัยหลักด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัยหลักด้านระยะเวลาในการนอนหลับมีอิทธิพลต่อค่า SL-Adj โดยจะเห็นได้จากค่า SS-Adj ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คนที่ไม่เท่ากันตั้งแต่ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 4 ชั่วโมงต่อวันจนถึง 8 ชั่วโมงต่อวัน และเมื่อระยะเวลาในการนอนหลับเปลี่ยนแปลงไปค่า SS-Adj ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปเช่นเดียวกันในทุกๆช่วงระยะเวลาในการนอนหลับ



ภาพที่ 4.23 Interaction Plot ของค่า SL-Adj สำหรับปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัยด้านสภาวะการลืมตา-หลับตา

จากภาพที่ 4.23 Interaction Plot แสดงผลจากการกระทำร่วมระหว่างปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัยด้านสภาวะการลืมตา-หลับตา เช่น ที่ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 จะเห็นว่าค่า SS-Adj ที่สภาวะลืมตาแตกต่างกับที่สภาวะหลับตา และเป็นเช่นเดียวกันในผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคน

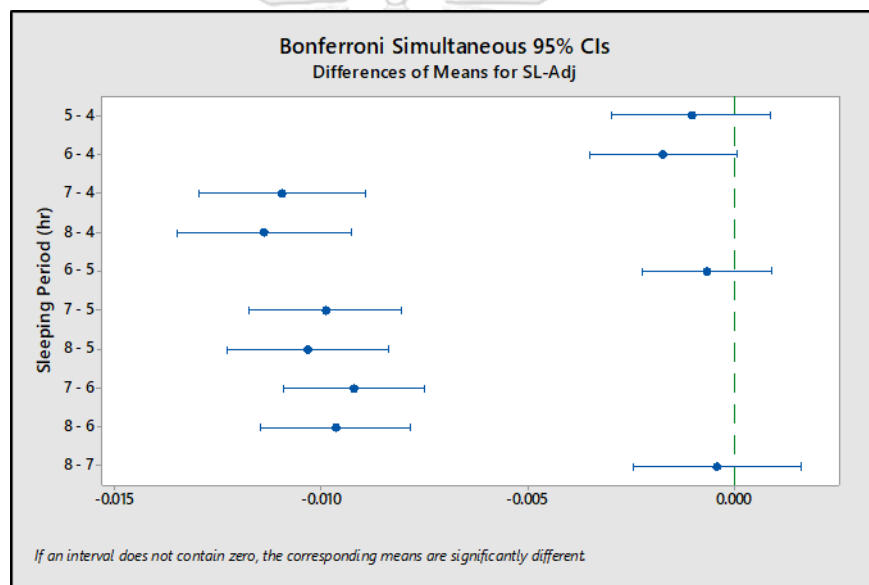


ภาพที่ 4.24 Interaction Plot ของค่า SL-Adj สำหรับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับและปัจจัยด้านสภาวะการลืมตา-หลับตา



จากภาพที่ 4.24 Interaction Plot แสดงผลจากการกระทำร่วมระหว่างปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับและปัจจัยด้านสภาวะการลึบตา-หลับตา เช่น ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 4 ชั่วโมงต่อวันจะเห็นว่าค่า SL-Adj ที่สภาวะลึบตาแตกต่างกับที่สภาวะหลับตา และ ค่า SL-Adj จะมีการเปลี่ยนแปลงด้วยความชันที่แตกต่างกันในทุกๆช่วงของระยะเวลาในการนอนหลับและในช่วงระยะเวลาในการนอนหลับเดียวกันค่า SS-Adj ในสภาวะลึบตาจะแตกต่างกับที่สภาวะหลับตา

เมื่อวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยวิธี Bonferroni Test เพื่อศึกษาพฤติกรรมในแต่ละระดับปัจจัยโดยสังเกตจากการซ้อนทับกันของคู่ความเชื่อมั่นและการจัดกลุ่ม (Grouping Information) จากค่าปัจจัยของระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.25 และ ภาพที่ 4.26



ภาพที่ 4.25 Bonferroni Test ของปัจจัยระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (SL-Adj)

Comparisons for SL-Adj			
Bonferroni Pairwise Comparisons: Response = SL-Adj, Term = Sleeping Period			
Grouping Information Using the Bonferroni Method and 95% Confidence			
Sleeping Period	N	Mean	Grouping
4	108	149.916	A
5	150	149.915	A
6	224	149.914	A
7	130	149.905	B
8	100	149.905	B

Means that do not share a letter are significantly different.

ภาพที่ 4.26 Grouping Information ของการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (SL-Adj)

จากภาพที่ 4.25 เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงช่วงความเชื่อมั่นจะพบว่าค่า SL-Adj ในช่วงความเชื่อมั่นตลอดระดับปัจจัยด้านระยะเวลาที่ยังคงตื่นนอนมีการซ้อนทับกันซึ่งไม่สามารถสังเกตพบความแตกต่างที่ชัดเจนนัก

การวิเคราะห์ร่วมกับ Pairwise Comparison เพื่อจัดกลุ่มค่า SS-Adj ในภาพรวม ดังภาพที่ 4.26 พบว่า ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 4 ชั่วโมงต่อวันไปจนถึง 6 ชั่วโมงต่อวันถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม A และที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 7 ชั่วโมงต่อวันไปจนถึง 8 ชั่วโมงต่อวันถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม B

การวิเคราะห์ Pairwise Comparison ของค่า SL-Adj ในภาพรวมของผู้เข้าร่วมการทดลอง ทั้ง 6 คนเพียงอย่างเดียว อาจให้ผลที่คลาดเคลื่อนได้เนื่องจากธรรมชาติของมนุษย์ที่มีความหลากหลาย ผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจึงมีค่า SL-Adj ที่แตกต่างกัน และมีสมรรถนะในการทรงตัวที่ต่างกัน ดังนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ Pairwise Comparison เป็นรายบุคคลเพิ่มเติมเพื่อศึกษาแนวโน้มและลักษณะพฤติกรรมของค่า SL-Adj ของผู้เข้าร่วมทดสอบแต่ละคน ผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ Pairwise Comparison สำหรับค่า SL-Adj แบบรายบุคคล

ผู้เข้าร่วมการทดสอบ	ระยะเวลาในการนอนหลับ (ชม.)					แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง	จุดที่พบความเปลี่ยนแปลง (ชม.)
	8	7	6	5	4		
1	B	B	A	A	A	เพิ่มขึ้น	6
2	B	B	A	A	A	เพิ่มขึ้น	6
3	B	B	A	A	A	เพิ่มขึ้น	6
4	B	B	A	A	A	เพิ่มขึ้น	6
5	B	B	A	A	A	เพิ่มขึ้น	6
6	B	B	A	A	A	เพิ่มขึ้น	6

จากตารางที่ 4.10 พบว่า ผู้เข้าร่วมการทดลอง 6 คน (100%) มีค่า SL ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลง โดยวิเคราะห์ได้จากการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 6 ชั่วโมงต่อวัน

ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 ถึงคนที่ 6 พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์จากกลุ่ม B เป็นกลุ่ม A ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 6 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าค่า SL ของผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนได้รับผลกระทบจากระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไป

#### 4.1.3 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนสำหรับการวิเคราะห์การทดสอบแบบ mCTSIB

##### 4.1.3.1 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนสำหรับค่า SS

วิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนโดยวิธี Regression Analysis จากโปรแกรม Minitab แสดงได้ตามภาพที่ 4.27

Regression Analysis: SS versus Sleeping Period(SP)					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	5531.6	5531.59	263.00	0.000
SP	1	5531.6	5531.59	263.00	0.000
Error	710	14932.9	21.03		
Lack-of-Fit	3	294.3	98.10	4.74	0.003
Pure Error	707	14638.6	20.71		
Total	711	20464.5			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
4.58610	27.03%	26.93%	26.61%

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	18.211	0.837	21.76	0.000	
SP	-2.232	0.138	-16.22	0.000	1.00

Regression Equation
SS = 18.211 - 2.232 SP

ภาพที่ 4.27 ผลวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SS

จากผลวิเคราะห์ Regression Analysis ดังภาพที่ 4.30 พบสมการพยากรณ์ของค่า SS จากการทดสอบแบบ mCTSIB คือ

$$SS = 18.211 - 2.232 SP \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

จากภาพที่ 4.27 ค่า R-Square ของสมการพยากรณ์นี้คือ 0.27 ซึ่งยังมีค่าไม่สูงมากนัก ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยแยกวิเคราะห์ระหว่างสภาวะการล้มตากับหลับตา ผลการวิเคราะห์แสดงตามภาพที่ 4.28 และภาพที่ 4.29 ตามลำดับ

**Regression Analysis: SS-Open eye versus Sleeping Period (SP)**

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	954.24	954.238	255.22	0.000
Sleeping Period	1	954.24	954.238	255.22	0.000
Error	354	1323.54	3.739		
Lack-of-Fit	3	53.52	17.839	4.93	0.002
Pure Error	351	1270.03	3.618		
Total	355	2277.78			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.93360	41.89%	41.73%	41.30%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	10.839	0.499	21.72	0.000	
Sleeping Period	-1.3111	0.0821	-15.98	0.000	1.00

Regression Equation

SS-Open eye = 10.839 - 1.3111 SP

ภาพที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SS ในสภาวะลืมตา

**Regression Analysis: SS-Close eye versus Sleeping Period (SP)**

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	5519.1	5519.15	193.12	0.000
Sleeping Period	1	5519.1	5519.15	193.12	0.000
Error	354	10116.6	28.58		
Lack-of-Fit	3	315.1	105.03	3.76	0.011
Pure Error	351	9801.5	27.92		
Total	355	15635.8			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
5.34585	35.30%	35.12%	34.57%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	25.58	1.38	18.55	0.000	
Sleeping Period	-3.153	0.227	-13.90	0.000	1.00

Regression Equation

SS-Close eye = 25.58 - 3.153 SP

ภาพที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SS ในสภาวะหลับตา

จากภาพที่ 4.28 และภาพที่ 4.29 ค่า R-square จากสมการพยากรณ์ ของค่า SS ในสภาวะ ลืมตามีค่าสูงกว่าสภาวะหลับตา ที่ 0.41 และ 0.35 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 สมการพยากรณ์ของค่า SS จากวิธีการทดสอบแบบ mCTSIB แบ่งตามปัจจัยด้าน สภาวะการลืมตา

	สภาวะการ ลืมตา-หลับตา	สมการพยากรณ์	R- Square	สมการที่
SS	ลืมตา	SS = 10.839 - 1.3111 SP	0.41	4.2
	หลับตา	SS = 25.58 - 3.153 SP	0.35	4.3

#### 4.1.3.2 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนสำหรับค่า SL

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน โดยวิธี Regression Analysis จากโปรแกรม Minitab แสดง ได้ตามภาพที่ 4.30


Regression Analysis: SL versus Sleeping Period (SP)						
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Regression	1	95326	95326.3	273.58	0.000	
Sleeping Period	1	95326	95326.3	273.58	0.000	
Error	710	247396	348.4			
Lack-of-Fit	3	25861	8620.2	27.51	0.000	
Pure Error	707	221535	313.3			
Total	711	342722				
Model Summary						
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
	18.6667	27.81%	27.71%	27.43%		
Coefficients						
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	185.94	3.41	54.60	0.000		
Sleeping Period	-9.266	0.560	-16.54	0.000	1.00	
Regression Equation						
SL = 185.94 - 9.266 SP						

ภาพที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SL

จากผลการวิเคราะห์ Regression Analysis ข้างต้นพบว่า สมการพยากรณ์ของค่า SL จากการทดสอบแบบ mCTSIB คือ

$$SL = 185.94 - 9.266 SP \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

จากภาพที่ 4.30 ค่า R-Square ของสมการพยากรณ์นี้คือ 0.27 ซึ่งยังมีค่าไม่สูงมากนัก ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยแยกวิเคราะห์ระหว่างสภาวะการล้มตากับหลับตา ผลการวิเคราะห์แสดงตามภาพที่ 4.31 และภาพที่ 4.32



Regression Analysis: SL-Open eye versus Sleeping Period (SP)						
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Regression	1	56807	56807.1	212.28	0.000	
Sleeping Period	1	56807	56807.1	212.28	0.000	
Error	354	94733	267.6			
Lack-of-Fit	3	5397	1799.0	7.07	0.000	
Pure Error	351	89336	254.5			
Total	355	151540				
Model Summary						
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
	16.3587	37.49%	37.31%	36.79%		
Coefficients						
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	191.10	4.22	45.28	0.000		
Sleeping Period	-10.116	0.694	-14.57	0.000	1.00	
Regression Equation						
SL-Open eye = 191.10 - 10.116 SP						

ภาพที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SL ในสภาวะล้มตากับหลับตา

Regression Analysis: SL-Close eye versus Sleeping Period (SP)					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	39321	39321.1	91.67	0.000
Sleeping Period	1	39321	39321.1	91.67	0.000
Error	354	151853	429.0		
Lack-of-Fit	3	23944	7981.2	21.90	0.000
Pure Error	351	127909	364.4		
Total	355	191174			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
20.7114	20.57%	20.34%	19.73%		
Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	180.78	5.34	33.83	0.000	
Sleeping Period	-8.416	0.879	-9.57	0.000	1.00
Regression Equation					
SL-Close eye = 180.78 - 8.416 SP					

ภาพที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า SL ในสภาวะหลับตา

จากภาพที่ 4.31 และ ภาพที่ 4.32 ค่า R-square จากสมการพยากรณ์ ของค่า SL ในสภาวะ ลืมตามีค่าสูงกว่าสภาวะหลับตา ที่ 0.37 และ 0.20 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 สมการพยากรณ์ของค่า SL จากวิธีการทดสอบแบบ mCTSIB แบ่งตามปัจจัยด้าน สภาวะการลืมตา

	สภาวะการ ลืมตา-หลับตา	สมการพยากรณ์	R- Square	สมการที่
SL	ลืมตา	SL = 191.10 - 10.116 SP	0.37	4.5
	หลับตา	SL = 180.78 - 8.416 SP	0.20	4.6

#### 4.2 วิธีการประเมินสมรรถนะแบบฟิตส์ (Fitts' Performance Test)

วิธีการทดสอบสมรรถนะแบบฟิตส์ (Fitts' Performance Test) เป็นการทดสอบความสามารถในการควบคุมร่างกายให้เคลื่อนที่ไปหาเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้ โดยการเคลื่อนจุด COP ที่แสดงอยู่ในโปรแกรมการทดสอบเข้าหาเป้าหมายที่จะถูกกำหนดเงื่อนไข ด้วยระดับดัชนีความยาก (Index of Difficulty: ID) ที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาสมรรถนะการทรงตัวของผู้เข้าร่วมการทดลอง

ตารางที่ 4.13 สมการพยากรณ์ Fitts' law ของผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 - 3

Sleeping Period	Subject No.1		Subject No.2		Subject No.3	
	Linear regression equation	R <sup>2</sup>	Linear regression equation	R <sup>2</sup>	Linear regression equation	R <sup>2</sup>
4 hr.	MT = 1.1706 ID - 0.1005	0.349	MT = 1.2127 ID - 0.3927	0.366	MT = 1.0029 ID + 0.1663	0.341
5 hr.	MT = 0.9419 ID + 0.4408	0.266	MT = 0.8485 ID + 0.3376	0.332	MT = 1.0475 ID - 0.0829	0.471
6 hr.	MT = 0.9483 ID + 0.4405	0.236	MT = 0.7341 ID + 0.2371	0.314	MT = 0.5246 ID + 0.5158	0.229
7 hr.	MT = 0.8281 ID - 0.1354	0.213	MT = 0.3886 ID + 0.4741	0.233	MT = 0.4312 ID + 0.3474	0.318
8 hr.	MT = 0.7241 ID - 0.2039	0.536	MT = 0.3986 ID + 0.4773	0.159	MT = 0.3465 ID + 0.3587	0.276

ตารางที่ 4.14 สมการพยากรณ์ Fitts' law ของผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 4 - 5

Sleeping Period	Subject No.4		Subject No.5		Subject No.6	
	Linear regression equation	R <sup>2</sup>	Linear regression equation	R <sup>2</sup>	Linear regression equation	R <sup>2</sup>
4 hr.	MT = 0.8857 ID + 0.2752	0.400	MT = 0.8831 ID + 0.2726	0.377	MT = 1.0149 ID - 0.0109	0.430
5 hr.	MT = 0.6726 ID + 0.8905	0.214	MT = 0.9542 ID + 0.0029	0.373	MT = 0.9097 ID + 0.1799	0.420
6 hr.	MT = 0.7403 ID + 0.1314	0.256	MT = 0.6520 ID + 0.2257	0.260	MT = 0.7768 ID + 0.2237	0.303
7 hr.	MT = 0.5744 ID + 0.1409	0.246	MT = 0.5296 ID + 0.2784	0.343	MT = 0.7765 ID - 0.1446	0.348
8 hr.	MT = 0.4958 ID + 0.3028	0.251	MT = 0.4321 ID + 0.3397	0.228	MT = 0.5092 ID + 0.3395	0.244

ปัจจัยที่อาจมีผลต่อความสามารถในการทรงตัวก็คือ ระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง ซึ่งการทดสอบนี้จะใช้ตัวชี้วัด 2 ตัว คือ จุดตัดแกน Y (Y-Intercept) และ ดัชนีสมรรถนะ (Index of Performance: IP)

สมมติฐานสำหรับการทดลองสามารถระบุได้ตามปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ

$H_0$ : ค่าจุดตัดแกน Y ของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่อปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : ค่าจุดตัดแกน Y ของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่อปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไปแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ระดับ



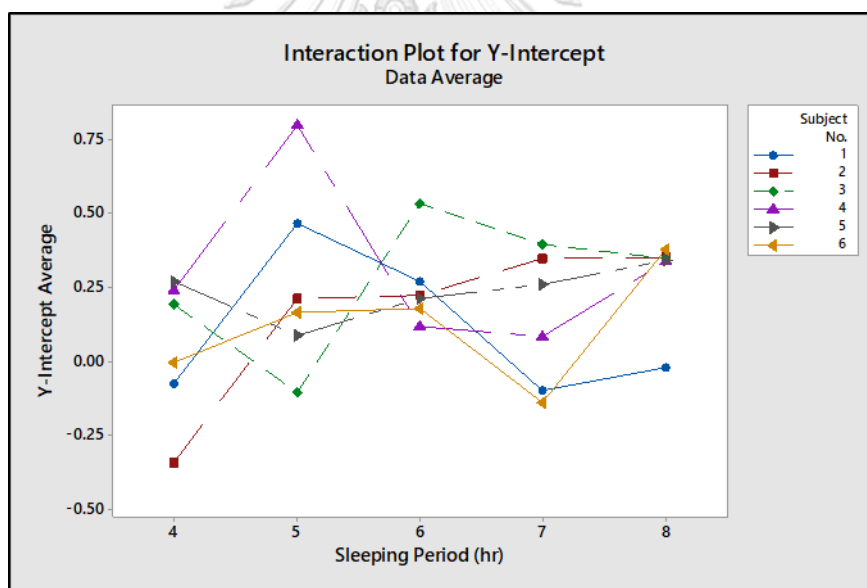
$H_0$ : ดัชนีสมรรถนะของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่อปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกัน

$H_1$ : ดัชนีสมรรถนะของผู้เข้าร่วมการทดลองเมื่อปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไปแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ระดับ

จากปัจจัยข้างต้น ผลการทดลองที่ได้จากผู้เข้าร่วมการทดลองได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการ General Full Factorial Design ในโปรแกรม Minitab เพื่อวิเคราะห์ผลในภาพรวมของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด

#### 4.2.1 ผลการทดสอบตัวชี้วัดจุดตัดแกน Y (Y-intercept)

##### 4.2.1.1 ผลการทดสอบทั้งหมดของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน เป็นดังภาพที่ 4.33



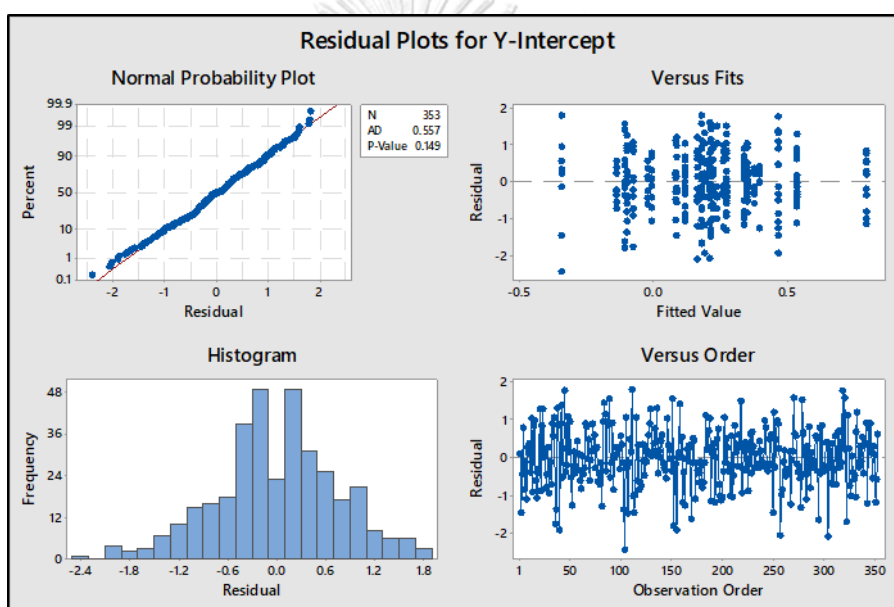
ภาพที่ 4.33 ค่า Y-intercept เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลองรายบุคคล

ภาพที่ 4.33 แสดงกราฟเส้นข้อมูลค่าตัวชี้วัด Y-intercept ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน พบว่าข้อมูลโดยรวมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และไม่มีผู้เข้าร่วมการทดลองคนใดที่มีค่าแตกต่างจากกลุ่มผู้เข้าร่วมการทดลองส่วนมาก ดังนั้นจึงพิจารณาไม่ตัดข้อมูลของผู้เข้าร่วมการทดลองใดๆออกจากการวิเคราะห์สถิติในลำดับถัดไป

#### 4.2.1.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองด้วย ANOVA จำเป็นที่จะต้องทดสอบสมมติฐาน 3 เรื่องผ่านโปรแกรม Minitab ได้แก่ การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) ตรวจสอบด้วยค่า Residual Probability Plot การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) ตรวจสอบด้วยค่า Residual Versus Fits และการทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) ตรวจสอบได้จากค่า Residual Versus Order

วิเคราะห์การแจกแจงปกติของข้อมูลค่า Y-intercept ของผู้ร่วมการทดลอง 6 คน



ภาพที่ 4.34 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูลตัวชีวิต Y-intercept ในการทดสอบ Fitts' Performance

จากภาพที่ 4.34 สามารถสรุปผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของจุดตัดแกน Y ได้ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) จะสามารถดูได้จากกราฟ Normal Probability Plot ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่จัดเรียงตัวอยู่ตามแนวเส้นตรงและมีค่า P-value ของการทดสอบการแจกแจงแบบปกติเท่ากับ 0.149 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

2) การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Fitted Value ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง

(Residual) รอบแนวแกนศูนย์และข้อมูลไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีค่าความแปรปรวนคงที่

3) จากกราฟ Histogram จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของส่วนตกค้างที่มีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

4) การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่ไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

#### 4.2.1.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติภาพรวมของชุดข้อมูล Y-intercept

จากการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล และเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้เป็นการกระจายตัวแบบปกติ แล้วจึงวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ DOE General Full Factorial เพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด ดังแสดงในภาพที่ 4.35

General Linear Model: Y-Intercept versus Subject, Sleeping Period						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Subject	Fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6			
Sleeping Period	Fixed	5	4, 5, 6, 7, 8			
Analysis of Variance						
Source		DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Subject		5	1.893	0.3787	0.62	0.688
Sleeping Period		4	2.448	0.6120	0.99	0.410
Subject*Sleeping Period		20	12.123	0.6062	0.99	0.479
Error		323	198.682	0.6151		
Total		352	215.797			
Model Summary						
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
	0.784292	7.93%	0.00%	0.00%		

ภาพที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า Y-Intercept

ตารางที่ 4.15 ค่า p-value ของปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด Y-Intercept

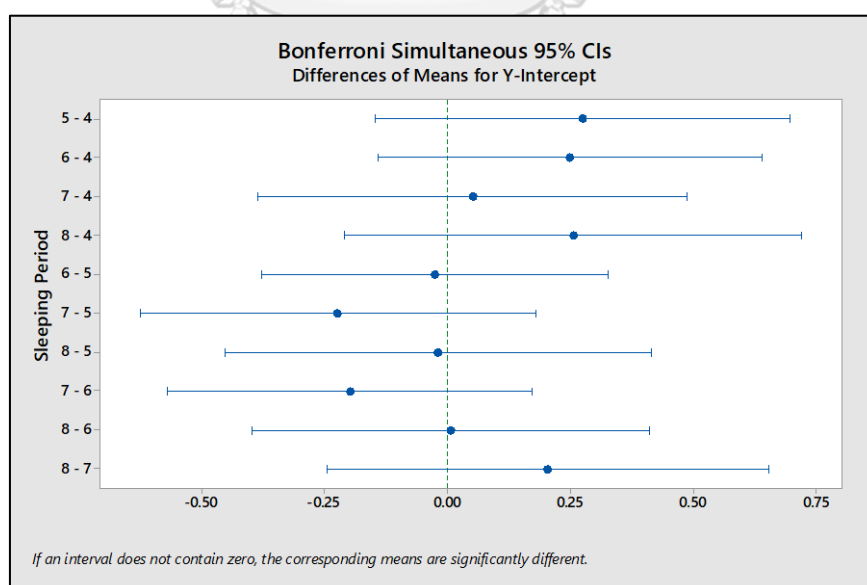
Factor	p-value
Subject	0.688
Sleeping Period	0.410
Subject * Sleeping Period	0.479

\*p-value < 0.05

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ DOE General Full Factorial พบว่าปัจจัยหลักเช่น ผู้เข้าร่วมการทดลอง ระยะเวลาในการนอนหลับ ไม่มีอิทธิพลต่อค่า Y-Intercept ให้มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

นอกจากนี้ยังไม่พบอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองกระทำร่วมกับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ (p-value = 0.479)

วิเคราะห์เพิ่มเติมโดยวิธี Bonferroni Test เพื่อศึกษาพฤติกรรมในแต่ละระดับปัจจัยโดยสังเกตจากการซ้อนทับกันของคู่ความเชื่อมั่นและการจัดกลุ่ม (Grouping Information) จากค่าปัจจัยของระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.36 และ ภาพที่ 4.37



ภาพที่ 4.36 Bonferroni Test ของปัจจัยระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (Y-Intercept)

Comparisons for Y-Intercept			
Bonferroni Pairwise Comparisons: Response = Y-Intercept, Term = Sleeping Period			
Grouping Information Using the Bonferroni Method and 95% Confidence			
Sleeping Period	N	Mean	Grouping
5	74	5.31776	A
8	49	5.29859	A
6	112	5.29242	A
7	64	5.09435	A
4	54	5.04313	A

Means that do not share a letter are significantly different.

ภาพที่ 4.37 Grouping Information ของผลวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของปัจจัยด้าน  
ระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (Y-Intercept)

จากภาพที่ 4.36 ผลการวิเคราะห์ช่วงความเชื่อมั่นจะพบว่า ค่า Y-intercept มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สอดคล้องกับระดับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ เมื่อทำการวิเคราะห์ร่วมกับ Pairwise Comparison เพื่อจัดกลุ่มค่า Y-intercept ดังภาพที่ 4.37 พบว่า ที่ระยะเวลาในการนอนหลับทั้ง 5 ระดับ มีค่า Y-intercept ที่ไม่แตกต่างกัน การจัดกลุ่มจากปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับตั้งแต่ 4 ชั่วโมง จนถึง 8 ชั่วโมงนั้น พบค่า Y-intercept ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม A ทั้งหมดและไม่พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์

การวิเคราะห์ Pairwise Comparison ของค่า Y-intercept ในภาพรวมของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คนเพียงอย่างเดียว อาจให้ผลที่คลาดเคลื่อนได้เนื่องจากธรรมชาติของมนุษย์ที่มีความหลากหลาย ผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจึงมีค่า Y-intercept ที่แตกต่างกัน และมีสมรรถนะในการทรงตัวที่ต่างกัน ดังนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ Pairwise Comparison เป็นรายบุคคลเพิ่มเติมเพื่อศึกษาแนวโน้มและลักษณะพฤติกรรมของค่า Y-intercept ของผู้เข้าร่วมทดสอบแต่ละคน ผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.16

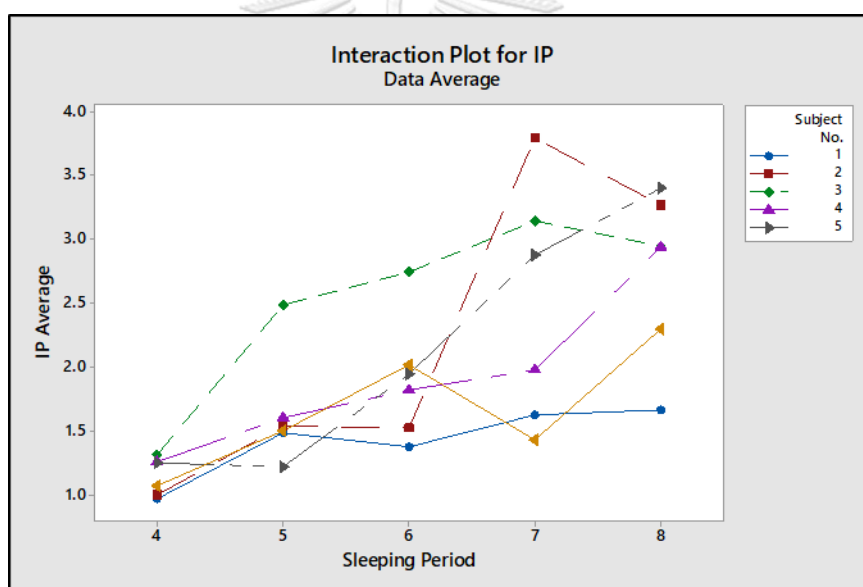
ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ Pairwise Comparison สำหรับค่า Y-intercept แบบรายบุคคล

ผู้เข้าร่วมการทดสอบ	ระยะเวลาในการนอนหลับ (ชม.)					แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง	จุดที่พบความเปลี่ยนแปลง
	8	7	6	5	4		
1	A	A	A	A	A	คงที่	-
2	A	A	A	A	A	คงที่	-
3	A	A	A	A	A	คงที่	-
4	A	A	A	A	A	คงที่	-
5	A	A	A	A	A	คงที่	-
6	A	A	A	A	A	คงที่	-

จากตารางที่ 4.16 พบว่า ผู้เข้าร่วมการทดลอง 6 คน (100%) มีค่า Y-intercept ที่ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับระยะเวลาในการนอนหลับ และไม่พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 8 ชั่วโมงต่อวันไปจนถึง 4 ชั่วโมงต่อวัน การวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าค่า Y-intercept ของผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนไม่ได้รับผลกระทบจากระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไป

#### 4.2.2 ผลการทดสอบตัวชี้วัดดัชนีสมรรถนะ (Index of Performance : IP)

##### 4.2.2.1 ผลการทดสอบทั้งหมดจากผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน เป็นดังภาพที่ 4.38



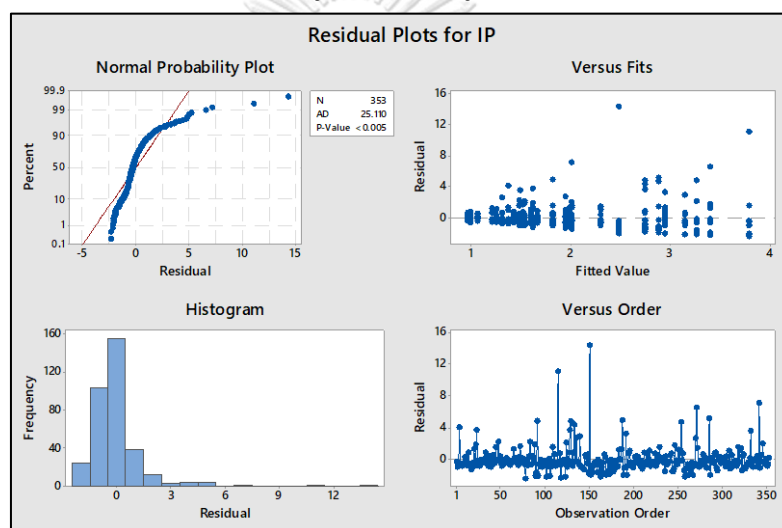
ภาพที่ 4.38 ค่า IP เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลองรายบุคคล

ภาพที่ 4.38 แสดงกราฟเส้นข้อมูลค่าตัวชี้วัด IP ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน พบว่า ข้อมูลโดยรวมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และไม่มีผู้เข้าร่วมการทดลองคนใดที่มีค่าแตกต่างจากกลุ่มผู้เข้าร่วมการทดลองส่วนมาก ดังนั้นจึงพิจารณาไม่ตัดข้อมูลของผู้เข้าร่วมการทดลองใดๆ ออกจากการวิเคราะห์สถิติในลำดับถัดไป

#### 4.2.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองด้วย ANOVA จำเป็นที่จะต้องทดสอบสมมติฐาน 3 เรื่อง ผ่านโปรแกรม Minitab ได้แก่ การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) ตรวจสอบด้วยค่า Residual Probability Plot การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) ตรวจสอบด้วยค่า Residual Versus Fits และการทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) ตรวจสอบได้จากค่า Residual Versus Order

วิเคราะห์การแจกแจงปกติของข้อมูลค่า IP ของผู้ร่วมการทดลอง 6 คน



ภาพที่ 4.39 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูลตัวชี้วัด IP ในการทดสอบ Fitts' Performance Test

จากภาพที่ 4.39 สามารถสรุปผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของดัชนีสมรรถนะได้ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) จะสามารถดูได้จากกราฟ Normal Probability Plot ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่จัดเรียงตัวไม่อยู่ตามแนวเส้นตรงและมีค่า P-value ของการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ  $< 0.005$  แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ

2) การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Fitted Value ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) รอบแนวแกนศูนย์และข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีค่าความแปรปรวนไม่คงที่

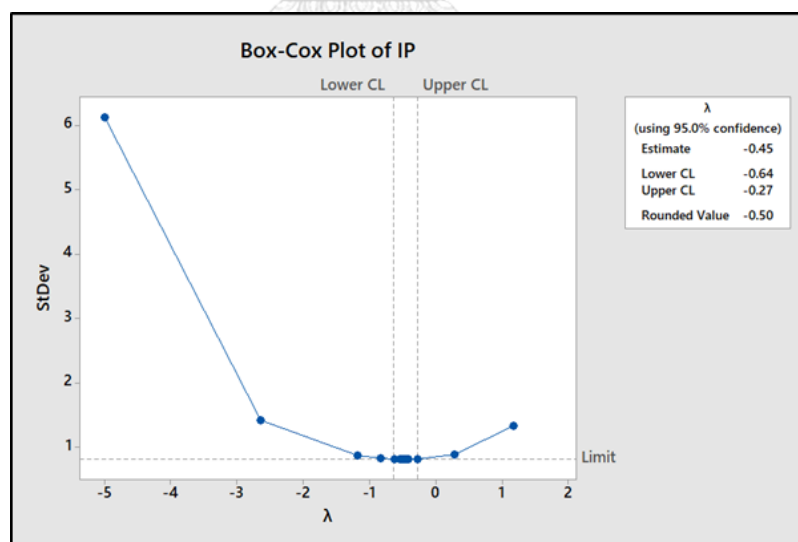
3) จากกราฟ Histogram จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของส่วนตกค้างที่มีลักษณะไม่เป็นระฆังคว่ำ

4) การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลไม่มีความเป็นอิสระต่อกัน

ข้อมูลบางส่วนที่มีลักษณะเป็น Outlier จากการตรวจสอบ Outlier ดังกล่าวไม่พบว่ามาจากความผิดปกติในการทดลอง เช่น ความผิดพลาดของโปรแกรม หรือปัญหาสุขภาพของผู้เข้าร่วมการทดลองและไม่เคยได้รับบาดเจ็บในอวัยวะที่อาจมีผลต่อการทรงตัวของร่างกาย ดังนั้นจึงไม่พิจารณาตัดกลุ่ม Outlier นี้ออกจากการทดลอง

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ โดยใช้วิธี Box – Cox transformation ตามวิธีของ Box และ Cox (1964) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลยกกำลัง  $\lambda$  หรือ  $Y^\lambda$  ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Minitab เพื่อทำการวิเคราะห์คำนวณหาค่า  $\lambda$  ที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้

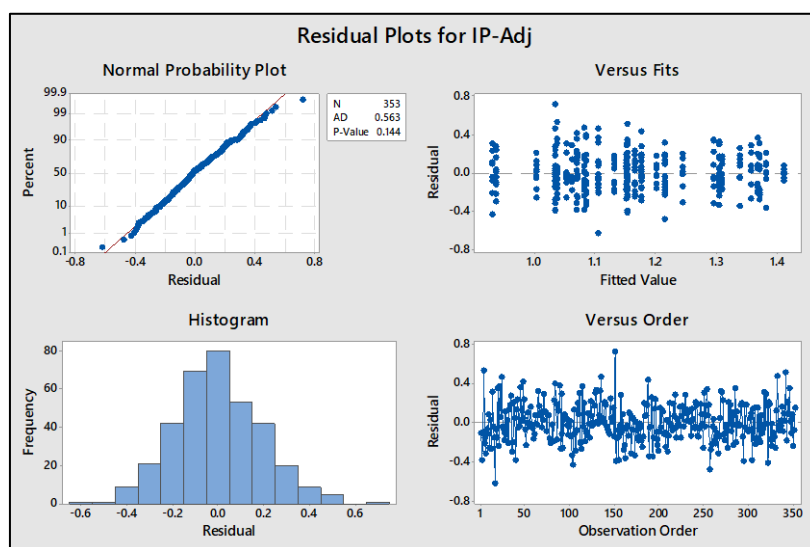
จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab พบว่าค่า  $\lambda$  ที่ได้คือ -0.05 ดังแสดงในภาพที่ 4.40



ภาพที่ 4.40 ค่า  $\lambda$  จากการเปลี่ยนแปลงข้อมูล IP โดยใช้วิธี Box – Cox transformation



ดังนั้น ข้อมูลที่จะถูกวิเคราะห์คือ  $IP-Adj = \ln(IP)$



ภาพที่ 4.41 ค่า  $\lambda$  Residual plot ของชุดข้อมูล IP-Adj (หลังเปลี่ยนแปลงข้อมูล)

จากภาพที่ 4.41 สามารถสรุปผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของดัชนีสมรรถนะได้ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) จะสามารถดูได้จากกราฟ Normal Probability Plot ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่จัดเรียงตัวอยู่ตามแนวเส้นตรงและมีค่า P-value ของการทดสอบการแจกแจงแบบปกติเท่ากับ 0.144 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

2) การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Fitted Value ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) รอบแนวแกนศูนย์และข้อมูลไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีค่าความแปรปรวนคงที่

3) จากกราฟ Histogram จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของส่วนตกค้างที่มีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

4) การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่ไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

#### 4.2.2.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติภาพรวมของชุดข้อมูล IP

จากการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล และเปลี่ยนแปลงข้อมูลเป็นการกระจายตัวแบบปกติ แล้วจึงวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี DOE – General Full Factorial เพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด แสดงในภาพที่ 4.42

General Linear Model: IP-Adj versus Subject, Sleeping Period						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Subject	Fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6			
Sleeping Period	Fixed	5	4, 5, 6, 7, 8			
Analysis of Variance						
Source		DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Subject		5	0.9370	0.18740	4.56	0.000
Sleeping Period		4	3.5750	0.89374	21.75	0.000
Subject*Sleeping Period		20	0.8768	0.04384	1.07	0.383
Error		323	13.2703	0.04108		
Total		352	18.8219			
Model Summary						
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
	0.202693	29.50%	23.17%	16.68%		

ภาพที่ 4.42 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า IP-Adj

ตารางที่ 4.17 ค่า p-value ของปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด IP-Adj

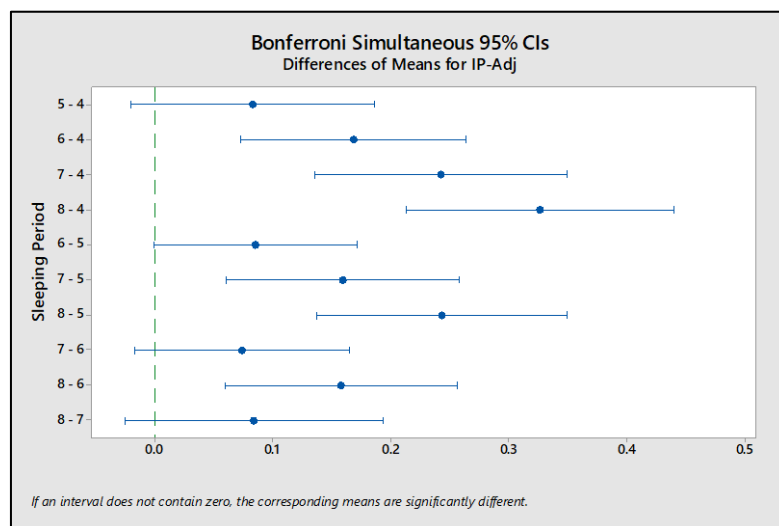
Factor	p-value
Subject	< 0.0005*
Sleeping Period	< 0.0005*
Subject * Sleeping Period	0.383

\*p-value < 0.05

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ DOE General Full Factorial พบว่าปัจจัยหลักเช่น ผู้เข้าร่วมการทดลอง ระยะเวลาในการนอนหลับ มีอิทธิพลต่อค่า IP-Adj ให้มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (p-value < 0.0005)

นอกจากนี้ยังไม่พบอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองกระทำร่วมกับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ (p-value = 0.383)

เมื่อวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยวิธี Bonferroni Test เพื่อศึกษาพฤติกรรมในแต่ละระดับปัจจัยโดยสังเกตจากการซ้อนทับกันของคู่ความเชื่อมั่นและการจัดกลุ่ม (Grouping Information) จากค่าปัจจัยของระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.43 และ ภาพที่ 4.44



ภาพที่ 4.43 Bonferroni Test ของปัจจัยระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (IP-Adj)

**Comparisons for IP-Adj**

**Bonferroni Pairwise Comparisons: Response = IP-Adj, Term = Sleeping Period**

Grouping Information Using the Bonferroni Method and 95% Confidence

Sleeping Period	N	Mean	Grouping
8	49	1.33135	A
7	64	1.24729	A B
6	112	1.17349	B C
5	74	1.08808	C D
4	54	1.00491	D

Means that do not share a letter are significantly different.

ภาพที่ 4.44 Grouping Information ของการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (IP-Adj)

จากภาพที่ 4.43 ผลการวิเคราะห์ช่วงความเชื่อมั่นจะพบว่า ค่า IP-Adj มีแนวโน้มลดลงตลอดระดับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ และเริ่มสังเกตเห็นได้ตั้งแต่ช่วงระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลงจาก 8 ชั่วโมงเป็น 6 ชั่วโมง เป็นต้นไป

การวิเคราะห์ร่วมกับ Pairwise Comparison เพื่อจัดกลุ่มค่า IP-Adj ดังภาพที่ 4.44 พบว่า ช่วงระยะเวลาในการนอนหลับที่ 6 ชั่วโมงต่อวัน ค่า IP-Adj จะมีค่าลดลงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการจัดกลุ่มพบว่าที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 8 ชั่วโมง จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม A และเมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับลดลงเหลือ 7 ชั่วโมงจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม AB และพบการเปลี่ยนกลุ่มออกจากกลุ่ม A

อย่างสมบูรณ์เข้าสู่กลุ่ม BC ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 6 ชั่วโมงต่อวัน และมีการเปลี่ยนกลุ่มอย่างต่อเนื่องในทุกๆช่วงระยะเวลาในการนอนหลับจนถึงที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 4 ชั่วโมงต่อวันซึ่งจะจัดให้อยู่ในกลุ่ม D ตามลำดับ

การวิเคราะห์ Pairwise Comparison ของค่า IP-Adj ในภาพรวมของผู้เข้าร่วมการทดลอง ทั้ง 6 คนเพียงอย่างเดียว อาจให้ผลที่คลาดเคลื่อนได้เนื่องจากธรรมชาติของมนุษย์ที่มีความหลากหลาย ผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจึงมีค่า IP-Adj ที่แตกต่างกัน และมีสมรรถนะในการทรงตัวที่ต่างกัน ดังนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ Pairwise Comparison เป็นรายบุคคลเพิ่มเติมเพื่อศึกษาแนวโน้มและลักษณะพฤติกรรมของค่า IP-Adj ของผู้เข้าร่วมทดลองแต่ละคน ผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ Pairwise Comparison สำหรับค่า IP-Adj แบบรายบุคคล

ผู้เข้าร่วมการทดสอบ	ระยะเวลาในการนอนหลับ (ชม.)					แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง	จุดที่พบความเปลี่ยนแปลง (ชม.)
	8	7	6	5	4		
1	A	A	A	A	A	คงที่	-
2	A	A	AB	B	B	ลดลง	5
3	A	A	A	B	B	ลดลง	5
4	A	AB	AB	AB	B	ลดลง	4
5	A	AB	ABC	C	BC	ลดลง	5
6	A	AB	AB	AB	B	ลดลง	4

จากตารางที่ 4.18 พบว่า ผู้เข้าร่วมการทดลอง 5 คน (80%) มีค่า IP ที่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับลดลง โดยวิเคราะห์ได้จากการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 8 ชั่วโมงต่อวันไปจนถึง 4 ชั่วโมงต่อวันได้ดังต่อไปนี้

ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีสมรรถนะ ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 2, 3 พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์จากกลุ่ม A เป็นกลุ่ม B ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ชั่วโมงต่อวัน และผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 4, 6 พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์จากกลุ่ม A เป็นกลุ่ม B ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 4 ชั่วโมงต่อวัน ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 5 พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์จากกลุ่ม A เป็นกลุ่ม C ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ชั่วโมงต่อวันซึ่งผลการวิเคราะห์นั้นแสดงให้เห็นว่าค่า IP ของผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับผลกระทบจากระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

#### 4.2.3 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนสำหรับวิธีการทดสอบแบบ Fitts' Performance

##### 4.2.3.1 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนสำหรับค่า Y-intercept

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน โดยวิธี Regression Analysis จากโปรแกรม Minitab แสดงได้ตามภาพที่ 4.45

Regression Analysis: Y-intercept versus Sleeping Period (SP)						
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Regression	1	0.211	0.2108	0.30	0.582	
Sleeping Period	1	0.211	0.2108	0.30	0.582	
Error	351	243.145	0.6927			
Lack-of-Fit	3	4.330	1.4435	2.10	0.100	
Pure Error	348	238.815	0.6862			
Total	352	243.356				
Model Summary						
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
	0.832299	0.09%	0.00%	0.00%		
Coefficients						
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	0.104	0.216	0.48	0.631		
Sleeping Period	0.0196	0.0355	0.55	0.582	1.00	
Regression Equation						
Y-intercept = 0.104 + 0.0196 SP						

ภาพที่ 4.45 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า Y-intercept

จากผลการวิเคราะห์ Regression Analysis ข้างต้นพบว่า สมการพยากรณ์ของค่า Y-intercept จากการทดสอบแบบ Fitts' Performance คือ

$$Y\text{-intercept} = 0.104 + 0.0196 SP \quad \dots\dots\dots (4.7)$$

จากภาพที่ 4.45 ค่า R-Square ของสมการพยากรณ์นี้คือ 0.00

#### 4.2.3.2 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนสำหรับค่า IP

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน โดยวิธี Regression Analysis จากโปรแกรม Minitab แสดงได้ตามภาพที่ 4.54

Regression Analysis: IP versus Sleeping Period (SP)					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	91.18	91.1751	31.31	0.000
Sleeping Period	1	91.18	91.1751	31.31	0.000
Error	351	1022.05	2.9118		
Lack-of-Fit	3	0.69	0.2286	0.08	0.972
Pure Error	348	1021.37	2.9350		
Total	352	1113.23			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
1.70641	8.19%	7.93%	7.23%		
Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-0.481	0.442	-1.09	0.277	
Sleeping Period	0.4076	0.0728	5.60	0.000	1.00
Regression Equation					
IP = -0.481 + 0.4076 SP					

ภาพที่ 4.46 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า IP

จากผลการวิเคราะห์ Regression Analysis ข้างต้นพบว่า สมการพยากรณ์ของค่า IP จากการทดสอบแบบ Fitts' Performance คือ

$$IP = -0.481 + 0.4076 SP \quad \dots\dots\dots (4.8)$$

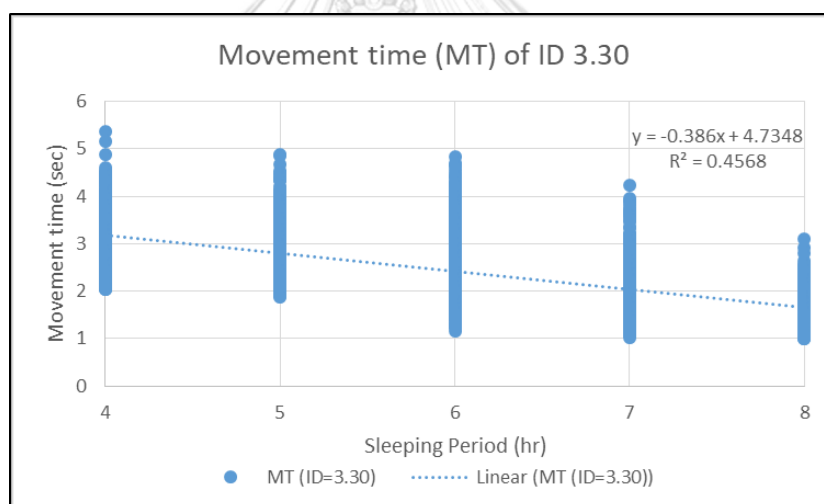
จากภาพที่ 4.46 ค่า R-Square ของสมการพยากรณ์นี้คือ 0.08 ซึ่งยังมีค่าไม่สูงมากนัก

จากผลของค่า R-Square จากสมการพยากรณ์ที่ 4.7 และ 4.8 ยังมีค่าไม่สูงนัก จึงจะทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อหาความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการนอนหลับต่อการทรงตัวของร่างกายจากตัวชี้วัดที่น่าจะมีผลกระทบชัดเจนมากขึ้นที่ระดับความยากของงานสูงๆ ตามแนวคิดที่ว่าถ้าผู้เข้าร่วมการทดลองมีการพักผ่อนที่ไม่เพียงพอ น่าจะต้องใช้เวลาในการทำงานที่มีความยากเพิ่มมากขึ้น จึงจะทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมที่ระดับดัชนีความยากของงานสูงสุดของงานวิจัย คือที่ค่า ID = 3.30 เพื่อหาสมการพยากรณ์ที่มีค่า R-Square ที่สูงขึ้น

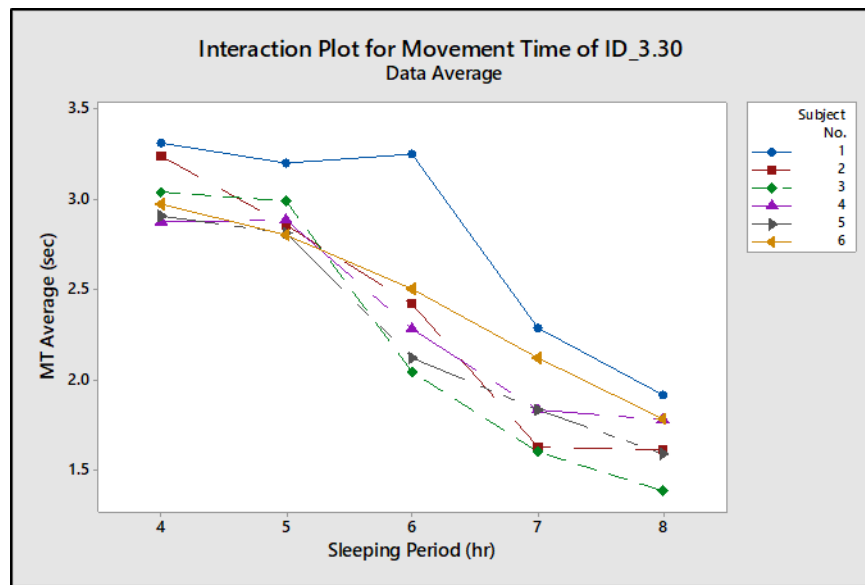
#### 4.2.3.3 ผลการทดสอบสมรรถนะแบบ Fitts' Performance Test ที่ระดับดัชนีความยากของงานสูงสุด (ID = 3.30)

จากผลการทดสอบด้วยวิธี Fitts' Performance Test พบว่าตัวชี้วัด IP มีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับระยะเวลาในการนอนหลับ คือเมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับลดลง ค่า IP ก็จะมีค่าลดลงตามไปด้วย ซึ่งค่า IP มาจากการทดสอบที่ระดับดัชนีความยากของงาน 3 ระดับ ที่ค่า ID = 3.30, 2.94, 2.44 ตามลำดับ

งานวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดในการทดสอบความสามารถในการทรงตัวกับระยะเวลาในการนอนหลับ และปรับปรุงวิธีการทดสอบการทรงตัวให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในสถานปฏิบัติงานจริงในอนาคต การวิเคราะห์ผลการทดลองในส่วนนี้จึงจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ระดับดัชนีความยากของงานที่สูงสุดของงานวิจัยนี้ ที่ค่า ID = 3.30 โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (MT) กับระยะเวลาในการนอนหลับ (SP) แสดงได้ตามภาพที่ 4.47



ภาพที่ 4.47 ค่า MT เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลอง ที่ระดับ ID = 3.30



ภาพที่ 4.48 ค่า MT เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วมการทดลองรายละคน  
ที่ระดับ ID = 3.30

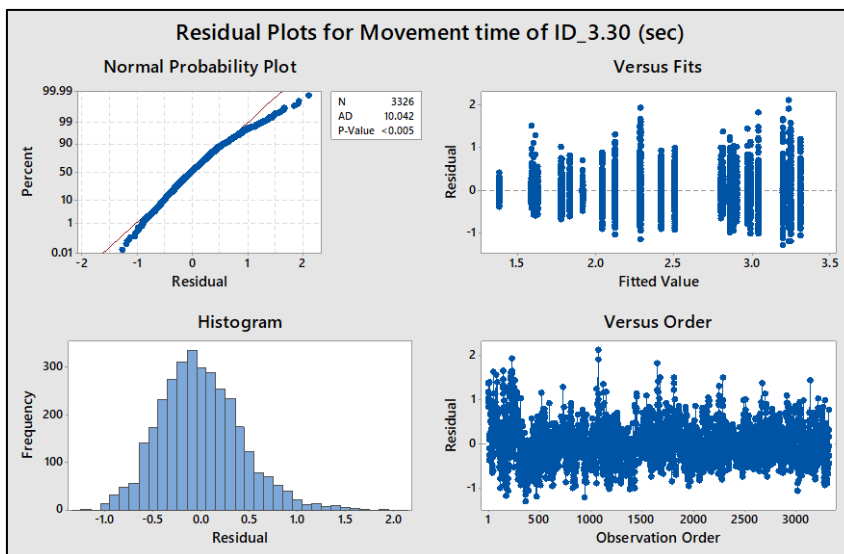
ภาพที่ 4.48 แสดงกราฟเส้นของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (MT) ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการนอนหลับ พบว่าข้อมูลโดยรวมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และไม่มีผู้เข้าร่วมการทดลองคนใดที่มีค่าแตกต่างจากกลุ่มผู้เข้าร่วมการทดลองส่วนมาก ดังนั้นจึงพิจารณาไม่ตัดข้อมูลของผู้เข้าร่วมการทดลองใดๆออกจากการวิเคราะห์สถิติในลำดับถัดไป

#### 4.2.3.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองด้วย ANOVA จำเป็นที่จะต้องทดสอบสมมติฐาน 3 เรื่อง ผ่านโปรแกรม Minitab ได้แก่ การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) ตรวจสอบด้วยค่า Residual Probability Plot การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) ตรวจสอบด้วยค่า Residual Versus Fits และการทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) ตรวจสอบได้จากค่า Residual Versus Order



วิเคราะห์การแจกแจงปกติของข้อมูลค่า MT ของผู้ร่วมการทดลอง 6 คน



ภาพที่ 4.49 การกระจายตัวส่วนตกค้างของชุดข้อมูลตัวชี้วัด MT ในการทดสอบ Fitts' Performance ที่ ID = 3.30

จากภาพที่ 4.49 สามารถสรุปผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของค่าระยะเวลาในการเคลื่อนที่ได้ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) จะสามารถดูได้จากกราฟ Normal Probability Plot ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่จัดเรียงตัวไม่อยู่ตามแนวเส้นตรงและมีค่า P-value ของการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ  $< 0.005$  แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ

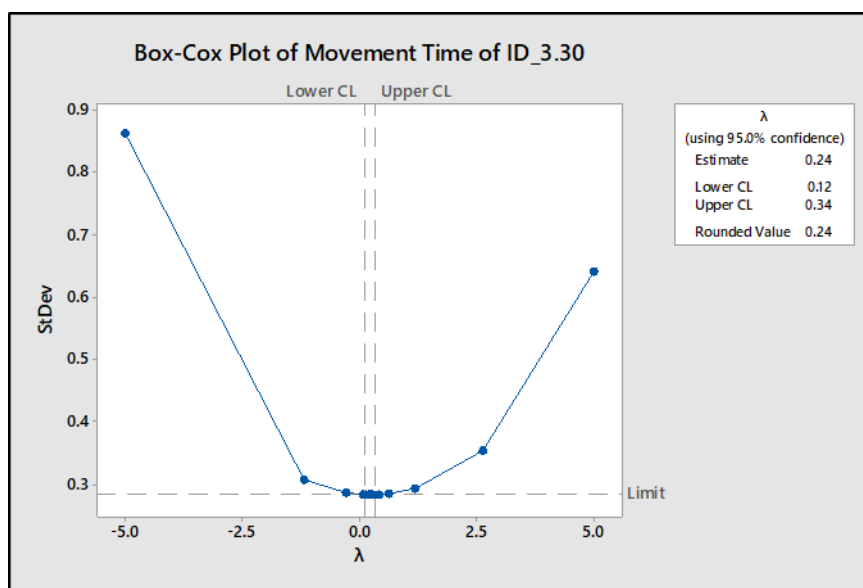
2) การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Fitted Value ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) รอบแนวแกนศูนย์และข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีค่าความแปรปรวนไม่คงที่

3) จากกราฟ Histogram จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของส่วนตกค้างที่มีลักษณะไม่เป็นระฆังคว่ำ

4) การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลไม่มีความเป็นอิสระต่อกัน

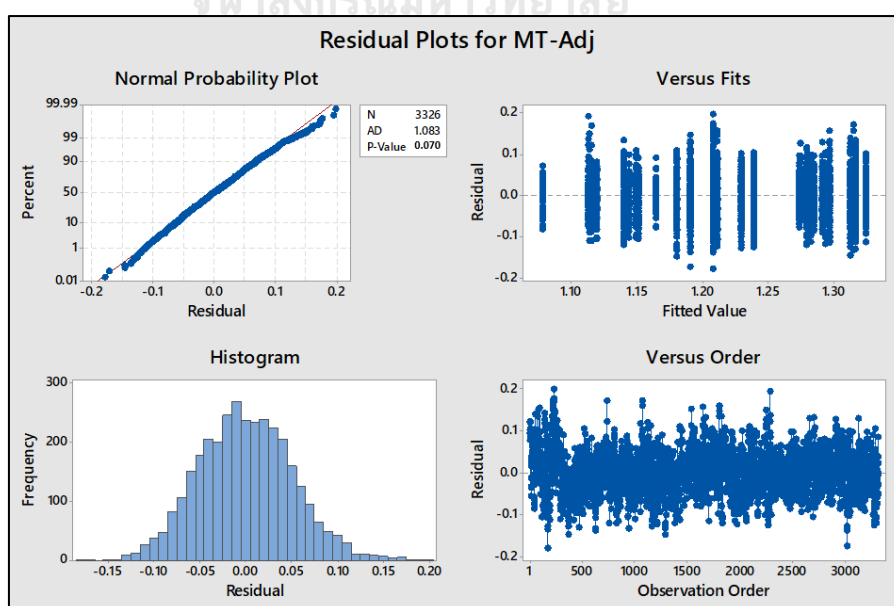
ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนแปลงให้มีการแจกแจงเป็นปกติก่อนนำมาวิเคราะห์ โดยใช้วิธี Box – Cox transformation ตามวิธีของ Box และ Cox (1964) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลยกกำลัง  $\lambda$  หรือ  $Y^\lambda$  ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Minitab เพื่อทำการวิเคราะห์ คำนวณหาค่า  $\lambda$  ที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้

จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab พบว่าค่า  $\lambda$  ที่ได้คือ 0.24 ดังแสดงในภาพที่ 4.50



ภาพที่ 4.50 ค่า  $\lambda$  จากการเปลี่ยนแปลงข้อมูล MT โดยใช้วิธี Box – Cox transformation

ดังนั้น ข้อมูลที่จะถูกวิเคราะห์คือ MT-Adj =  $\ln(\text{MT})$



ภาพที่ 4.51 ค่า  $\lambda$  Residual plot ของชุดข้อมูล MT-Adj (หลังเปลี่ยนแปลงข้อมูล)

จากภาพที่ 4.51 สามารถสรุปผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของพื้นที่สนับสนุนการทรงตัวได้ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) จะสามารถดูได้จากกราฟ Normal Probability Plot ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่จัดเรียงตัวอยู่ตามแนวเส้นตรงและมีค่า P-value ของการทดสอบการแจกแจงแบบปกติเท่ากับ 0.070 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

2) การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวนคงที่ (Variance Stability) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Fitted Value ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) รอบแนวแกนศูนย์และข้อมูลไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือรูปแบบที่คล้ายกรวยปากเปิด จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีค่าความแปรปรวนคงที่

3) จากกราฟ Histogram จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของส่วนตกค้างที่มีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

4) การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence of Residual) จะสามารถดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่ไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้มหรือรูปร่างที่แน่นอน จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

#### 4.2.3.3.2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติภาพรวมของชุดข้อมูล MT

จากการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล และทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเป็นการกระจายตัวแบบปกติแล้วจึงทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี DOE – General Full Factorial เพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด MT แสดงในภาพที่ 4.52

General Linear Model: Movement time of ID_3.30 (sec) versus Subject, Sleeping Period						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Subject	Fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6			
Sleeping Period	Fixed	5	4, 5, 6, 7, 8			
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Subject	5	118.33	23.667	121.56	0.000	
Sleeping Period	4	774.18	193.545	994.08	0.000	
Subject*Sleeping Period	20	79.17	3.959	20.33	0.000	
Error	3296	641.73	0.195			
Total	3325	1671.54				
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
0.441246	61.61%	61.27%	60.96%			

ภาพที่ 4.52 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า MT

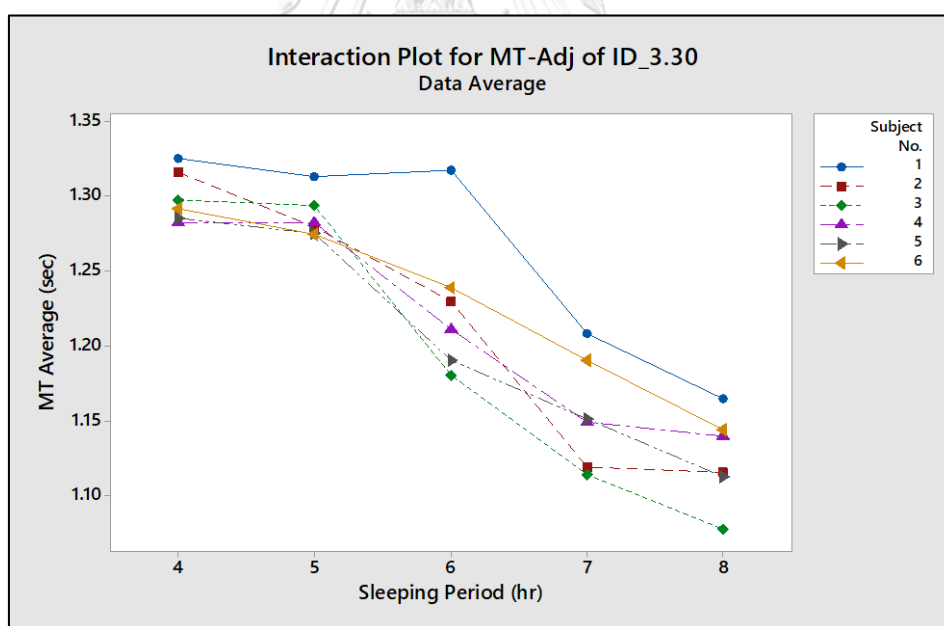
ตารางที่ 4.19 ค่า p-value ของปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลต่อตัวชี้วัด MT-Adj<sub>ID=3.30</sub>

Factor	p-value
Subject	< 0.0005*
Sleeping Period	< 0.0005*
Subject * Sleeping Period	< 0.0005*

\*p-value < 0.05

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ DOE General Full Factorial พบว่าปัจจัยหลักเช่น ผู้เข้าร่วมการทดลอง ระยะเวลาในการนอนหลับ มีอิทธิพลต่อค่า MT-Adj<sub>ID=3.30</sub> ให้มีความแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (p-value < 0.0005)

นอกจากนี้ยังพบอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองกระทำร่วมกับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ (p-value < 0.0005) ดังแสดงในภาพที่ 4.53



ภาพที่ 4.53 Interaction Plot ของค่า MT-Adj สำหรับปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ

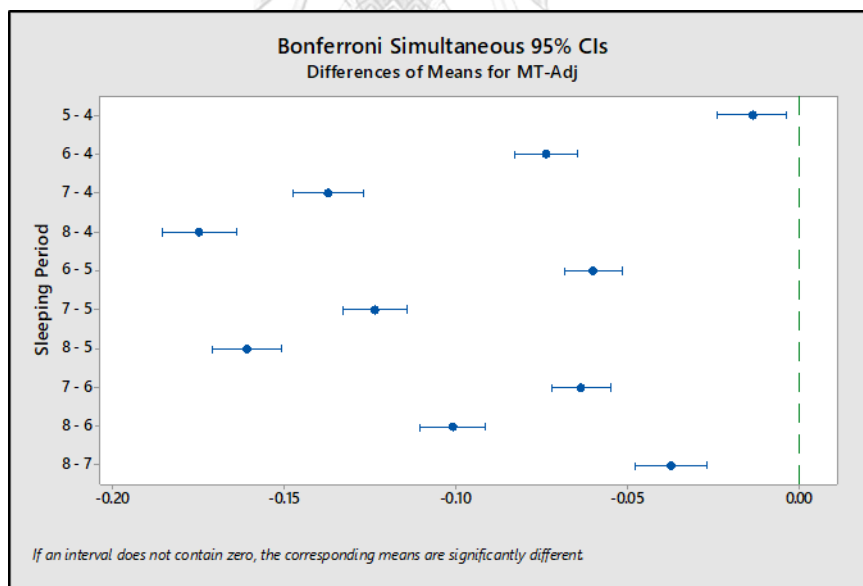
จากภาพที่ 4.53 Interaction Plot พบว่าผลจากการกระทำร่วมระหว่างปัจจัยด้านผู้เข้าร่วมการทดลองและปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับมีผลให้ค่า MT-Adj ระหว่างบุคคลเมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับเปลี่ยนแปลงไปมีความแตกต่างกัน เช่น เมื่อระยะเวลาในการนอนหลับของ

ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมงไปจนถึง 8 ชั่วโมง ค่า MT-Adj ก็จะมีแนวโน้มลดลง ส่วนผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 3 จะมีแนวโน้มการลดลงของค่า MT-Adj ด้วยความชันที่มากกว่า ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 และการลดลงของค่า MT-Adj ของผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจะลดลง ด้วยความชันที่แตกต่างกันในทุกๆช่วงของระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไป

ปัจจัยหลักด้านผู้เข้าร่วมการทดลองมีอิทธิพลต่อค่า MT-Adj โดยจะเห็นได้ว่ากราฟเส้นที่ แสดงค่า MT-Adj ของผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจะมีลักษณะไม่ขนานกันและมีความชันที่แตกต่าง กัน

ปัจจัยหลักด้านระยะเวลาในการนอนหลับจะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการนอนหลับ เปลี่ยนแปลงไปจาก 4 ชั่วโมงเป็น 8 ชั่วโมง ค่า MT-Adj ของผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนจะมีการ เปลี่ยนแปลงไปในทุกๆช่วงของระยะเวลาในการนอนหลับและมีค่าที่แตกต่างกัน

เมื่อวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยวิธี Bonferroni Test เพื่อศึกษาพฤติกรรมในแต่ละระดับปัจจัยโดย สังเกตจากการซ้อนทับกันของคู่ความเชื่อมั่นและการจัดกลุ่ม (Grouping Information) จากค่าปัจจัย ของระยะเวลาในการนอนหลับของผู้เข้าร่วม ดังแสดงในภาพที่ 4.54 และ ภาพที่ 4.55



ภาพที่ 4.54 Bonferroni Test ของปัจจัยระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (MT-Adj)

Comparisons for MT-Adj				
Bonferroni Pairwise Comparisons: Response = MT-Adj, Term = Sleeping Period				
Grouping Information Using the Bonferroni Method and 95% Confidence				
Sleeping Period	N	Mean	Grouping	
4	494	1.30084	A	
5	701	1.28713	B	
6	1060	1.22706	C	
7	610	1.16345		D
8	461	1.12608		E

Means that do not share a letter are significantly different.

ภาพที่ 4.55 ผล Grouping Information ของการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ระดับ (MT-Adj)

จากภาพที่ 4.54 เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงช่วงความเชื่อมั่นจะพบว่า ค่า MT-Adj มีแนวโน้มลดลงตลอดระดับปัจจัยด้านระยะเวลาในการนอนหลับ โดยพบความเปลี่ยนแปลงในทุกๆ 1 ชั่วโมง เมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับที่เพิ่มขึ้น และเริ่มสังเกตเห็นได้ตั้งแต่ช่วงระยะเวลาในการนอนหลับที่เพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมงเป็น 5 ชั่วโมงเป็นต้นไป

การวิเคราะห์ร่วมกับ Pairwise Comparison เพื่อจัดกลุ่มค่า MT-Adj ในภาพรวม ดังภาพที่ 4.55 พบว่า ตลอดช่วงที่มีระยะเวลาในการนอนหลับที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 ชั่วโมง ค่า MT-Adj จะมีค่าลดลง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการจัดกลุ่มพบว่าระยะเวลาในการนอนหลับที่ 4 ชั่วโมง ค่า MT-Adj จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม A และเมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับ 5 ชั่วโมงก็จะเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์เข้าสู่กลุ่ม B และมีการเปลี่ยนกลุ่มอย่างต่อเนื่องในทุกๆช่วงระยะเวลาในการนอนหลับที่เปลี่ยนแปลงไป จนถึงช่วงระยะเวลาในการนอนหลับที่มากที่สุดของงานวิจัยคือ 8 ชั่วโมงต่อวันจะจัดให้อยู่ในกลุ่ม E ตามลำดับ

การวิเคราะห์ Pairwise Comparison ของค่า MT ในภาพรวมของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คนเพียงอย่างเดียว อาจให้ผลที่คลาดเคลื่อนได้เนื่องจากธรรมชาติของมนุษย์ที่มีความหลากหลาย ผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจึงมีค่า MT (ID=3.30) ที่แตกต่างกัน และมีสมรรถนะในการทรงตัวที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ Pairwise Comparison เป็นรายบุคคลเพิ่มเติมเพื่อศึกษาแนวโน้มและลักษณะพฤติกรรมของค่า MT ของผู้ร่วมทดสอบแต่ละคน ผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ Pairwise Comparison สำหรับค่า MT แบบรายบุคคล

ผู้เข้าร่วมการทดสอบ	ระยะเวลาในการนอนหลับ (ชม.)					แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง	จุดที่พบความเปลี่ยนแปลง (ชม.)
	8	7	6	5	4		
1	C	B	A	A	A	เพิ่มขึ้น	7
2	D	D	C	B	A	เพิ่มขึ้น	6
3	D	C	B	A	A	เพิ่มขึ้น	7
4	C	C	B	A	A	เพิ่มขึ้น	6
5	D	C	B	A	A	เพิ่มขึ้น	7
6	D	C	B	A	A	เพิ่มขึ้น	7

จากตารางที่ 4.20 พบว่า ผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 6 คน (100%) มีค่า MT ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลง โดยวิเคราะห์ได้จากการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 8 ชั่วโมงต่อวันไปจนถึง 4 ชั่วโมงต่อวันได้ดังต่อไปนี้

ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 1 พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์จากกลุ่ม C เป็นกลุ่ม B ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 7 ชั่วโมงต่อวัน และผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 2 พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์จากกลุ่ม D เป็นกลุ่ม C ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 6 ชั่วโมงต่อวัน ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 3, 5, 6 พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์จากกลุ่ม D เป็นกลุ่ม C ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 7 ชั่วโมงต่อวัน ผู้เข้าร่วมการทดลองคนที่ 4 พบการเปลี่ยนกลุ่มอย่างสมบูรณ์จากกลุ่ม C เป็นกลุ่ม B ที่ระยะเวลาในการนอนหลับ 6 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าค่า MT ของผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับผลกระทบจากระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

#### 4.2.3.3.3 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อนสำหรับค่า MT ที่ ค่า ID 3.30

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน โดยวิธี Regression Analysis จากโปรแกรม Minitab แสดงได้ตามภาพที่ 4.65

Regression Analysis: Movement time of ID_3.30 (sec) versus Sleeping Period						
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Regression	1	763.54	763.541	2795.16	0.000	
Sleeping Period	1	763.54	763.541	2795.16	0.000	
Error	3324	908.00	0.273			
Lack-of-Fit	3	24.23	8.077	30.35	0.000	
Pure Error	3321	883.77	0.266			
Total	3325	1671.54				
Model Summary						
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
	0.522653	45.68%	45.66%	45.62%		
Coefficients						
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	4.7348	0.0444	106.64	0.000		
Sleeping Period	-0.38604	0.00730	-52.87	0.000	1.00	
Regression Equation						
Movement time of ID_3.30 (sec) = 4.7348 - 0.38604 Sleeping Period						

ภาพที่ 4.56 ผลการวิเคราะห์ Regression Analysis สำหรับค่า MT ที่ค่า ID 3.30

จากผลการวิเคราะห์ Regression Analysis ข้างต้นพบว่า สมการพยากรณ์ของค่า MT ที่ ID = 3.30 จากการทดสอบแบบ Fitts' Performance Test คือ

$$MT = 4.7348 - 0.38604 SP \dots\dots\dots (4.9)$$

จากภาพที่ 4.36 ค่า R-Square ของสมการพยากรณ์นี้คือ 0.46



สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการนอนหลับกับความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธีการทดสอบ mCTSIB และ Fitts' Performance Test ได้ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลสรุปการทดสอบความสามารถในการทรงตัวโดยวิธี mCTSIB และ Fitts' Performance test

วิธีการทดสอบ	ตัวชี้วัด	สภาวะการ ล้มตา-หลับตา	P-value จาก ระยะเวลาในการ นอนหลับ	แนวโน้มของ ตัวชี้วัดเมื่อ ระยะเวลาในการ นอนหลับลดลง	ระยะเวลาอน หลับที่พบความ เปลี่ยนแปลง (ชม.)	จำนวนผู้เข้าร่วม การทดลองที่พบ ความเปลี่ยนแปลง	R-Square จาก Regression
mCTSIB	SS	ล้มตา	<0.0005	เพิ่มขึ้น	6	6 (100%)	0.41 (สมการที่ 4.2)
		หลับตา	<0.0005				0.35 (สมการที่ 4.3)
	SL	ล้มตา	<0.0005	เพิ่มขึ้น	6	6 (100%)	0.37 (สมการที่ 4.5)
		หลับตา	<0.0005				0.2 (สมการที่ 4.6)
Fitts' Performance	Y- Intercept	-	0.582	คงที่	-	0 (0%)	0.0 (สมการที่ 4.7)
	IP	-	<0.0005	ลดลง	6	5 (80%)	0.08 (สมการที่ 4.8)
Fitts' Performance (ID = 3.30)	MT	-	<0.0005	เพิ่มขึ้น	6	6 (100%)	0.46 (สมการที่ 4.9)

## บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

#### 5.1.1 สรุปผลการทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี mCTSIB

ตัวชี้วัด SS (Support Surface) สามารถแสดงถึงผลกระทบของการนอนน้อยต่อความสามารถในการทรงตัว และสภาวะการล้มตา-หลับตาไม่มีอิทธิพลต่อค่า SS ให้มีความแตกต่างกัน และตัวชี้วัด SL (Statokinesigram Length) สามารถแสดงถึงผลกระทบของการนอนน้อยต่อความสามารถในการทรงตัว สภาวะการล้มตา-หลับตาไม่มีอิทธิพลให้ค่า SL มีความแตกต่างกัน ตัวชี้วัดทั้ง 2 ตัว มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลงจะส่งผลให้ค่า SS และ SL เพิ่มขึ้น โดยตรวจพบความผิดปกติของการทรงตัวได้เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับลดลงจาก 8 ชั่วโมงต่อวันเหลือ 6 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า SS และ SL เป็นผลมาจากประสิทธิภาพของระบบประสาทส่วนกลางที่ลดลงเมื่อร่างกายมีการนอนหลับที่ไม่เพียงพอหรือนอนน้อย

การทดสอบสมรรถนะการทรงตัวด้วยวิธี mCTSIB เป็นวิธีที่สามารถตรวจพบความผิดปกติของสมรรถนะการทรงตัวเมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีสภาวะการนอนน้อยหรือพักผ่อนไม่เพียงพอได้ดีระดับหนึ่ง แต่จากการทดสอบแบบ Pairwise Comparison แบบรายบุคคลพบว่า ค่า SS และ SL ของผู้เข้าร่วมการทดลองส่วนใหญ่ไม่ได้มีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปมากนักเมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

#### 5.1.2 สรุปผลการทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี Fitts' Performance Test

ตัวชี้วัด ค่าจุดตัดแกน Y (Y-intercept) ไม่แสดงถึงผลกระทบของระยะเวลาในการนอนหลับต่อความสามารถในการทรงตัวของร่างกาย ภาวะนอนน้อยจึงไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานง่ายๆ เพราะความเร็วในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางความดันไม่ได้รับผลกระทบเมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลง และตัวชี้วัด IP (Index of Performance) สามารถแสดงถึงผลกระทบของการนอนน้อยต่อความสามารถในการทรงตัวได้ โดยพบว่าค่า IP มีแนวโน้มลดลงเมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลง โดยตรวจพบความผิดปกติของความสามารถในการทรงตัวเมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับลดลงจาก 8 ชั่วโมงเหลือ 6 ชั่วโมงต่อวัน ผู้เข้าร่วมการทดลองจึงมีแนวโน้มที่จะควบคุมร่างกายเพื่อทำงานที่ต้องการความแม่นยำได้ช้าลง (ค่า IP ลดลง)

และที่ระดับดัชนีความยากของงานสูงขึ้นพบว่าผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องใช้เวลาในการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อมีระยะเวลาในการนอนหลับลดลง

#### 5.1.2.1 สรุปผลการทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี Fitts' Performance Test ที่ระดับความยากสูงสุดของงานวิจัย (ID = 3.30)

จากการประเมินสมรรถนะการทรงตัวแบบ Fitts' Performance Test ในภาพรวม พบว่าดัชนีสมรรถนะ (IP) มีแนวโน้มลดลงเมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมีระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลง ซึ่งงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่ต้องการจะขึ้นตอนหรือลดระยะเวลาในการทดสอบสมรรถนะการทรงตัวลง เพื่อให้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม จึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมที่ระดับดัชนีความยากของงานสูงสุดของงานวิจัยคือที่ค่า ID = 3.30 ด้วยตัวชี้วัด MT (Movement Time)

ตัวชี้วัด MT (Movement Time) จากการทดสอบด้วยค่าดัชนีความยากของงาน (ID) สูงสุดสามารถแสดงถึงผลกระทบของระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลงต่อความสามารถในการทรงตัวได้ โดยพบความผิดปกติที่ระยะเวลาในการนอนหลับลดลงจาก 8 ชั่วโมงต่อวันเหลือ 7 ชั่วโมงต่อวัน

วิธีการทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี Fitts' Performance Test ที่ระดับดัชนีความยากสูงสุด (ID = 3.30) เพียงระดับเดียว สามารถใช้แสดงถึงผลกระทบของการนอนน้อยได้ เช่นเดียวกับการทดสอบด้วยระดับดัชนีความยากของงาน 3 ระดับ เพราะจากผลการทดลองพบว่าที่ระดับความยากของงานสูงๆ ร่างกายจะตอบสนองช้าลงเมื่อมีการพักผ่อนที่ไม่เพียงพอ และสามารถตรวจพบความผิดปกติของการทรงตัวได้ เพื่อให้สามารถลดระยะเวลาหรือลดขั้นตอนในการทดสอบสมรรถนะการทรงตัวลง งานวิจัยนี้จึงแนะนำให้ทำการทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี Fitts' Performance Test ด้วยค่า ID=3.30 เพียงระดับเดียวและวิเคราะห์ผลด้วยค่า MT ก็จะสามารถช่วยลดขั้นตอนและลดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลลงได้มาก

#### 5.1.3 สรุปผลงานวิจัยทั้งหมด

จากผลของการทดลองทั้งหมดพบว่า ระยะเวลาในการนอนหลับที่ลดลงมีผลทำให้ความสามารถในการทรงตัวลดลงตามไปด้วย และสามารถตรวจพบได้ด้วยวิธีการทดสอบความสามารถในการทรงตัวในท่ายืน ในการทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี mCTSIB พบว่าสภาวะการล้มตาหรือหลับตาไม่ส่งผลกระทบต่อตัวชี้วัด SL และตัวชี้วัด SS ให้เปลี่ยนแปลงไป จึงสามารถทำการทดสอบเพียงสภาวะการหลับตาหรือล้มตาเพียงอย่างเดียวได้ เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการทดสอบสมรรถนะการทรงตัว งานวิจัยนี้แนะนำให้เลือกทดสอบในสภาวะหลับตาเพราะ การหลับตาสามารถช่วยลดการมองเห็นสิ่งรบกวนในขณะที่ทำการทดสอบได้ ทำให้การทดสอบมีความแม่นยำมากขึ้น และ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของค่า SS เพียงค่าเดียว เพราะสามารถแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของระยะเวลาในการนอนหลับได้ดี

ในการทดสอบแบบ Fitts' Performance Test นั้นสามารถทำการทดสอบด้วยระดับดัชนีความยากของงานสูงๆ (ID = 3.30) เพียงระดับเดียว และทำการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ระหว่างเป้าหมาย (MT) ก็จะสามารถตรวจพบความผิดปกติของการทรงตัวอันเป็นผลกระทบที่เกิดจากการนอนน้อยหรือมีระยะเวลาในการนอนหลับที่ไม่เพียงพอและยังช่วยลดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลการทรงตัวอีกด้วย

ระยะเวลาในการนอนหลับที่ 6 ชั่วโมงต่อวันหรือน้อยกว่า จะเริ่มส่งผลกระทบต่อความสามารถในการควบคุมร่างกายเพื่อการทรงตัว แต่จะมีผลกระทบชัดเจนในการทำงานที่มีระดับความยากของงานสูงๆ ส่วนในการทำงานง่ายๆ จะไม่ได้รับผลกระทบจากการนอนน้อย ตามผลจากตัวชี้วัด Y-Intercept ดังนั้น ผู้ที่นอนน้อยหรือพักผ่อนไม่เพียงพอจะยังคงสามารถทำงานในระดับง่ายๆ ได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพในการทำงานมากนัก

#### 5.1.4 ข้อเสนอแนะ

การใช้เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ ทำให้การเก็บข้อมูลการนอนหลับ มีความน่าเชื่อถือมากกว่าการใช้แบบสอบถามการนอนหลับเพียงอย่างเดียว เพราะเป็นการยากที่ผู้เข้าร่วมการทดลองจะสามารถระบุเวลาที่นอนหลับของตนเองได้ แต่มีข้อควรระวังคือ จำเป็นที่จะต้องสวมใส่เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือให้แน่นอยู่เสมอ และควรสวมใส่ล่วงหน้าอย่างน้อย 1 ชั่วโมงก่อนเริ่มการบันทึกผลการนอนหลับ เพื่อการแสดงข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ

การควบคุมการเก็บข้อมูลให้เกิดขึ้นในช่วง 7.00น. – 9.00น. และควบคุมไม่ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองดื่มกาแฟหรือเครื่องดื่มชูกำลังก่อนการเข้าร่วมการทดลอง ตลอดช่วงระยะเวลา 3 เดือน ทำให้การเก็บข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพราะช่วยลดโอกาสของการเกิดกิจกรรมที่ทำให้ผู้เข้าร่วมการทดลองมีอาการตื่นตัวมากกว่าปกติลงได้ ซึ่งทำให้สภาวะที่เกิดจากการนอนหลับไม่เพียงพอยังคงสามารถตรวจพบได้

การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าตัวชี้วัดต่างๆ จากงานวิจัยนี้ยังเป็นลักษณะที่ยังเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง และยังไม่เห็นจุดสิ้นสุดของการเปลี่ยนแปลง เพราะเนื่องจากงานวิจัยนี้ทำการศึกษาและทดลองกับช่วงระยะเวลาในการนอนหลับที่ 4 – 8 ชั่วโมงต่อวันเท่านั้น

ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้รับจากวิธี Fitts' Performance Test จะมีความน่าเชื่อถือมากกว่าข้อมูลที่ได้รับจากวิธี mCTSIB เพราะในการเก็บข้อมูลของวิธี Fitts' Performance จะใช้

วิธีการคลิกเมาส์เพื่อยืนยันตำแหน่งของการเคลื่อนที่เมื่อเข้าถึงเป้าหมายแล้ว ต่างจากวิธี mCTSIB ที่อาจได้รับข้อมูลที่ผิดพลาดจากการเสียหลักการทรงตัวในขณะที่ยืนนิ่งของผู้เข้าร่วมการทดลองได้

วิธีทดสอบสมรรถนะการทรงตัวที่งานวิจัยนี้แนะนำคือ วิธีการทดสอบสมรรถนะการทรงตัวแบบ Fitts' Performance Test และทดสอบด้วยค่าดัชนีความยากของงาน (ID) เท่ากับ 3.30 เพียงระดับเดียว จะสามารถช่วยลดระยะเวลาในการทดสอบลงได้มาก จากเดิมที่ใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 15 นาทีต่อคน จะลดเหลือประมาณ 5 นาทีต่อคน เพื่อให้เหมาะสมกับการนำใช้งานจริงกับพนักงานจำนวนมากในโรงงานอุตสาหกรรม และให้วิเคราะห์ผลด้วยตัวชี้วัด ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (MT) เพียงค่าเดียว เพราะทำได้ง่ายและช่วยลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลลงได้มาก (ภาคผนวก จ)

### 5.1.5 แนวทางการประยุกต์งานวิจัยนี้

งานวิจัยได้พบว่าความสามารถในการทรงตัวสามารถสะท้อนถึงภาวะการพักผ่อนที่ไม่เพียงพอของบุคคลได้ เพราะเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะที่พักผ่อนไม่เพียงพอจะส่งผลกระทบต่อระบบประสาทและการประมวลผลของสมอง ซึ่งจะทำให้การควบคุมร่างกายให้เคลื่อนไหวในการทำงานที่ยากหรือต้องการความแม่นยำสูง ทำได้ช้าลง ดังนั้นผลที่ได้รับจากงานวิจัยนี้จึงอาจนำไปประยุกต์ใช้ในหลายทาง อาทิ

ใช้เพื่อประเมินความพร้อมของบุคคลก่อนการเริ่มการทำงานที่มีความเสี่ยง หรืองานที่มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย เพื่อป้องกันหรือลดโอกาสของผู้ปฏิบัติงานที่มีภาวะการนอนน้อยไม่ให้เข้าไปทำงานที่อาจเป็นอันตรายถึงชีวิต เช่น การทำงานในที่สูง การทำงานกับเครื่องจักรที่มีอันตราย การขับชี่ยานพาหนะ เป็นต้น

ใช้เป็นเกณฑ์เพื่อการแนะนำระยะเวลาในการนอนหลับที่เหมาะสมต่อผู้ปฏิบัติงานเพื่อให้สามารถเตรียมความพร้อมของร่างกายก่อนการทำงานและทราบถึงผลกระทบของภาวะการนอนน้อยที่อาจส่งผลให้สมรรถภาพของร่างกายในการทำงานลดลงได้

### 5.1.6 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป

จากการสรุปผลของงานวิจัยนี้พบว่า ผลกระทบต่อความสามารถในการทรงตัวของผู้เข้าร่วมการทดลองค่อนข้างจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมดเป็นบุคคลที่มีอาชีพเดียวกันและมีวิถีชีวิตและกิจกรรมในแต่ละวันไม่แตกต่างกันมากนัก งานวิจัยในอนาคตจึงควร จะทำการวิจัยและเก็บข้อมูลกับอาสาสมัครจากกลุ่มอาชีพที่หลากหลายมากขึ้นหรือทำการเก็บข้อมูลกับอาสาสมัครที่ทำงานในกะกลางคืน เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความชัดเจนของพฤติกรรมของ

ข้อมูลให้มากขึ้นและอาจทำการทดลองด้วยวิธีการที่งานวิจัยนี้แนะนำคือ ใช้วิธีทดสอบ Fitts't Performane Test ด้วยค่า ID = 3.30 และวิเคราะห์ผลด้วยตัวชี้วัด MT เพียงค่าเดียว เพื่อช่วยลดเวลาในการทดสอบสมรรถนะและวิเคราะห์ข้อมูลของตัวชี้วัด เพื่อให้สามารถพัฒนาวิธีการที่สามารถตรวจพบภาวะการนอนน้อยของบุคคลได้ก่อนเริ่มการทำงานจนสามารถนำไปใช้งานจริงได้ในอนาคตต่อไป



## รายการอ้างอิง

- Beare, P. G., & Myers, J. L. (1994). *Principle and Practice of Adult Health Nursing*. United Stage of America: year Book Inc.
- Beck, S. L. (1992). *Measuring sleep*. Boston: Oncology Nursing Society.
- Bonnet, M. H., & Arand, D. L. (1995). We are Chronically Sleep Deprived. *Sleep*, 18(1), 908–911.
- Brandenberger, G., Gronfier, C., Chapotot, F., Simon, C., & Piquard, F. (2000). Effect of sleep deprivation on overall 24 h growth-hormone secretion. *Lancet*, 21(356), 1408.
- Brown, F. C., Buboltz, W. C., Jr., & Soper, B. (2002). Relationship of sleep hygiene awareness, sleep hygiene practices, and sleep quality in university students. *Behav Med*, 28(1), 33-38. doi:10.1080/08964280209596396
- Buysse, D., Reite, M., Reynolds, C., & Mendelson, W. (1995). The use of polysomnography in the evaluation of insomnia. *Sleep*, 18(1), 58–70.
- Chandra, L., & Susan, R. (2013). Association between sleep duration and diabetes in black and white adults. *DIABETES CARE*, 36, 3557-3565.
- Clark., Ross, A., & others., a. (2009). Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessing standing balance. *Gait & Posture*, 31, 307-310.
- Ellis, B. W., Johns, M. W., Lancaster, R., Raptopoulos, P., Angelopoulos, N., & Priest, R. G. (1981). The St. Mary's Hospital sleep questionnaire: a study of reliability. *Sleep*, 4(1), 93-97.
- Engle, F. M., Riela, S., Golan, R., Ventuneac, A. M., Davis, C. M., Jefferson, A. D., & Major, D. (2003). The effect of sleep loss on next day effort. *Journal of Sleep Research*, 12(2), 113-124.
- Fabbri., Marco., & others., a. (2006). Postural control after a night without sleep. *Neuropsychologia*, 44(2520-2525).
- Guichard, J. (2015). Heart Health Available from: <https://myheart.net/articles/what-is-a-normal-heart-rate/> [September 11, 2015].

- Harrison Y, H. J. (2000). The impact of sleep deprivation on decision making. *a review. J Exp Psychol Appl*, 6, 236-249.
- Hassan, S. D., Frank, A. S., Paul, F. J., Stefania, L.-F., & José, M. O. (2015). Short Sleep Duration and Dietary Intake. *American Society for Nutrition*, 6, 648–659.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2000). Principles of neural science. *The United States of America: The McGraw – Hill companies*.
- Khasnis, A., & Gokula, R. M. (2003). Romberg's test. *J Postgrad Med*, 49, 169-172.
- Landis, C. A. (2002). Sleep and methods of assessment. *The Nursing Clinics of North American Society for Nutrition*, 37(4), 583–597.
- MacKenzie, S., & I. (1992). Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction. *Human- Computer Interaction*, 7, 91-139.
- Mahon, N. E. (1995). The contributions of sleep to perceived health status during adolescence. *Public Health Nursing*, 12(2), 127–133.
- Mallik, M., Hall, C., & D., H. (1998). *Nursing knowledge and practice*. United Stage of America: Bailliere Tindall.
- Manista, a. A., A., Ahmed., & Gregory, C. (2012). Stability limits modulate whole-body motor learning. *J Neurophysiol*, 107, 1952-1961.
- Miyata, S., Noda, A., Ozaki, N., Hara, Y., Minoshima, M., Iwamoto, K., . . . Koike, Y. (2010). Insufficient sleep impairs driving performance and cognitive function. *Neurosci Lett*, 469(2), 229-233. doi:10.1016/j.neulet.2009.12.001
- Murray, M. P., Seireg, A. A., & Sepic, S. B. (1975). Normal postural stability and steadiness: quantitative assessment. *J Bone Joint Surg Am*, 57(4), 510-516.
- National.Sleep.Foundation. (2015). Recommends New Sleep Times. <https://sleepfoundation.org/press-release/national-sleep-foundation-recommends-new-sleep-times>.
- NeuroCom. (2012). *Balance Master*. Available from: <http://resourcesonbalance.com/neurocom/products/BalanceMaster.aspx>
- Pierre., Philip., & others., a. (2005). sleeprestriction and driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 473-478.



- Pilcher, J. J., D.R., G., & B., S. (1997). Sleep quality versus sleep quantity relationships between sleep and measure of health, well-being and sleepiness in college students. *Journal of Psychosomatic Research*, 42(6), 583–596.
- Sadeh, A., Hauri, P. J., Kripke, D. F., & Lavie, P. (1995). The role of actigraphy in the evaluation of sleep disorders. *Sleep*, 18(4), 288-302.
- Schwab, R. J. (1994). Disturbances of sleep in the intensive care unit. *Crit Care Clin*, 10(4), 681-694.
- Singh, N. A., Clements, K. M., & Fiatarone, M. A. (1997). sleep deprivation and daytime activities: a randomized controlled trial of the effect of exercise on sleep. *Sleep*, 20(2), 95-101.
- Smyth, C. (1999). *The Pitisburgh Sleep Quality Index (PSQI), Try this: best practices in nursing care to older adult from The Hartford Institute for Geriatric Nursing. Division of Nursing*. New York University: from [www.hartfordign.org](http://www.hartfordign.org).
- Snyder-Halpern, R., & Verran, J. A. (1987). Instrumentation to describe subjective sleep characteristics in healthy subjects. *Res Nurs Health*, 10(3), 155-163.
- Sorrentino, S. A. (1995). *Mosby's textbook of nursing assistants*. United State of America: Mosby Lifeline.
- St. Mary's Hospital Sleep. (2016). Sleep questionnaire. Available from: [https://www.stmarys.org/.../sleepmed\\_newadultpatientpacket\\_201605.pdf](https://www.stmarys.org/.../sleepmed_newadultpatientpacket_201605.pdf) .
- Vestibular Disorders Association [VEDA]. (2008). The Human Balance System – A Complex Coordination of Central and Peripheral Systems [Online]. Available from: <http://vestibular.org/understanding-vestibular-disorder/human-balance-system> [2014, August 10].
- Wright, B. M. (1971). A simple mechanical ataxia-meter. *Journal of Psychology*, 218, 27-28.
- Young, P. (1997). *Basic Clinical Neuroanatomy*. United States of America: Vicks Lithograph & Printing Corporation.
- เกษียรสม วีรานูวัตต์. (2542). 96 วิธีนอนหลับอย่างมีความสุข. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สุขภาพใจ.

ไทยรัฐออนไลน์., & มกราคม 2560. (2560). ชาวทั่วไทย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<https://www.thairath.co.th/content/826537> [2 มกราคม 2560].

กองทุนเงินทดแทน., ส. (2558). รายงานประจำปี 2558 กองทุนเงินทดแทน. กรุงเทพมหานคร:  
กระทรวงแรงงาน.

คณะแพทยศาสตร์ศิริราชเวช., โ. (2557). ความรู้สุขภาพ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<https://www.sleepcenterchula.org/index.php/th/2014-12-23-13-58-44/item/82-drowsy-driving> [23 ธันวาคม 2557].

ชนกพร จิตปัญญา. (2543). มโนคติและการวัดการนอนหลับ. วารสารพยาบาลศาสตร์. จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย, 12(1), 1-9.

วณัฐสุข สงวนศิริ., ส. (2016). สัญญาณหลับใน. *Bus & Truck 2016* [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<http://www.busandtruckmedia.com/page.php?a=10&n=125&cno=2347> [2559].

วรกต สุวรรณสถิตย์. (2546). การตรวจการนอนหลับในโรงพยาบาลรามารามธิบดี. วารสารรามาราม,  
โรงพยาบาลรามารามธิบดี, 9(2), 111-122.

วีรเกียรติ พันธุมะโอภาส. (2558). การเปรียบเทียบความสามารถในการทรงตัวระหว่างในสภาวะปกติ  
และในสภาวะอดนอนโดยใช้วี้อบาลานซ์บอร์ด. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.

อำนาจความปลอดภัย., ส. (2558). แผนอำนวยความสะดวกและปลอดภัยรองรับการเดินทางของ  
ประชาชนช่วงเทศกาลปีใหม่ 2559. กรุงเทพมหานคร :กระทรวงคมนาคม.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย  
(Informed Consent Form)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้าพเจ้า..... อายุ..... ปี

อาศัยอยู่บ้านเลขที่..... ถนน..... แขวง/ตำบล.....

เขต/อำเภอ..... จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์ .....

ขอแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยเรื่อง “ผลกระทบของระยะเวลาในการนอนหลับต่อการทรงตัวของร่างกาย”

โดยข้าพเจ้าได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและจุดมุ่งหมายในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย รวมทั้งแนวทางป้องกันและแก้ไขหากเกิดอันตรายขึ้น ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้

เพื่อให้แน่ใจว่าข้อกำหนดที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาได้รับความร่วมมือจากผู้เข้าร่วมการวิจัย ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ในข้างต้น ขอให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนยันดังต่อไปนี้ (กรุณาทำเครื่องหมาย / ในช่องว่างที่กำหนด)

ข้อ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รายละเอียด	ใช่	ไม่ใช่
1.	ข้าพเจ้าได้ใส่เครื่องติดตามกิจกรรมแบบสายรัดข้อมือ (Activity tracker) ที่ข้อมือด้านซ้าย ก่อนการเข้านอนและตลอดช่วงระยะเวลาที่นอนหลับ ในคืนก่อนมาร่วมการทดลอง		
2.	ข้าพเจ้ามีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์แข็งแรง และไม่ได้อยู่ระหว่างเข้ารับการรักษาอาการบาดเจ็บหรือผิดปกติทางสมองและกระดูกสันหลัง		
3.	ข้าพเจ้าไม่ได้รับประทานยาใดๆที่ส่งผลกระทบต่อระบบประสาทและอาจทำให้ร่างกายง่วงนอนอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนเข้าร่วมทำการทดลอง		
4.	ข้าพเจ้าไม่ได้ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และคาเฟอีนตั้งแต่คืนนอนจนกระทั่งมาร่วมการทดลอง		

ข้าพเจ้าได้ทราบถึงสิทธิ์ที่ข้าพเจ้าจะได้รับข้อมูลเพิ่มเติมทั้งทางด้านประโยชน์และโทษจากการเข้าร่วมการวิจัย และสามารถถอนตัวหรืองดเข้าร่วมการวิจัยได้ทุกเมื่อ โดยจะไม่มีผลกระทบต่อ การบริการและการรักษาพยาบาลที่ข้าพเจ้าจะได้รับต่อไปในอนาคต และยินยอมให้ผู้วิจัยใช้ข้อมูล ส่วนตัวของข้าพเจ้าที่ได้รับจากการวิจัย แต่จะไม่เผยแพร่ต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล โดยจะนำเสนอ เป็นข้อมูลโดยรวมจากการวิจัยเท่านั้น

หากข้าพเจ้าได้รับการปฏิบัติที่ไม่ตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงนี้ ข้าพเจ้าสามารถแจ้ง ให้คณาจารย์ทราบได้ที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330 โทรศัพท์: 02-218-6309-10 อีเมล: info@eng.chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้เข้าใจข้อความในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และหนังสือแสดงเจตนายินยอมนี้ ตลอดจนข้อดี ข้อเสีย ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมโครงการในครั้งนี้และข้าพเจ้ายินยอมที่จะเข้าร่วมใน โครงการดังกล่าว จึงลงลายมือชื่อไว้

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมการวิจัย

( )

วันที่.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY



มาตรฐาน ISO 9241

สมอ./สกท./FDNS(1)

20 พฤศจิกายน 2556

ห้ามใช้หรือยึดถือร่างนี้เป็นมาตรฐาน  
มาตรฐานฉบับสมบูรณ์จะมีประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ร่าง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

**การจัดสภาพการทำงานตามหลักการยศาสตร์ :**

**การทำงานกับคอมพิวเตอร์**

**ERGONOMIC REQUIREMENTS FOR OFFICE WORK WITH**

**VISUAL DISPLAY TERMINALS (VDTs)**

สำหรับเสนอคณะกรรมการพิจารณาร่างมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 0 2202 3455



การทำงานในสำนักงานที่มีการใช้คอมพิวเตอร์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อระบบงานขององค์กรปัจจุบัน ผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่มักใช้เวลาเกือบตลอดทั้งวันนั่งทำงานอยู่หน้าจอภาพ การกดแป้นพิมพ์ หรือการใช้เมาส์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน โดยไม่มีการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกาย ย่อมส่งผลต่อความคิดปกติของระบบ กระดูกและกล้ามเนื้อเนื่องจากการทำงานได้ เช่น อาการปวดเมื่อยล้าที่มือ หัวไหล่ หลัง เอว หรืออาจพบปัญหา อาการล้าของสายตา ดังนั้น การป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบดังกล่าวต้องพิจารณาปัจจัยเสี่ยงที่เป็นสาเหตุและการจัดหรือออกแบบสถานงานและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ให้เหมาะสมกับข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ รวมทั้งการจัดสิ่งแวดล้อมในการทำงานและกำหนดระยะเวลาการทำงานและเวลาพักที่เหมาะสม ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมข้อแนะนำด้าน การยศาสตร์การทำงานในสำนักงานที่มีการใช้คอมพิวเตอร์ขึ้น โดยจัดทำเป็นมาตรฐานแนะนำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับสภาพการทำงานได้ด้วยตนเอง

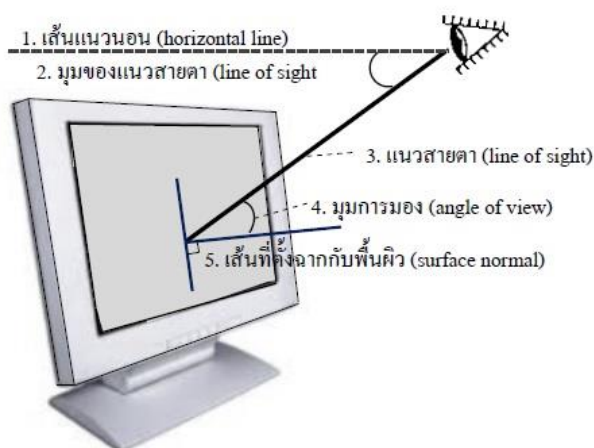
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้จัดทำขึ้นตามความร่วมมือด้านการมาตรฐานระหว่างสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กับสมาคมการยศาสตร์ไทย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้น โดยใช้ข้อมูลจากผู้ทำ ผู้ใช้ และเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ISO 9241-5:1999	Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 5: Workstation layout and postural requirements.
ISO 9241-6:1999	Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 6: Guidance on the work environment.
JIS Z 8513:1994	Ergonomics - Office work with visual display terminals (VDTs) – Visual display requirements
Occupational Safety and Health Branch, Labour Department:2008 มอก.2521 เล่ม 1-2553	Lighting assessment in the workplace  มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐานสำหรับการออกแบบเชิงเทคโนโลยี เล่ม 1: บทนิยาม และตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกาย
สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย:2000 สุขภาพอนามัยของผู้ทำงานกับคอมพิวเตอร์	ข้อแนะนำการส่องสว่างสำหรับห้องที่มีจอคอมพิวเตอร์ กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

### 3.2.4.3 มุมและระยะในการมอง

การปรับความสูงของจอแสดงผลเป็นสิ่งที่สำคัญ ผู้ใช้ควรสามารถปรับมุม เอียง หรือหมุนจอแสดงผลได้ในตำแหน่งที่ผู้ใช้ยังนึกว่าเป็นท่าทางการทำงานที่ผ่อนคลาย รวมถึงปราศจากแสงสะท้อนรบกวนและแสงจ้า (รูปที่ 4) โดยความสามารถในการปรับได้ควรจะทำด้วยกลไกที่สร้างขึ้นในจอแสดงผลหรือโดยอุปกรณ์พิเศษซึ่งอาจเป็นส่วนหนึ่งของโต๊ะ เก้าอี้ และอุปกรณ์ประกอบหรือแยกออกมาอีกส่วน โดยกลไกของการปรับระยะนั้นควรเข้าใจง่าย ชัดเจน ใช้แรงในการปรับที่น้อยและสะดวกต่อการใช้งาน ในการพิจารณาระยะห่างและมุมในการมอง ควรคำนึงถึงอายุของผู้ใช้งาน ลักษณะของงาน และท่าทางการทำงานที่เป็นไปตามธรรมชาติ



หมายเหตุ หมายเลข 1 คือ เส้นแนวนอน (horizontal line)

หมายเลข 2 คือ มุมของแนวสายตา (line of sight angle) หมายถึง มุมมองลง  $35 \pm 15^\circ$  จากเส้นแนวนอน

หมายเลข 3 คือ แนวสายตา (line of sight) หมายถึง แนวที่สายตามองมาที่จอแสดงผล

หมายเลข 4 คือ มุมการมอง (angle of view) หมายถึง มุมระหว่างเส้นที่ตั้งฉากกับพื้นผิวกับแนวสายตา ค่าที่เหมาะสมคือ  $0^\circ$  แต่สามารถปรับเพิ่มได้ไม่เกิน  $40^\circ$  ในกรณีที่ต้องการลดแสงจ้าจากการสะท้อน

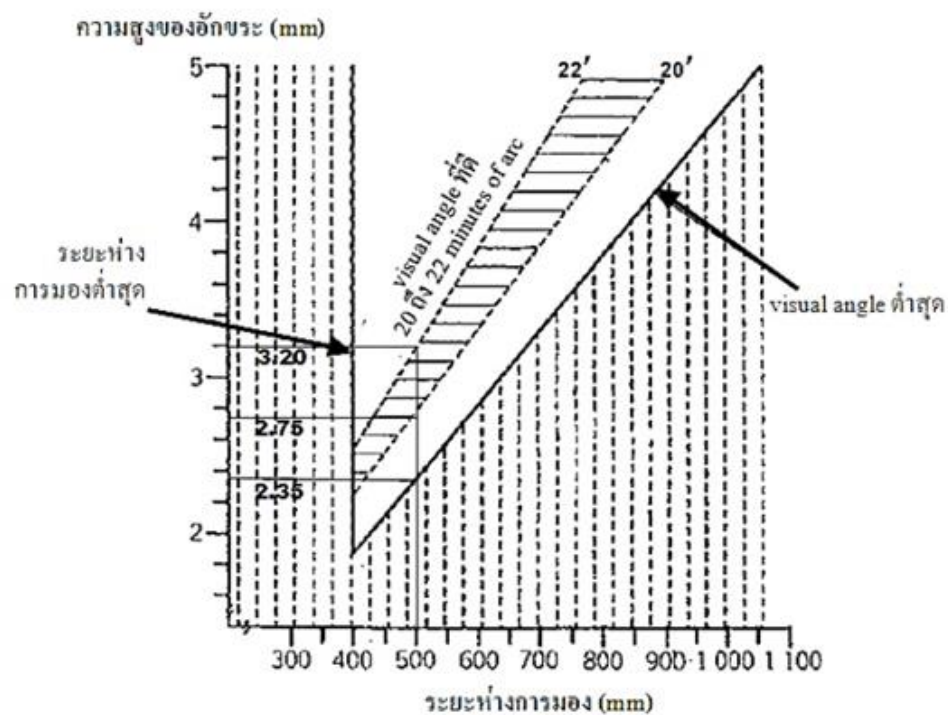
หมายเลข 5 คือ เส้นที่ตั้งฉากกับพื้นผิว (surface normal) กรณีจอโค้งเส้นนี้จะตั้งฉากกับเส้นสัมผัส ณ จุดนั้นๆ

รูปที่ 4 ข้อเสนอแนะสำหรับความสามารถในการปรับได้และมุมในการมอง

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระยะการมอง (viewing distance) จากจอแสดงผล คือ ระยะจากจุดกึ่งกลางจากจอแสดงผลมาถึงตา ซึ่งระยะที่เหมาะสมอยู่ในช่วง  $600 \text{ mm} \pm 150 \text{ mm}$  แต่ไม่ควรน้อยกว่า  $400 \text{ mm}$  ทั้งนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องอีก เช่น ความสูงของอักขระ (character height) ชนิดและขนาดของอักขระ แสงสว่างและการเปรียบเทียบของจอแสดงผล ขนาดความละเอียดของจอแสดงผล (pixel) และปัจจัยส่วนบุคคล เป็นต้น ทั้งนี้ สามารถศึกษาข้อมูลจากมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น ISO 9241, JIS Z 8513

จากรูปที่ 5 แสดงความสูงของอักขระที่เหมาะสมควรวอยู่ในช่วงมุม visual angle ที่ 20 ถึง 22 ลิปดา ดังนั้น ที่ระยะการมอง  $500 \text{ mm}$  ความสูงของอักขระบนจอแสดงผลที่เหมาะสมควรมีขนาด  $2.75 \text{ mm}$  ถึง  $3.20 \text{ mm}$  แต่ไม่ควรน้อยกว่า  $2.35 \text{ mm}$  ทั้งนี้ ความสูงของอักขระสามารถใช้ไม้บรรทัดวัดที่จอแสดงผลได้โดยตรง





ทำการทดลองตามแบบวิธีเดียวกับงานวิจัยของ วีระเกียรติ (2558)

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

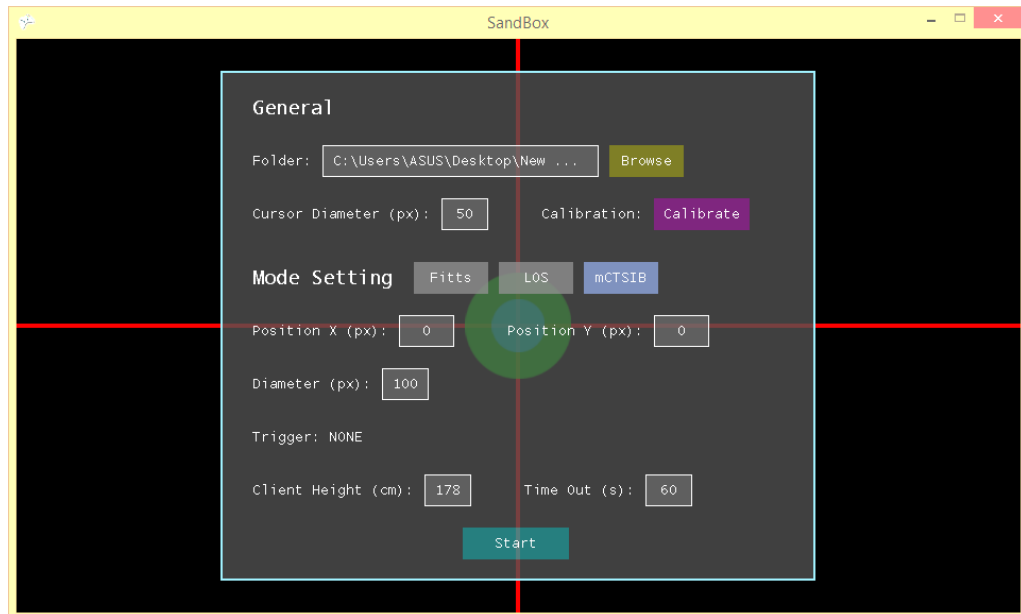
1. ชุดคอมพิวเตอร์แบบโน้ตบุ๊ก (Notebook) 1 เครื่อง พร้อมโปรแกรมทดสอบสมรรถนะการทรงตัว (Sand box) และอุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณไร้สายบลูทูธ (Bluetooth)
2. เมาส์ไร้สาย (Wireless Mouse) สำหรับคลิกในการทดลองแบบฟิตส์
3. เครื่องตรวจวัดแรง: นินเท็นโด วีโอบาลานซ์บอร์ด (Nintendo Wii Balance Board: WBB)

#### การเชื่อมต่อ WBB เข้ากับคอมพิวเตอร์

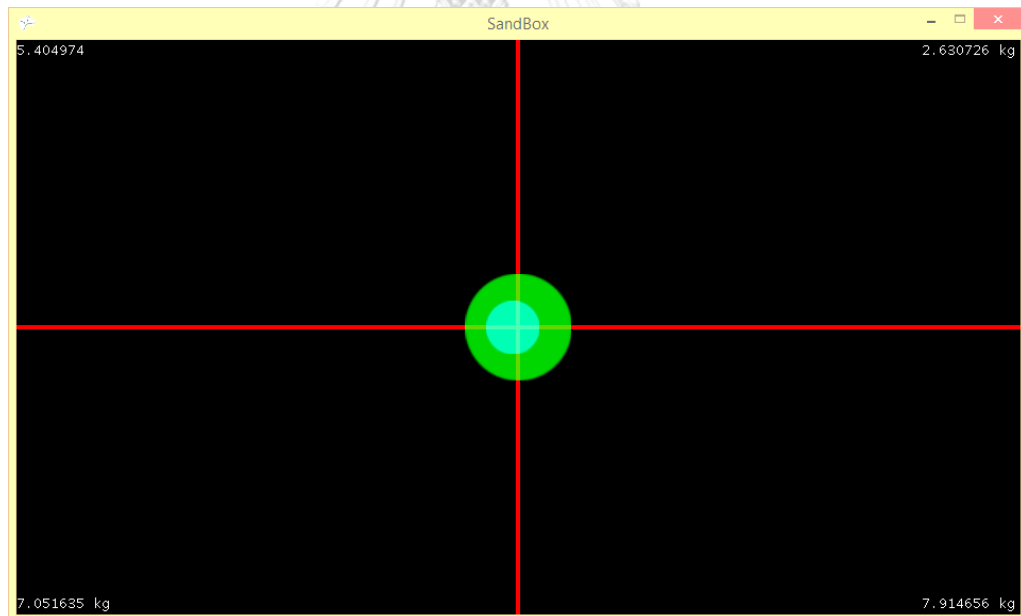
1. เปิดการใช้งานสัญญาณไร้สายบลูทูธของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อจับคู่กับอุปกรณ์ WBB
2. เชื่อมต่อ WBB เข้ากับคอมพิวเตอร์ โดยการเปิดโปรแกรม “Wii Pair” ในคอมพิวเตอร์
3. เปิดฝาปิดของช่องรับถ่านที่ด้านใต้ของ WBB จากนั้นกดปุ่ม “Connect” สีแดง ค้างไว้จนโปรแกรม “Wii Pair” ในคอมพิวเตอร์ทำงานเสร็จสมบูรณ์ โปรแกรม "Wii Pair" จะปิดหน้าต่างลงเองโดยอัตโนมัติ
4. เปิดโปรแกรม “SandBox” และกดเลือกการทดลองแบบต่างๆ เช่น mCTSIB หรือ Fitts' Performance
5. กดปุ่ม Browse เพื่อเลือก Folder ที่อยู่ในการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลดิบ

#### การทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี mCTSIB

1. เลือกเมนู mCTSIB เพื่อเริ่มการทดสอบแบบ mCTSIB
2. กำหนดเวลาในการทดลองโดยใส่ค่า “Time out (s)” หน่วยเป็นวินาที
3. กำหนดความสูงของผู้เข้าร่วมการทดลองหน่วยเป็นเซนติเมตรในช่อง “Client Height”
4. เริ่มทำการทดลองโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองขึ้นยืนตรงบน WBB โดยกำหนดตำแหน่งการวางเท้าดังภาพที่ 2.8 คือจุดกึ่งกลางของเท้าทั้งสองข้างอยู่ห่างกัน 20 เซนติเมตร
5. เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองยืนตัวตรงและนิ่งแล้ว ให้กดปุ่ม “Calibrate” ที่โปรแกรมเพื่อทำการปรับตั้งค่าพิกัด (x,y) เริ่มต้นของจุดศูนย์กลางความดัน (Center of pressure: COP) ให้อยู่ที่จุด (0,0)
6. ทำการทดลองโดยกดปุ่ม “Start” และให้ผู้เข้าร่วมการทดลองพยายามยืนตรงให้ร่างกายอยู่นิ่งที่สุด โปรแกรมจะทำการเก็บค่าพิกัดของจุด COP (x,y) โดยบันทึกลงใน Folder ที่ผู้ทำการวิจัยได้เลือกไว้



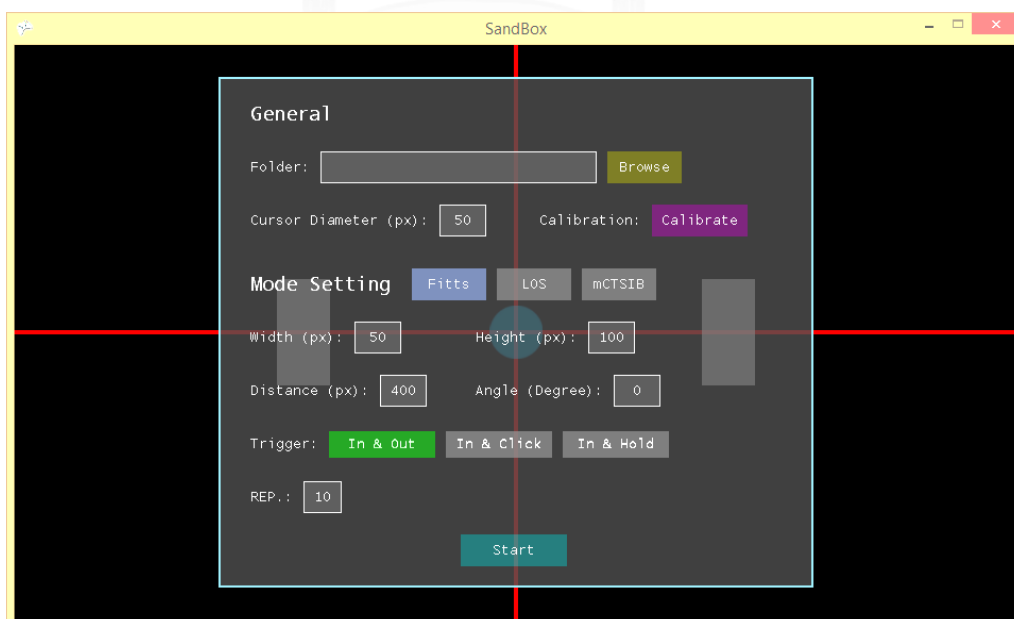
ภาพที่ ค.1 หน้าจอโปรแกรมทดสอบแบบ mCTSIB และการตั้งค่า



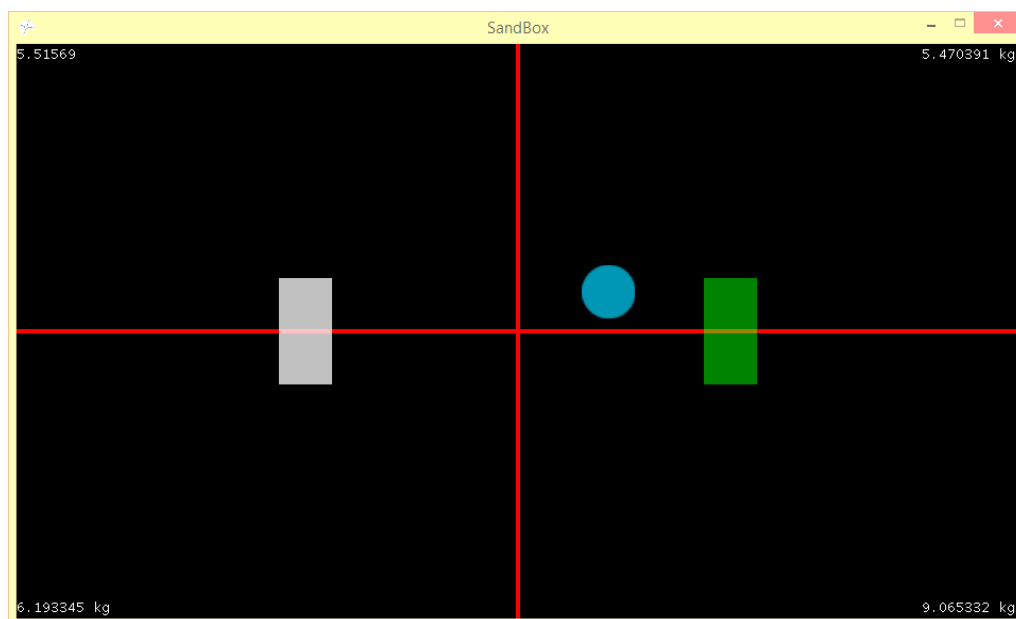
ภาพที่ ค.2 จอแสดงผลของโปรแกรมขณะทดสอบ mCTSIB

### การทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี Fitts' Performance Test

1. กำหนดเงื่อนไขการเข้าสู่เป้าหมายโดยเลือกที่ “In & Click” เพื่อกำหนดว่าหากผู้เข้าร่วมการทดลองควบคุมจุด COP เข้าไปไหนเป้าหมายแล้วจะต้องทำการกดคลิกซ้ายที่เมาส์เพื่อยืนยันว่าการเคลื่อนจุด COP มาที่เป้าหมายนี้เสร็จสมบูรณ์
2. กำหนดค่า “Width”, “Height”, “Distance” และ “Angle” เพื่อระบุ ความกว้าง, ความสูง, ระยะห่าง และทิศทางของเป้าหมาย (แสดงในภาพที่ ค8) ซึ่งค่าดังกล่าวจะอ้างอิงจากการคำนวณระดับดัชนีความยากของงาน (Index of Difficulty: ID) ที่เหมาะสมต่อการทดลอง
3. กำหนดจำนวนครั้งของการเคลื่อนที่ระหว่างเป้าหมายที่เหมาะสมต่อการทดลองที่ชื่อ “REP”
4. ทำการทดลองโดยโปรแกรมจะทำการกำหนดเป้าหมายตามขนาดที่ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 2 ผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องพยายามเคลื่อนจุด COP ไปหาเป้าหมาย (แสดงในภาพที่ ค9) และเมื่อจุด COP ของตนเองอยู่ในบริเวณเป้าหมายที่ต้องการแล้ว ผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องกดคลิกซ้ายที่เมาส์ เพื่อยืนยันว่าการเข้าสู่เป้าหมายนั้นสมบูรณ์แล้ว จากนั้น โปรแกรมจะระบุเป้าหมายใหม่ในตำแหน่งตรงข้าม ทำเช่นนี้จนครบตามจำนวนครั้งที่ระบุไว้ใน “REP” ในระหว่างการทดลองโปรแกรมจะเก็บค่าพิกัดของจุด COP (x,y) โดยบันทึกลงใน Folder ที่ผู้ทำการวิจัยได้เลือกไว้



ภาพที่ ค.3 หน้าจอโปรแกรมทดสอบแบบ Fitts's Performance Test



ภาพที่ ค.4 การเคลื่อนจุด COP เข้าหาเป้าหมายใน Fitts's Performance Test







ภาพที่ ง.1 ขณะทำการทดสอบแบบ Fitts



ภาพที่ ง.2 ขณะทำการทดสอบแบบ mCTSIB



## แบบบันทึกการนอนประจำวัน

ชื่อ.....		แบบสอบถาม			Activity Tracker			การดื่ม แอลกอฮอล์
ลำดับ	วันที่	เวลา เข้านอน	เวลา ตื่นนอน	ระยะเวลาใน การนอนหลับ	เวลา เข้านอน	เวลา ตื่นนอน	ระยะเวลาใน การนอนหลับ	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

ภาพที่ จ.1 แบบบันทึกการนอนประจำวัน



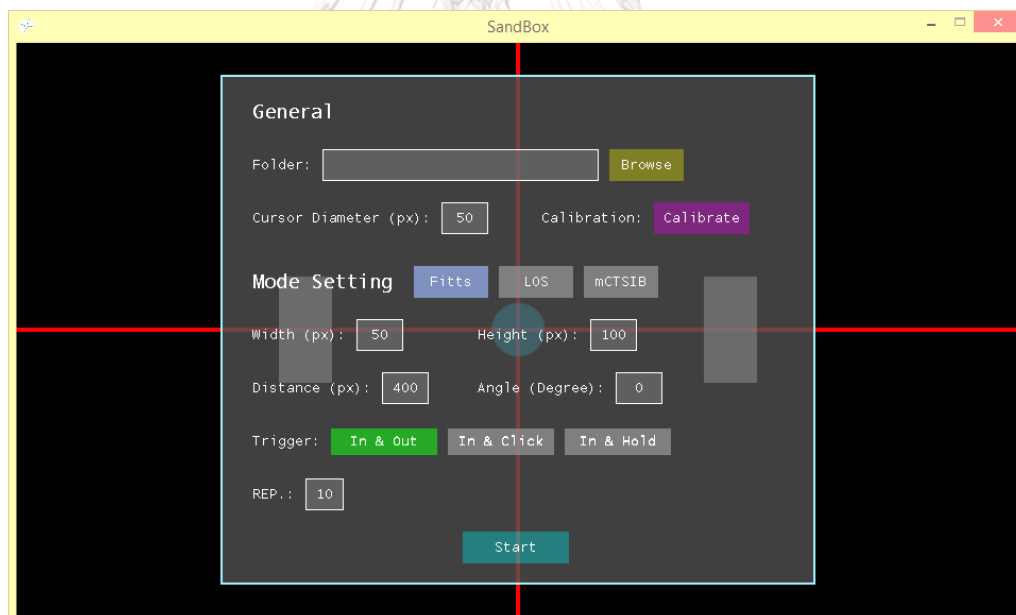
ภาคผนวก ฉ

ขั้นตอนการทดสอบสมรรถนะการทรงตัวจากผลสรุปของงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธี Fitts' Performance Test ที่ค่า ID = 3.30

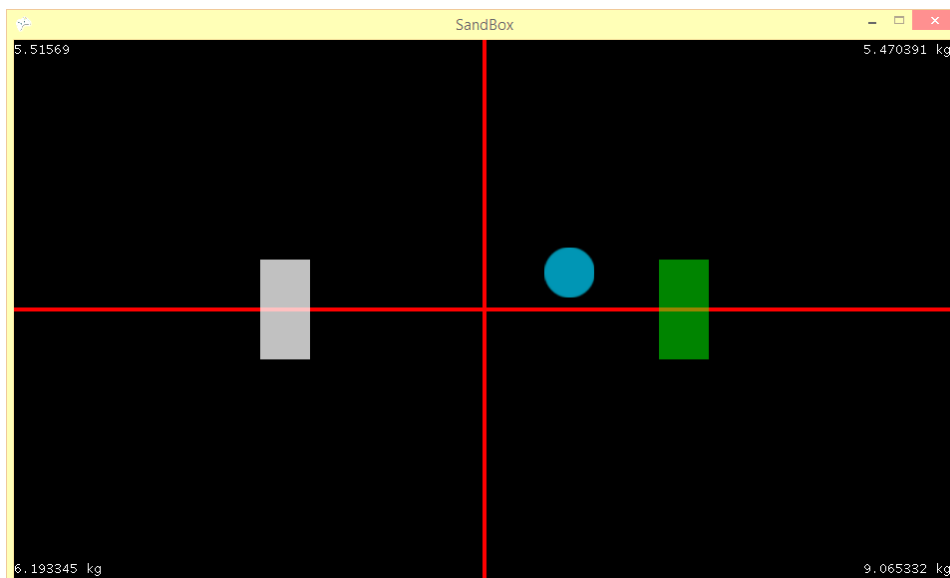
1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และจับคู่กับอุปกรณ์ WBB (ภาคผนวก ค)
2. เปิดโปรแกรม “SandBox” และกดเลือกการทดลองแบบ Fitts' Performance Test
3. กดปุ่ม Browse เพื่อเลือก Folder ที่อยู่ในการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลดิบ
4. กำหนดเงื่อนไขการเข้าสู่เป้าหมายโดยเลือกที่ “In & Click” เพื่อกำหนดว่าหากผู้เข้าร่วมการทดลองควบคุมจุด COP เข้าไปไหนเป้าหมายแล้วจะต้องทำการกดคลิกซ้ายที่เมาส์เพื่อยืนยันว่าการเคลื่อนจุด COP มาที่เป้าหมายนี้เสร็จสมบูรณ์
5. กำหนดค่า Width = 40, Height = 100, Distance = 354 และ Angle = 0 เพื่อระบุความกว้าง, ความสูง, ระยะห่าง และทิศทางของเป้าหมาย (แสดงในภาพที่ ฅ.1) ซึ่งค่าดังกล่าวจะอ้างอิงจากการคำนวณระดับดัชนีความยากของงาน (Index of Difficulty: ID) ที่ระดับ 3.30
6. กำหนดจำนวนครั้งของการเคลื่อนที่ระหว่างเป้าหมาย REP = 10



ภาพที่ ฅ.1 หน้าจอโปรแกรมทดสอบแบบ Fitts's Performance Test

7. ผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องพยายามเคลื่อนจุด COP ไปหาเป้าหมาย และเมื่อจุด COP ของตนเองอยู่ในบริเวณเป้าหมายที่ต้องการแล้ว ผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องกดคลิกซ้ายที่เมาส์ เพื่อยืนยันว่าการเข้าสู่เป้าหมายนั้นสมบูรณ์แล้ว จากนั้น โปรแกรมจะระบุเป้าหมายใหม่ในตำแหน่งตรงข้าม ทำเช่นนี้จนครบ 10 ครั้งทีระบุไว้ใน “REP” ใน

ระหว่างการทดลองโปรแกรมจะเก็บค่าพิกัดของจุด COP (x,y) โดยบันทึกลงใน Folder ที่ผู้ทำการวิจัยได้เลือกไว้



ภาพที่ ฉ.2 การเคลื่อนจุด COP เข้าหาเป้าหมายใน Fitts's Performance Test

8. นำค่าพิกัดของจุด COP (x,y) ที่บันทึกใน Folder ที่ผู้ทำการวิจัยได้เลือกไว้ไปคำนวณหาค่า MT เพื่อวิเคราะห์ถึงความสามารถในการทรงตัวต่อไป

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย คณิน คล้ายทับทิม เกิดเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม ปีพุทธศักราช 2530 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนหอวัง ลาดพร้าว จังหวัด กรุงเทพมหานคร ในการศึกษาในระดับปริญญาตรีได้สำเร็จการศึกษาในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน จังหวัดกรุงเทพมหานคร ปัจจุบันทำงานในตำแหน่ง หัวหน้าแผนกวิศวกรรมซ่อมบำรุงไฟฟ้าและวิศวกรควบคุมโครงการ บริษัท ชานมิเกล เพียร์ ประเทศไทย จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

