ความล้าของตาและจิตใจจากการใช้แว่นสามมิติแบบสเตอริโอสโคปิค

นางสาวสุชามาศ วรรณภาพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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 Graduate School.

VISUAL AND MENTAL FATIGUES FROM USING 3D STEREOSCOPIC GLASSES

Miss Suchamas Wannapaporn

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 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความล้าของตาและจิตใจจากการใช้แว่นสามมิติแบบสเตอริโอสโคปิค
โดย	นางสาวสุชามาศ วรรณภาพร
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์)

สุชามาศ วรรณภาพร : ความล้าของตาและจิตใจจากการใช้แว่นสามมิติแบบสเตอริโอสโคปิค (VISUAL AND MENTAL FATIGUE FROM USING 3D STEREOSCOPIC GLASSES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ.ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล, 138 หน้า.

เทคโนโลยีสามมิติได้นำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการผลิตภาพเสมือนจริงและได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนเป็นเครื่องฉายภาพสามมิติ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้เกิดภาพสามมิติขึ้น ทุกวันนี้ระบบการแสดงภาพสามมิติกลายเป็นที่รู้จักไปทั่วโลกเนื่องจากผู้ใช้ชอบในความสมบูรณ์แบบขององค์ประกอบทั้งแสงและภาพที่ทำให้เหมือนมีชีวิตจริงๆแต่ปัญหาอย่างหนึ่งที่อาจจะเกิดขึ้นกับผู้ที่ใช้เป็นเวลานานได้ก็คือ ความล้าของสายตา เพราะฉะนั้นการเปรียบเทียบความล้าทางสายตาที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้ระบบสองมิติกับสามมิติรวมไปถึงการหาระยะเวลาใช้งานและระยะเวลาพักที่เหมาะสมจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดอาการล้าได้

การดำเนินการวิจัยได้ทำการศึกษาจากอาสาสมัครที่มีอายุเฉลี่ย 23 ปีจำนวน 7 คน โดยให้ทำงานประเภทต่างๆ คือ การพิมพ์งาน การเล่นเกมสองมิติ การดูภาพยนตร์สองมิติ และการใช้แว่นสามมิติแบบสเตอริโอสโคปิคในการเล่นเกมและดูภาพยนตร์ ด้วยระยะเวลาทำงาน 30, 60 หรือ 90 นาที และระยะเวลาพัก 5 หรือ 15 นาที ระดับความล้าที่เกิดขึ้นจะทำการวัดจากแบบสอบถามก่อนและหลังการทดลอง, ค่าความถี่ในการมองเห็นแสงกระพริบหรือหยุดนิ่ง และระดับความเข้มสีผสมจากเครื่องตรวจจับสัญญาณการมองเห็น

ผลจากค่าความถี่ของแสงกระพริบและระดับความเข้มสีผสม พบว่า มีแนวโน้มการเกิดความล้าของสายตาไปในทิศทางเดียวกัน คือ การทำงานทุกประเภทตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไปทำให้เกิดความล้าทางสายตาได้ โดยที่การดูภาพยนตร์สามมิติจะเกิดอาการล้ามากที่สุดและเมื่อหยุดพักเป็นเวลา 15 นาที สายตาถึงจะมีแนวโน้มในการกลับคืนสู่สภาพปกติได้ ส่วนผลจากแบบสอบถามพบว่า การดูภาพยนตร์สามมิติ จะทำให้ระดับอาการแสบตา ปวดหัว ปวดตาและการกระพริบตาบ่อยมีความรุนแรงมากที่สุด สำหรับด้านจิตใจจะเกิดจากการเล่นเกมสามมิติมากที่สุด

ภาควิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2555

5370364621: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : VISUAL FATIGUE / STEREOSCOPIC GLASSES / CRITICAL FLICKER FREQUENCY / VISUAL SIGNAL DETECTION

SUCHAMAS WANNAPAPORN : VISUAL AND MENTAL FATIGUE FROM USING 3D STEREOSCOPIC GLASSES. ADVISOR : PHAIROAT LADAVICHITKUL, Ph.D., 138 pp.

3D technology was a part of producing realistic graphics and was developed to be the stereoscope which was a new invention could take photographic images in 3D. It becomes very well known now because users like more 3D environments complete with realistic lighting and complicated simulation of real-life graphics grace on screens but a problem is visual fatigue may occur to users from long period watching. A comparison of fatigue occurred while watching the 2D and 3D system and finding the appropriate watching and resting period for reducing the fatigue.

Seven volunteers with average age 23 years were chosen for this study. The conditions were typing with computer, playing a game and watching a movie in 2D or 3D system with 30, 60 or 90 minutes cross with rest 5 or 15 minutes. The fatigue level was measured by the critical flicker frequency, bicolor intensity from the visual signal detection and the questionnaires.

The results from the critical flicker frequency and the visual signal detection were similar. It was concluded visual and mental fatigue was apparent even with 30-minuted operation of all tasks but the most fatigue caused by watching a 3D movie and it could be recovered after a rest of 15-minuted. For the results from the questionnaires showed that the symptoms were burning sensation, headache, eye pain and frequent blinking caused by watching 3D movies the most. Moreover, the mental fatigue from playing a 3D computer game was found to be the most.

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

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

Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีได้เพราะ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆตลอดมา รวมถึงการตรวจสอบแก้ไขเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้นจากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย ผศ.ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, ผศ.ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศและนพ.อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณผู้ถูกทดสอบทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือด้วยดีตลอดการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือเพื่อให้ผู้ทำวิจัยมีเวลาในการทำวิทยานิพนธ์นี้อย่างเต็มที่

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 4

1.3 ขอบเขตงานวิจัย..... 5

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1 Visual Display Terminals..... 6

2.2 ระบบการมองเห็น..... 7

2.2.1 ลักษณะของนัยน์ตามนุษย์..... 7

2.2.2 ม่านตาและรูม่านตา..... 8

2.2.3 เลนส์ตาและการปรับตัวของเลนส์..... 8

2.2.4 จอตา..... 10

2.2.5 ระบบการหักเหและการรวมแสงของตา..... 10

2.2.6 การมองเห็นและความคมชัดของการเห็น..... 11

2.2.7 การเห็นภาพสี..... 12

2.2.8 การรับรู้ความลึกของภาพ..... 13

2.2.9 การมองภาพสามมิติ..... 14

2.3 กระบวนการรับรู้ในมนุษย์..... 15

2.4 ทฤษฎีสีของมันเซลล์..... 16

2.5 จอภาพ LCD..... 17

2.6 แว่นสามมิติ..... 18

2.7 การวัดสายตา..... 19

2.8 ความล้าของสายตา..... 20

2.9 การวัดความล้าของสายตา..... 21

บทที่ 3 วิธีการดำเนินศึกษาการวิจัย..... 24
3.1 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน..... 24
3.2 อุปกรณ์..... 25
3.3 ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล..... 27
3.3.1 ผู้ถูกทดสอบ..... 27
3.3.2 การฝึกหัด..... 27
3.3.3 การเก็บข้อมูล..... 27
3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 28
บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 29
4.1 วิเคราะห์ผลการฝึกหัดการใช้เครื่องมือวัดความล้าของผู้ถูกทดสอบ..... 29
4.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือวัดความล้าทางสายตา..... 30
4.2.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม..... 30
4.2.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่อง Critical Flicker Frequency (CFF) 34
4.2.3 วิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือ Visual Signal Detection (VSD) 51
4.2.4 วิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบผลความล้าทางสายตาจากเวลาทำงาน.. 58
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 60
รายการอ้างอิง..... 64
ภาคผนวก..... 66
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 138

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ตารางการวางแผนการทดลอง (Experimental Design Table).....	25
4.1	ข้อมูลตัวแปรต่อเนื่องของผู้ถูกทดสอบ.....	29
4.2	แสดงระดับนัยสำคัญที่คำนวณได้ของค่าความถี่ CFF-UP และ CFF-DOWN..	58
4.3	ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบพหุคูณของการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆที่ระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที.....	59
5.1	แสดงระยะพักที่เหมาะสมในการทำงานประเภทต่างๆ.....	61

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงโครงสร้างของตา……	7
2.2	แสดงการเพิ่มความโค้งของเลนส์ตาจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ Ciliary body	8
2.3	แสดงกลไกการปรับตัวของเลนส์ตา……	9
2.4	แสดงการทำงานของตาและแสดงค่าดัชนีหักเหของบริเวณต่างๆ……..	10
2.5	กระบวนการรับรู้ในมนุษย์……	15
2.6	Snellen chart และ E chart……	19
2.7	Snellen chart……..	20
2.8	กราฟตามทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณ……..	23
3.1	Snellen chart……..	25
3.2	เครื่อง Critical Flicker Frequency……..	26
3.3	เครื่อง Signal Detection……..	26
4.1	แสดงการลดลงของความถี่ CFF ในการฝึกหัดแต่ละครั้งของผู้ถูกทดสอบ…….	30
4.2	เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการความล้าทางสายตาที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 30 นาที……..	31
4.3	เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการทางกายภาพและสภาพจิตใจที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 30 นาที……..	31
4.4	เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการความล้าทางสายตาที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 60 นาที……..	32
4.5	เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการทางกายภาพและสภาพจิตใจที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 60 นาที……..	32
4.6	เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการความล้าทางสายตาที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 90 นาที……..	33
4.7	เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการทางกายภาพและสภาพจิตใจที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 90 นาที……	33
4.8	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความถี่ที่ลดลงจากการพิมพ์งานเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที……	35

ภาพที่ หน้า

4.9 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที..... 36

4.10 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที..... 37

4.11 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที..... 38

4.12 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที..... 39

4.13 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการทำงานเป็นเวลา 30 นาที..... 40

4.14 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการทำงานเป็นเวลา 60 นาที..... 41

4.15 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการทำงานเป็นเวลา 90 นาที..... 42

4.16 เปรียบเทียบระยะพักกับการพิมพ์งานเป็นเวลา 30 นาที..... 43

4.17 เปรียบเทียบระยะพักกับการพิมพ์งานเป็นเวลา 60 นาที..... 44

4.18 เปรียบเทียบระยะพักกับการพิมพ์งานเป็นเวลา 90 นาที..... 44

4.19 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 30 นาที..... 45

4.20 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 60 นาที..... 45

4.21 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 90 นาที..... 46

4.22 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 30 นาที..... 46

4.23 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 60 นาที..... 47

4.24 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 90 นาที..... 47

4.25 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 30 นาที..... 48

4.26 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 60 นาที..... 48

4.27 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 90 นาที..... 49

4.28 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 30 นาที..... 49

4.29 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 60 นาที..... 50

4.30 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 90 นาที..... 50

4.31 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสม เมื่อพิมพ์งานเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที และมีระยะพัก 5 และ 15 นาที..... 52

ภาพที่ หน้า

4.32 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมเมื่อเล่นเกมสองมิติ เป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที และมีระยะพัก 5 และ 15 นาที…….. 54

4.33 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมเมื่อเล่นเกมสามมิติ เป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที และมีระยะพัก 5 และ 15 นาที…….. 55

4.34 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมเมื่อดูภาพยนตร์สอง มิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาทีและมีระยะพัก 5 และ 15 นาที…….. 56

4.35 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมเมื่อดูภาพยนตร์สาม มิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90นาทีและมีระยะพัก 5 และ 15 นาที…… 57

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว เทคโนโลยีขั้นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิต คือ เทคโนโลยีสารสนเทศ โดยมีคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการนำเสนอข้อมูลได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว มีประสิทธิภาพและสามารถเก็บข่าวสารข้อมูลต่างๆ ได้ ประกอบกับมีการพัฒนาให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นและมีขนาดเล็กลงเพื่อความสะดวกสบายต่อการเคลื่อนย้าย ทำให้คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทกับกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันของคนเราเพิ่มมากขึ้น

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คนเราใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างประโยชน์ทั้งในด้านการทำงาน การติดต่อสื่อสาร การบริการ รวมไปถึงการบันเทิงด้านต่างๆ เช่น เครื่องเล่นวิทยุ เครื่องเล่นอิเลคทรอนิกส์ เกมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงมีการสร้างเทคโนโลยีใหม่ๆขึ้นมามากมายเพื่อตอบสนองต่อความต้องการเหล่านี้ให้ได้มากที่สุด โดยเฉพาะทางด้านความบันเทิงที่มีการพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างมาก

ด้านความบันเทิงผ่านทางจอภาพนั้นได้มีการเปลี่ยนแปลงมาอย่างต่อเนื่อง คือ จากเดิมในยุคแรกจะเป็นยุคที่ภาพยนตร์เป็นขาวดำและไม่มีเสียง ยุคต่อมาเป็นภาพยนตร์ที่มีสีและเสียง จนถึงยุคปัจจุบันที่รูปแบบของภาพยนตร์กลายเป็นระบบสามมิติ (Three dimension, 3D) โดยมีจุดกำเนิดเริ่มขึ้นมาจากการถ่ายภาพตั้งแต่

ค.ศ.1844	David Brewster ได้ประดิษฐ์เครื่องมือ Stereoscope ซึ่งสามารถถ่ายภาพออกมาในรูปแบบสามมิติได้
ค.ศ.1855	Kinematascope เป็นกล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหวที่ได้ถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบสามมิติ
ค.ศ.1915	ภาพยนตร์สามมิติ ที่เรียกว่า Anaglyph Movie เรื่องแรกได้ถูกผลิตขึ้นโดยใช้เทคโนโลยี Anaglyph ซึ่งในการรับชมจะต้องสวมแว่นตาสามมิติที่มีสองสีแตกต่างกัน คือ สีแดงและน้ำเงิน โดยที่แว่นจะเป็นเหมือนสื่อกลางนำภาพมาสู่สายตาโดยตรง
ค.ศ.1922	มีการฉายภาพยนตร์สามมิติเรื่องแรก คือ The Power of Love
ค.ศ.1935	ภาพยนตร์สามมิติในรูปแบบสีเรื่องแรกได้ถูกผลิตขึ้น

ค.ศ.1960 มีเทคโนโลยีใหม่ที่เรียกว่า Space-Vision 3D คือ การฉายภาพยนตร์สามมิติด้วยโปรเจคเตอร์ที่มาพร้อมกับเลนส์พิเศษ ซึ่งแตกต่างกับเทคโนโลยีสามมิติก่อนหน้านี้ที่จำเป็นต้องใช้เครื่องฉายถึง 2 เครื่อง ซึ่งระบบสองกล้องยากต่อการใช้งานเพราะต้องทำให้กล้องทั้งสองตัวเชื่อมเข้ากันอย่างสมบูรณ์แบบ

ค.ศ.1980 บริษัท IMAX ได้เริ่มต้นผลิตภาพยนตร์สารคดีแบบสามมิติ ซึ่งเทคโนโลยีของ IMAX ช่วยลดอาการล้าของตาจากการรับชมภาพยนตร์สามมิติได้

หลังจากนั้นความนิยมการชมภาพยนตร์สามมิติก็มีเพิ่มมากขึ้นเพราะได้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงและสร้างภาพยนตร์สามมิติออกมาเรื่อยๆ อยู่ตลอดเวลา เช่น The Polar Express ฉายในปี ค.ศ.2004 ซึ่งเป็นภาพยนตร์แอนนิเมชั่นในรูปแบบสามมิติ, ในปี ค.ศ.2007 เรื่อง Scar 3D เป็นภาพยนตร์เรื่องแรกที่ถ่ายทำด้วยการใช้ระบบดิจิตอลทั้งหมดและปี ค.ศ.2009 เรื่อง Avatar ที่สร้างกระแสความนิยมระบบสามมิติสูงที่สุด เป็นต้น (Thomas, 2006)

เทคโนโลยีสามมิติ เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้สามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ เปรียบเสมือนเป็นตัวแทนของวัตถุ สามารถดูได้รอบด้าน ซึ่งประกอบด้วยความกว้าง ความยาว และความลึกที่มีการเคลื่อนที่อย่างอิสระ ส่วนใหญ่มักจะใช้ลักษณะการแสดงภาพสองภาพพร้อมกันเพื่อแยกดูด้วยตาคนละข้าง ซึ่งเมื่อมองพร้อมกันจะเห็นเป็นภาพสามมิติขึ้นมา โดยลักษณะของภาพสามมิติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ (โรมัน, 2554) คือ

1. ภาพเชิงลอย คือ ขณะที่ชมภาพจะให้ความรู้สึกว่าภาพนั้นลอยออกมาจนสามารถจับต้องได้ เทคนิคสามมิติแบบนี้จะพบได้ทั่วไปในโรงหนัง โดยเทคโนโลยีนี้เรียกว่า Polarize สังเกตได้จากที่แว่นตาจะเป็นเลนส์กระดาษ 2 สี คือ สีแดงและสีน้ำเงิน

2. ภาพเชิงลึก คือ ภาพจะลึกเข้าไป ไม่ได้มีการลอยออกมาเหมือนในโรงหนัง พบได้ในทีวีระบบสามมิติทั่วไป ซึ่งแบบนี้เรียกว่า Active Shutter เวลามองด้วยตาเปล่าภาพที่เรามองเห็นก็จะมีความแตกต่างจากการมองผ่านแว่นตาอย่างมาก

สำหรับการดูภาพสามมิตินั้นจะต้องมีการสวมแว่นสามมิติด้วยเพื่อให้แว่นเป็นอุปกรณ์ในการทำหน้าที่รับสัญญาณด้วยระบบเดียวกันนำภาพเข้าสู่ลูกตาเราได้ แว่นสามมิติจึงมีหลากหลายประเภทขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ในการสร้างภาพสามมิติ คือ

1. Anaglyph glasses แว่นสามมิตินี้จะทำด้วยกระดาษแข็งในรูปแบบของแว่นตาสีแดงและสีน้ำเงิน เพราะโดยหลักการของภาพสามมิติ คือ การใช้ฉายภาพสองภาพซ้อนลงไปบนเฟรมเดียวกัน โดยที่ภาพสองภาพจะมีลักษณะของสีที่แตกต่าง คือ สีแดงและสีน้ำเงิน แว่นจึงมีหน้าที่หักล้างสีที่ไม่ตรงกับฟิลเตอร์สีนั้นๆ ออกไป เช่น สีแดงก็จะรับเพียงสีแดงเข้ามา ส่วนสีที่เหลือจะ

กลายเป็นสีดำ อีกข้างก็เช่นเดียวกัน แต่แว่นแบบนี้ทำให้คนดูรู้สึกรำคาญขณะชมภาพยนตร์และสีของภาพที่เห็นนั้นก็จะค่อนข้างซีด ไม่สดใส

2. Stereoscopic glasses เป็นแว่นที่ใช้สำหรับดูภาพสามมิติที่มีการใช้ภาพสองมิติจำนวน 2 ภาพที่แตกต่างกันวางตัวอยู่ในมุมที่มีการเหลื่อมล้ำกันเพียงเล็กน้อยบนวัตถุเดียวกัน เพื่อเป็นการสร้างการรับรู้ความลึกของสมอง (Depth perception) ทำให้มองเห็นภาพเป็นมิติขึ้นมาและหลีกเลี่ยงอาการตาล้าจากการบิดเลื่อนของภาพสองมิติได้อีกด้วย

3. Polarized glasses เป็นแว่นตาที่จะทำการเลือกภาพที่เหมาะสมที่สุดสำหรับดวงตาแต่ละข้าง เพราะการแสดงภาพสามมิติด้วยวิธี Polarization จะแสดงภาพซ้ายและขวาพร้อมกันเฉพาะแสงสำหรับภาพแต่ละภาพจะถูกหักเหไปคนละทางจึงทำให้ภาพที่เราเห็นจากตาซ้ายและตาขวาจะถูกสลับกันไปมา จึงต้องสวมแว่นแบบนี้เพื่อทำการกรองแสงและจัดการภาพให้ตรงกับดวงตาแต่ละข้าง ข้อดีของแว่นตาแบบนี้ คือ มีราคาถูกกว่าแว่นแบบ Active Shutter และกระบวนการแสดงภาพยังมีความง่ายกว่า แต่ข้อเสีย คือ ภาพที่เห็นจะมีรายละเอียดที่ไม่ครบถ้วนจึงดูไม่สมจริง

4. Active Shutter glasses เป็นแว่นตาโพลาไรซ์ (polarized glasses) ที่มี LCD Active Shutter อยู่ภายในเพื่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ฉายภาพ ทำให้สามารถบล็อกภาพจากทั้งตาซ้ายและตาขวาสลับกันไปมา ดังนั้นภาพที่เห็นจึงมีความถูกต้องแก่สายตาแต่ละข้างอย่างมากจึงมีความสมจริงและให้ความรู้สึกเหมือนเราอยู่ในเหตุการณ์จริงๆ มากกว่า

นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาไปสู่การดูระบบสามมิติโดยที่ไม่ต้องสวมแว่นอีกด้วย จากการใช้เทคนิคที่เรียกว่า Paralax Barrier ซึ่งปัจจุบันยังไม่ค่อยมีการใช้เทคนิคนี้มากนัก โดยเป็นเทคโนโลยีที่ใช้การฉายภาพสองเฟรมพร้อมกันลงบนจอและมีฟิลเตอร์กรองแสงบนหน้าจอก่อนที่แสงจะพุ่งเข้าตาของเราโดยตรง ทำให้ไม่ต้องมีการสวมแว่นตาก็สามารถมองเห็นภาพสามมิติได้ทันที (การุณ, 2554)

ถึงแม้ว่าระบบสามมิตินั้นจะมีประโยชน์ในเรื่องของการทำให้คนเราสามารถรับรู้จากการมองเห็นภาพได้อย่างสมจริงเหมือนกับอยู่ในเหตุการณ์หรือสถานที่นั้นจริงๆ แต่การที่นั่งชมภาพยนตร์หรือนั่งเล่นเกมสามมิติเป็นเวลานานจะทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดความเมื่อยล้าเนื่องมาจากการอยู่ในลักษณะท่าทางเดิมและความเมื่อยล้าของสายตาที่ถูกใช้งานผ่านแว่นสามมิติมากเกินไปหรือคนที่ไม่เคยสวมแว่นมาก่อนก็อาจจะมีปัญหาต่างๆตามมาได้ เช่น ปวดตา ปวดหัว น้ำตาไหล คลื่นไส้ อาเจียน เป็นต้น ปัญหาสุขภาพอนามัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ชมภาพยนตร์หรือเล่นเกมสามมิติได้ คือ ความล้าของตา (Visual fatigue / Visual strain / Asthenopia) โดยเกิดจากการให้สายตารับภาระที่มากเกินไป สำหรับปัญหาความล้าของตาจาก

การดูภาพสามมิติมักเกิดขึ้นจากการเพ่งมองที่จอภาพเป็นเวลานานๆหรือตลอดทั้งวัน เนื่องจากจอภาพเป็นแหล่งของแสงสว่างที่ต้องมีการมองอยู่ตลอดเวลาประกอบกับต้องมีการสวมแว่นตาสามมิติด้วยยิ่งอาจทำให้เกิดอาการตาล้า ปวดตา ตาพร่ามัว เพิ่มมากขึ้นได้ นอกจากนี้หากเกิดอาการล้าของตาแล้วไปทำกิจกรรมต่างๆต่อทันทีโดยไม่ได้มีการพักสายตาก่อน เช่น ขับรถยนต์ ขี่รถจักรยานยนต์ เดินข้ามถนนหรือขึ้นลงบันได เป็นต้น อาจส่งผลให้เกิดอันตรายต่อชีวิตได้

มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เบิร์กเลย์ ได้มีการศึกษาถึงผลกระทบจากการดูภาพสามมิติโดยให้กลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-30 ปี สวมแว่นตาสามมิติเพื่อการบังคับระยะในการมองให้อยู่ที่ตำแหน่งเดิม คือ ไม่ว่าจะมองใกล้หรือไกล ภาพก็จะยังเหมือนเดิมและภาพที่เห็นนั้นเกิดจากการฉายภาพเดียวกันแต่สลับซ้ายขวา พบว่า หลังจากที่กลุ่มตัวอย่างได้ดูภาพยนตร์เสร็จแล้วมักจะรู้สึกอ่อนเพลีย ตาพร่า ปวดหัว และปวดตาอย่างมาก (Berkeley, 2010) แม้แต่บริษัท ซัมซุง (2010) ซึ่งเป็นผู้ผลิตทีวีระบบสามมิติยังมีคำเตือนสำหรับการใช้แว่นสามมิติเพื่อดูทีวี โดยกำหนดไว้ว่าหากมีอาการปวดหัว เวียนหัว หรือเกิดความล้าต่างๆขึ้นให้หยุดพักสักครู่หนึ่งหรือหยุดดูเลย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาว่า หากเด็กอายุประมาณ 6 ปี ดูทีวีสามมิติและมีการสวมแว่นตาสามมิติด้วยอาจทำให้เกิดความผิดปกติกับสายตาของเด็กเนื่องจากกล้ามเนื้อตาไม่สมดุล (Strabismus) ได้ (Banks lab, 2010) ประกอบกับในปัจจุบันนี้แว่นตาสามมิติยังไม่มีการรับรองเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ใช้ร่วมกัน จึงไม่สามารถระบุได้ว่าแว่นตาสามมิติแบบใดหรือของผู้ผลิตใดที่จะมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้สูงสุด

อย่างไรก็ตาม ผลกระทบที่เกิดขึ้นมากที่สุดกับผู้ชมภาพยนตร์และเล่นเกมด้วยระบบสามมิติ ก็คือ ความล้าของตา ดังนั้นจึงควรมีการทำการศึกษาถึงความล้าทางสายตาจากการใช้แว่นสามมิติเพื่อหาระยะเวลาในการใช้งาน ระยะเวลาพักที่เหมาะสม และเปรียบเทียบความล้าของสายตาที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้แว่นสามมิติในการดูภาพยนตร์หรือเล่นเกมกับการพิมพ์งานด้วยจอภาพคอมพิวเตอร์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความล้าทางสายตาจากการใช้แว่นสามมิติเพื่อดูภาพยนตร์และเล่นเกมเปรียบเทียบกับการพิมพ์งานบนจอภาพคอมพิวเตอร์

1.2.2 เพื่อหาระยะเวลาใช้งานแว่นสามมิติและระยะเวลาพักที่เหมาะสมเพื่อลดการเกิดความล้าทางสายตา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้จะศึกษาจากกลุ่มนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่มีอายุระหว่าง 18-27 ปีซึ่งได้ผ่านการวัดสายตาว่าเป็นผู้ที่ไม่มีปัญหาทางสายตาและสมอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ผลการศึกษาสามารถนำมากำหนดระยะเวลาในการใช้สายตาทำงานด้วยแว่นสามมิติที่เหมาะสมที่จะไม่ทำให้เกิดอาการความล้าทางสายตาได้

1.4.2 ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงข้อแตกต่างระหว่างความล้าทางสายตาจากการใช้แว่นสามมิติเพื่อดูภาพยนตร์หรือเล่นเกมกับการพิมพ์งาน

1.4.3 เป็นการพัฒนางานวิจัยทางด้านการยศาสตร์เกี่ยวกับสายตา

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการมองเห็นตั้งแต่ส่วนประกอบของตา การมองเห็นวัตถุ การเห็นภาพสี และการรับรู้ความลึกของภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การมองเห็นภาพสามมิติได้ นอกจากนี้ยังกล่าวถึง อุปกรณ์ต่างๆที่ทำให้คนเราสามารถรับรู้ถึงระบบสามมิติได้ ความล้าของสายตา และการวัดความล้าที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตามากเกินไปอีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 Visual Display Terminals (VDT) (สมพร, 2539)

Visual Display Terminals เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการจัดการ การประมวลผล และแสดงข้อมูลต่างๆ ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ จอคอมพิวเตอร์ (Display unit) แป้นพิมพ์ (Keyboard) ตลับวงจรไฟฟ้า (Electronic circuit) และแหล่งป้อนกระแสไฟฟ้า (Power supply) รวมไปถึงอุปกรณ์นำเข้าและนำออกข้อมูลต่างๆ เช่น Mouse, เครื่องพิมพ์ (Printer) เป็นต้น VDT อาจเป็นคอมพิวเตอร์ระบบใหญ่ๆ หรือเป็นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลก็ได้ ตัวอย่างการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับ VDT ได้แก่ การป้อนข้อมูล, การเขียนโปรแกรม, การออกแบบและควบคุมการผลิตโดยใช้คอมพิวเตอร์ รวมไปถึงใช้งานเพื่อความบันเทิง คือ การดูภาพยนตร์, การฟังเพลง, ดูมิวสิควีดีโอ และการเล่นเกม เป็นต้น สำหรับผู้ที่ใช้ VDT ไม่ว่าเพื่อการทำงานหรือการพักผ่อนก็ตาม จะมีลักษณะที่เด่นชัดอยู่ 3 ลักษณะ ดังนี้

1.1 มีการเคลื่อนไหวอวัยวะส่วนต่างๆของร่างกายอย่างจำกัด (Restricted Movement)

1.2 สายตาต้องเพ่งอยู่ที่จอแสดงภาพอยู่ตลอดเวลา

1.3 มือของผู้ใช้วางอยู่ที่แป้นพิมพ์หรือเมาส์ตลอดเวลา

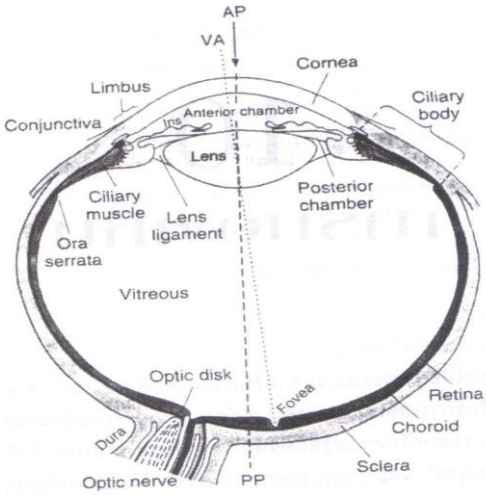
อย่างไรก็ตาม ผลกระทบที่เกิดขึ้นมากที่สุดกับผู้ที่ใช้งาน VDT ก็คือ ความล้าของตา ดังในงานวิจัยทางการแพทย์ของญี่ปุ่น ที่ทำการสำรวจพนักงานที่ต้องทำงานหน้าจอคอมพิวเตอร์ พบว่าคนเหล่านี้จะกระพริบตาน้อยลงส่งผลให้ตาขาดน้ำหล่อเลี้ยงเกิดการระคายเคืองตาและตาพร่ามัวได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Lie และ Watlen (1980) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับความล้าทางสายตาจากการทำงานเกี่ยวกับ VDT พบว่า การทำงานที่เกี่ยวข้องกับ VDT ติดต่อกันเป็นเวลา 3 ชั่วโมงจะทำให้เกิดการล้าทางสายตากล้ามเนื้อส่วนคอและหลังส่วนบนได้และงานวิจัยของ Bergqvist และ Knave (1994) ที่ได้ทำการวิจัยหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่ออาการทางสายตาในการทำงานในสำนักงานที่ต้องทำงานเกี่ยวกับ VDT ผลคือ อาการทางสายตาจะแย่ลงหากต้องทำงานกับ VDT เป็นระยะเวลานานๆ ซึ่งอาการที่แสดงออกมาจะสัมพันธ์กับปัจจัย

ต่างๆ คือ อายุ, ระยะทางระหว่างตากับวัตถุที่ต้องมองขณะทำงานและตำแหน่งการวางเครื่องคอมพิวเตอร์

2.2 ระบบการมองเห็น (Visual system) (สัญญา, 2552)

การมองเห็นจัดอยู่ในระบบประสาทรับความรู้สึกพิเศษที่ทำให้มนุษย์และสัตว์สามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงรอบ ๆ ตัวได้ จากการกระตุ้นผ่านทางนัยน์ตา ซึ่งถือว่าเป็นอวัยวะรับสัมผัสอย่างหนึ่งที่สำคัญที่สุด ตาเป็นอวัยวะที่ต้องใช้มากตลอดเวลาที่ร่างกายนั้นตื่นอยู่ ประกอบกับการใช้งานของตัวรับสัมผัสและประสาทต้องใช้ครั้งละมากๆด้วย ทำให้ใยจักษุประสาท (Optic nerve) ต้องมีจำนวนมากถึงข้างละประมาณ 1 ล้านเส้นใยและปริมาณตัวรับสัมผัสในตาแต่ละข้างนั้นจะประกอบด้วยเซลล์ประสาท Rod 150-160 ล้านตัว และเซลล์ประสาท Cone มากถึง 7-8 ล้านตัว

2.2.1 ลักษณะของนัยน์ตามนุษย์ (A description of the human eyeball)



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของตา (สัญญา, 2552)

ตามีลักษณะเป็นรูปทรงกลม ข้างในกลวง ฝังอยู่ในเบ้าตา ประกอบด้วย

1) เยื่อหุ้มลูกตา มีอยู่ 3 ชั้น เรียงจากข้างนอกเข้าไปข้างใน คือ ชั้นนอกสุด เป็นชั้นของเปลือกลูกตา (Sclera) ทำหน้าที่ป้องกันตาและเป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อ extrinsic ด้านหน้าส่วนที่รับแสงจากภายนอกจะใส ไม่มีหลอดเลือดมาเลี้ยง เรียกว่า กระจกตา เส้นประสาทรับความรู้สึกที่ไปเลี้ยงกระจกตาจะไปตามประสาทสมองส่วนกลาง ประกอบด้วย Choroid, Ciliary body และม่านตา (Iris) และชั้นในสุด คือ ชั้นของจอตา (Retina) เป็นชั้นที่ไวต่อแสง มีตัวรับภาพ (Visual receptor), เซลล์ประสาทและชั้นของเซลล์สี (Pigment cell)

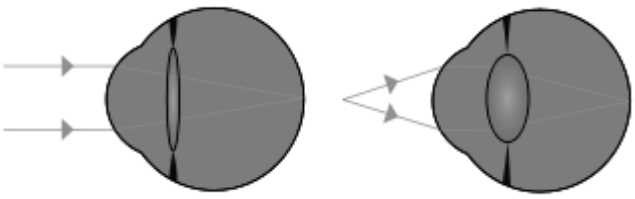
2) เลนส์ (Lens) จะอยู่ใต้กระจกตา เป็นเลนส์นูนสองหน้ามีลักษณะใส ถูกยึดด้วยเอ็น Suspensory ligament เอ็นนี้ต่ออยู่กับ Ciliary body ซึ่งถ้ากล้ามเนื้อนี้หดตัวจะทำให้เพิ่มความโค้งผิวหน้าของเลนส์ได้

3) ช่องว่างและน้ำหล่อเลี้ยงตา (Cavities and humors) ช่องว่างภายในลูกตาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ Anterior chamber อยู่หน้าม่านตา และ Posterior chamber อยู่หลังม่านตา ข้างในบรรจุด้วย Aqueous humor ซึ่งน้ำเหล่านี้ประกอบด้วย น้ำ เกลือและโปรตีน มีหน้าที่ช่วยในการหักเหแสงและควบคุมความดันในลูกตาให้คงที่ เพื่อให้ตาคงรูปอยู่ได้และมีความใส นอกจากนี้ยังมีช่องว่างหลังเลนส์ตา (Posterior cavity) ที่บรรจุ Vitreous humor ซึ่งมีลักษณะเป็นวุ้นอีกด้วย

2.2.2 ม่านตาและรูม่านตา (Iris and Pupil)

ม่านตามีลักษณะเป็นเส้นใยมีสี ช่องว่างตรงกลางของม่านตา คือ รูม่านตา กล้ามเนื้อที่ควบคุมการหดและขยายของรูม่านตา คือ กล้ามเนื้อหูรูด (Sphincter) และกล้ามเนื้อขยาย (Dilator) ความกว้างของรูม่านตาสามารถขยายได้จากขนาด 2 มิลลิเมตร ถึง 8 มิลลิเมตร รูม่านตาจะทำหน้าที่ในการควบคุมปริมาณของแสงที่ตกบนจอตาและปรับความลึกของการโฟกัสด้วย ความลึกของการโฟกัส คือ ช่วงระยะบนจอตาที่ทำให้เห็นความชัดอยู่ได้ หากเกินออกไปจากนี้จะทำให้ภาพไม่ชัด ดังนั้น ถ้ารูม่านตาเล็กลงจะทำให้ความลึกของการโฟกัสเพิ่มขึ้น การลดขนาดของรูม่านตาจะทำให้ปริมาณแสงที่ผ่านส่วนขอบๆรอบนอกของเลนส์ลดลง ทำให้ความคมชัดของภาพบนจอตาเพิ่มขึ้นและลดการพร่ามัวของสายตาได้

2.2.3 เลนส์ตาและการปรับตัวของเลนส์ (Lens and accommodation)

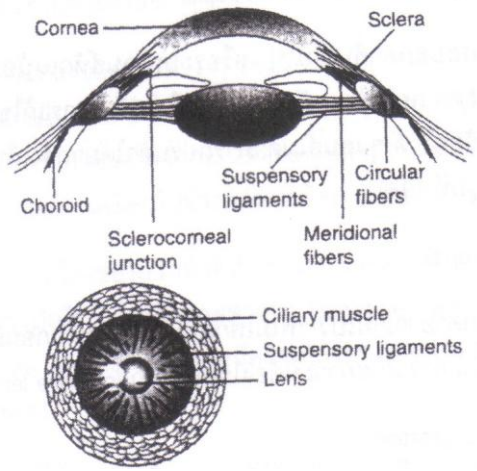


ภาพที่ 2.2 แสดงการเพิ่มความโค้งของเลนส์ตาจากการหดตัวของ Ciliary body (ชูศักดิ์, 2531)

ภาพต่างๆที่เราสามารถมองเห็นได้นั้น เกิดจากการถูกนำมาโฟกัสบนจอตา โดยอาศัยการหักเหของแสงผ่านตัวกลางที่ทำให้แสงมีการหักเหซึ่งประกอบไปด้วย กระจกตา น้ำหล่อเลี้ยงตาส่วนหน้า เลนส์ตา น้ำหล่อเลี้ยงตาส่วนหลัง ความสามารถของตาในการโฟกัสเกิดขึ้นจากความยืดหยุ่นของเลนส์ โดยเลนส์ตามีลักษณะเป็นก้อนกลม ประกอบไปด้วยเส้นใยจำนวนมาก รูปร่างสามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้วยกล้ามเนื้อยึดลูกตา (Ciliary muscle) เมื่อกล้ามเนื้อนี้ยืดออก จะทำให้ผิวของเลนส์ตาเบนไป ซึ่งตาจะอยู่ในสภาพเช่นนี้เมื่อต้องการดูภาพที่อยู่ไกลถึงระยะอนันต์ สภาพ

การหักเหลักษณะนี้เรียกว่า “Static Refraction” สำหรับสภาพการหักเหที่เกิดขึ้นจากการปรับโฟกัส จะเรียกว่า “Dynamic refraction” แต่ถ้ากล้ามเนื้อยึดลูกตาหดตัว จะลดแรงยืดหยุ่นที่กระทำต่อเลนส์ ทำให้ความตึงของเลนส์ลดน้อยลง ผิวด้านหน้าของเลนส์มีความโค้งมากขึ้น จึงมีกำลังขยายมากขึ้น การปรับตัวของตาเมื่อมองวัตถุระยะไกลและใกล้ จะมีการตอบสนอง 3 อย่างด้วยกัน คือ

1) การปรับตัวของเลนส์ (Accommodation) เนื่องจากเลนส์สามารถเพิ่มอำนาจการหักเหของแสงได้โดยการทำให้ตรงกลางที่ผิวหน้าของเลนส์หนาขึ้น ในขณะพักหรือมองไกล Suspensory ligaments ซึ่งยึดเลนส์จะดึงขอบของเลนส์เข้าหา Ciliary body ทำให้เลนส์แบนลง ในขณะมองวัตถุใกล้ Ciliary muscle จะหดตัวดึง Ciliary body ไปข้างหน้า ทำให้อำนาจการหักเหของแสงเพิ่มมากขึ้น ภาพจึงตกบนจอตาได้ ช่วงการปรับกำลังขยาย (Range of accommodation) จะมีค่ามากที่สุดในวัยหนุ่มสาว เมื่ออายุเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อยึดลูกตาอ่อนแรงลง เลนส์จะมีลักษณะแข็งขึ้น การยืดหยุ่นเสียไปทำให้การหักเหของเลนส์ลดลง รวมทั้งปริมาณน้ำนัยน์ตาลดน้อยลงด้วยจึงส่งผลให้จุดใกล้เคลื่อนไกลออกไป ความสามารถในการเปลี่ยนรูปร่างเพื่อที่จะทำการโฟกัสภาพให้ตกลงบนจอตาผิดพลาดไป กลายเป็นลักษณะสายตายาว (Hypermetropia)



ภาพที่ 2.3 แสดงกลไกการปรับตัวของเลนส์ตา (สัญญา, 2552)

2) รูม่านตาหรี่เล็กลง (Constriction of pupil) ทำให้มองภาพใกล้ได้ชัดเจนขึ้น โดยทำให้แสงผ่านเฉพาะตรงกลางของเลนส์ ขนาดของรูม่านตาเปลี่ยนแปลงไปได้เกิดจากประสาทซิมพาเธติกทำให้กล้ามเนื้อ Radial หดตัว ซึ่งจะทำให้รูม่านตาขยาย และถ้าประสาทพาราซิมพาเธติกทำให้กล้ามเนื้อ Circular หดตัว จะทำให้รูม่านตาหรี่เล็กลง

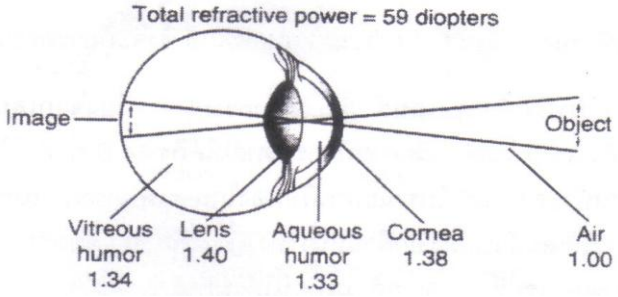
3) การลู่เข้าของลูกตา (Convergence of the eyes) เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งขวาและซ้ายที่ควบคุมด้วยเส้นประสาทสมองคู่ที่ 3 เพื่อทำให้แสงจากวัตถุมาตกที่จอตาทั้ง 2 ข้างในบริเวณที่คล้ายคลึงกัน

โดยกล้ามเนื้อลูกตานั้นมีข้างละ 6 มัด ประกอบไปด้วย Superior rectus (SR) ใช้กลอกตาขึ้นบนและเอียงไปด้านหัวตา, Medial rectus (MR) ใช้กลอกตาไปทางหัวตา, Lateral rectus (LR) ใช้ดึงลูกตาให้ชำเลืองไปทางหางตา, Inferior rectus (IR) ใช้กลอกตาลงล่าง, Superior oblique (SO) ใช้กลอกลูกตามองลงล่างและไปทางหางตา และ Inferior oblique (IO) สำหรับกลอกลูกตาไปทางด้านบนและไปทางหางตา กล้ามเนื้อลูกตาทั้ง 6 มัดนี้มีหน้าที่ดึงลูกตาให้หันไปในทิศทางต่างๆกัน เพราะฉะนั้นกล้ามเนื้อเหล่านี้ต้องทำงานร่วมกันเป็นอย่างดีเพื่อที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของลูกตา

2.2.4 จอตา (Ratina)

จอตา มีโครงสร้างที่ซับซ้อนมาก มีการจัดเรียงตัวของเซลล์จำนวนมากเป็นชั้นๆ เมื่อแสงตกกระทบบนจอตาก็จะถูกดูดกลืนโดยปฏิกิริยาทางเคมีแสง (Photochemical reaction) คือ การที่แสงถูกดูดกลืนไปแล้วเปลี่ยนไปเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่เซลล์ต่างๆของอวัยวะรับสัมผัส ซึ่งจะกระตุ้นเซลล์ที่อยู่ข้างเคียงด้วย ทำให้การตกกระทบของแสงส่งสัญญาณจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งโดยผ่านชั้นเซลล์ต่างๆของจอตา ทำให้จอตาสามารถแยกส่วนประกอบต่างๆของภาพได้ โดยบริเวณตรงกลางจอตาที่จะทำให้เห็นภาพได้ชัด เรียกว่า จุดเหลือง (Yellow spot / Macula Lutra) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และบริเวณศูนย์กลางของจุดเหลือง คือ Fovea Centralist

2.2.5 ระบบการหักเหและการรวมแสงของตา



ภาพที่ 2.4 แสดงการทำงานของตาและแสดงค่าดัชนีหักเหของบริเวณต่างๆ (สัญญา, 2552)

ดวงตาของคนเรามีการทำงานที่มีความซับซ้อนมาก โดยมีเลนส์ตา ม่านตา และรูม่านตาทำหน้าที่ในการปรับแสงให้ไปโฟกัสบนจอตาซึ่งเปรียบได้กับเป็นฉากรับภาพ ระบบเลนส์ของตา

ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ผิวหน้าระหว่างอากาศกับผิวหน้าของกระจกตา, ระหว่างผิวหลังของกระจกตากับ aqueous humor, ระหว่าง aqueous humor กับผิวหน้าของเลนส์ และระหว่างผิวหลังของเลนส์กับ vitreous humor จะเห็นว่า ก่อนที่ลำแสงจากวัตถุใดๆ จะมาโฟกัสที่จอตา เพื่อให้เกิดภาพที่ชัดเจนนั้น ลำแสงต้องผ่านส่วนผิวหน้าต่างๆที่มีอำนาจการหักเหของแสง (Refraction power) ต่างๆกัน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ถ้าตาอยู่ในระยะพัก คือ ในขณะที่นัยน์ตามองที่วัตถุอย่างหนึ่งที่อยู่ไกล ลำแสงขนานจากวัตถุนั้นจะผ่านเข้าไปและเกิดการรวมแสงเข้าสู่จอตาไปโฟกัสที่ Macula พอดี หากลำแสงที่ผ่านส่วนต่างๆและไปโฟกัสที่จอตาพอดี ทำให้นัยน์ตาเห็นภาพได้อย่างชัดเจนจะถือว่านัยน์ตานั้นมีสายตาปกติ (Emmetropia) แต่ถ้าเมื่อลำแสงที่ผ่านเข้าไปไม่โฟกัสกันพอดี คือ เห็นภาพไม่ชัดเจน จะเรียกว่า Error of refraction หรือสายตาไม่ปกติ (Ametropia)

2.2.6 **การมองเห็นและความคมชัดของการเห็น** (Vision and high-acuity vision)

การมองเห็นเป็นกระบวนการที่สมองใช้ข้อมูลจากตัวรับที่ไวต่อแสงในจอตาแล้วสร้างความคิดขึ้น โดยตาจะมีการรับแสงเข้ามาผ่านทางรูม่านตาและถูกหักเหและรวมแสงโดยกระจกตา (Cornea) และเลนส์ (Lens) เพื่อให้แสงตกที่จอตาซึ่งอยู่ด้านหลังของลูกตา หลังจากนั้นตัวรับแสงที่จอตาจะถ่ายทอดแปลภาพของแสงที่ได้รับให้เป็นข่าวสารข้อมูลส่งไปที่ศูนย์กลางการเห็น (Visual area) ของสมองเพื่อแปลความหมาย การวิเคราะห์ความคมชัดของการเห็นเกี่ยวกับรูปร่าง เส้น ความสูงต่ำของภาพเป็นหน้าที่ของระบบ Parvocellular ขึ้นอยู่กับการทำงานของจอตาบริเวณ fovea ซึ่งมีความคมชัดสูง ถ้าห่างออกไปจาก fovea มากขึ้นทำให้ความคมชัดลดลง การที่เราจะมองเห็นวัตถุได้ชัดเจนหรือไม่ ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่นๆด้วย ดังนี้

1) ขนาดของวัตถุ วัตถุที่มีขนาดใหญ่ย่อมเห็นได้ชัดเจนกว่าขนาดเล็ก โดยเฉพาะในระยะทางที่ยิ่งไกลจะทำให้เห็นวัตถุขนาดเล็กได้ยากกว่าขนาดใหญ่

2) ความเข้มของแสงที่ส่องวัตถุ ในการมองเห็นวัตถุจะต้องอาศัยแสงสว่างที่ส่องไปยังวัตถุ วัตถุที่มีการสะท้อนแสงได้ดีก็จะเห็นชัดเจนกว่าวัตถุที่ไม่สะท้อนแสง เช่น ก้อนหินสีดำกับก้อนหินสีขาว เมื่อใช้แสงส่องเข้าไปในปริมาณแสงเท่ากันหรือนำไปวางไว้ที่มืดๆ ก้อนหินสีขาวจะต้องเห็นชัดกว่าก้อนหินสีดำ อีกลักษณะหนึ่งคือ ความเข้มของฉากก็มีผลต่อการมองเห็นด้วย วัตถุที่สีเดียวกันกับฉากจะทำให้การมองเห็นยากกว่าวัตถุที่สีตัดกัน เช่น ฉากสีขาว วัตถุสีดำ ก็จะทำให้เห็นวัตถุง่ายขึ้น

3) เวลาในการมองเห็น ในการมองเห็นเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและต้องใช้เวลาเพื่อให้เกิดขบวนการต่างๆในระบบการมองเห็น เพราะเหตุนี้ เมื่อวัตถุที่การเคลื่อนไหวที่รวดเร็วก็ทำให้ยากต่อการมองเห็นกว่าวัตถุที่นิ่งอยู่กับที่

2.2.7 **การเห็นภาพสี** (Color vision)

แสงที่เราสามารถเห็นได้อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ซึ่งจะเห็นเป็นแสงสีขาว สีจะดูดซึมแสงบางคลื่นเอาไว้และจะสะท้อนสีที่เหลือออกมาทำให้เรามองเห็นเป็นสีได้ แสงที่เดินทางมาโฟกัสที่จอตาซึ่งเปรียบเสมือนฉากรับภาพ จะถูกดูดซับโดยสารสีในตัวรับแสง โดยมีเซลล์ Rod เป็นตัวรับสำหรับการมองเห็นในที่มืด ส่วนเซลล์ Cone สำหรับการมองเห็นสีและการมองเห็นในที่แจ้ง มีอยู่ 3 ชนิด ซึ่งมีความจำเพาะต่อแสงที่สเปคตรัมต่างกัน 3 สี ดังนี้

Blue cones ไวมากที่สุดต่อแสงสีน้ำเงิน ความยาวคลื่นประมาณ 430 นาโนเมตร

Green cones ไวมากที่สุดต่อแสงสีเขียว ความยาวคลื่นประมาณ 530 นาโนเมตร

Red cones ไวมากที่สุดต่อแสงสีแดงหรือส้มความยาวคลื่นประมาณ 560 นาโนเมตร

เซลล์ cone ทั้ง 3 ชนิดมี sensitivity curve กว้างและซ้อนทับกันมาก การรับรู้สีจึงเกิดจากการรับรู้ว่าเซลล์ชนิดใดถูกกระตุ้น ถ้าเซลล์ cone ทั้ง 3 ชนิดถูกกระตุ้นพร้อมๆกัน เท่าๆกันจะเห็นเป็นสีขาว สำหรับการมองเห็นสีต่างๆนั้นมีการอธิบายไว้เป็นทฤษฎีอยู่ 2 ทฤษฎี คือ

1. Trichromatic theory ทฤษฎีนี้เชื่อว่า การมองเห็นสีเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างกันของ cones cell 3 ชนิดที่อยู่ในเรตินา ซึ่ง cones cell แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการรับแสงที่มีความยาวต่างกัน ทฤษฎีนี้เกิดขึ้นในปี ค.ศ.1800 โดยนายแพทย์ชาวอังกฤษชื่อ Thomas Young และนักสรีรวิทยาชาวเยอรมันชื่อ Hermann von Hemholtz ซึ่งพบว่า cones cell ชนิดที่หนึ่งจะมีความไวมากในการรับคลื่นที่มีความยาวสั้น cones cell ชนิดที่สองจะมีความไวมากในการรับคลื่นที่มีความยาวปานกลาง cones cell ชนิดที่สามจะมีความไวมากในการรับคลื่นที่มีความยาวในระดับยาว การรวมสิ่งเร้าที่มีระดับความแตกต่างกันของคลื่นที่มีความยาวต่างกันของ cones cell ทั้ง 3 ชนิด ทำให้เราสามารถมองเห็นสีต่าง ๆ ได้

2. Opponent-process theory นายแพทย์ชาวเยอรมันชื่อ Ewald Hering พัฒนาทฤษฎีนี้ในช่วงปลาย ค.ศ.1800 เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ของสีที่ไม่สามารถรวมกันได้ เช่น สีเหลืองกับสีฟ้า สีแดงกับสีเขียว สีสว่างกับสีมืด ปรากฏการณ์นี้ Trichromatic theory อธิบายไม่ได้แต่ Opponent process theory อธิบายว่ากลไกการทำงานของเซลล์ประสาทและเซลล์อื่น ๆ ที่อยู่ใกล้กับเยื่อหุ้มสมองนั้นจะมีเซลล์บางตัวที่สามารถเพิ่มการทำหน้าที่ในการตอบสนองการกระตุ้นของสีหนึ่งและจะลดการทำหน้าที่เมื่อถูกกระตุ้นของสีอีกสีหนึ่งได้ เช่น เซลล์อันหนึ่งจะเพิ่มการทำหน้าที่เมื่อถูกกระตุ้นโดยสีเหลืองและจะลดการทำหน้าที่เมื่อถูกกระตุ้นโดยสีฟ้า เซลล์อีกประเภทหนึ่งจะเพิ่มการทำหน้าที่เมื่อถูกกระตุ้นโดยสีฟ้าและจะลดการทำหน้าที่เมื่อถูกกระตุ้นโดยสีเหลือง ดังนั้นกลุ่มเซลล์เหล่านี้จะทำหน้าที่ตรงกันข้าม การทำงานตรงกันข้ามในลักษณะดังกล่าว ยังพบในระหว่างสีแดงกับสีเขียวและในระหว่างสีดำกับสีขาว ปรากฏการณ์แบบนี้เป็นเรื่องปกติของคนส่วน

ใหญ่ แต่จะมีคนบางกลุ่มที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีทั้ง 3 คู่นั้นได้ เรียกผู้ที่มีความบกพร่องในการแยกความแตกต่างของสีทั้ง 3 คู่นี้ว่าเป็น color deficiency ซึ่งแตกต่างจากตาบอดสี (color blindness) เพราะว่าคนที่ตาบอดสีสามารถเห็นสีต่าง ๆ ได้ยกเว้นบางสีที่เขามีความบกพร่องในการมองเห็นเท่านั้นไม่ใช่ไม่เห็นสีอะไรเลย

2.2.8 **การรับรู้ความลึกของภาพ** (Depth perception)

การรับรู้ความลึกของภาพ คือ ความสามารถในการรับรู้ระยะทางของวัตถุในสิ่งแวดล้อมและมีการตอบสนองได้อย่างถูกต้อง การรับรู้ความลึกเกิดจากปัจจัยต่างๆ (สุทธิ์, 2540) คือ

1. Relative Size การเคลื่อนที่ของวัตถุจะทำให้มีการรับรู้ถึงขนาดของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไป คือ วัตถุที่มีการเคลื่อนที่ห่างไกลออกไปจะเห็นเป็นขนาดเล็กและเริ่มปรากฏว่ามีขนาดใหญ่เมื่อเคลื่อนเข้ามาใกล้ตาเรามากขึ้น ดังนั้น การเคลื่อนที่ของวัตถุในระยะที่ต่างกันจึงทำให้สมองมีการรับรู้ถึงความลึกได้โดยนำข้อมูลที่รับรู้ที่เกิดจากภาพที่เห็นนำมารวมกับความรู้ก่อนหน้านี้ ความคุ้นเคยและประสบการณ์ เพื่อตัดสินความลึกที่แท้จริงของวัตถุได้ เช่น การมองเห็นรถยนต์ว่ามีขนาดเล็กจะรับรู้ว่าเป็นรถที่อยู่ห่างไกลกว่ารถที่เห็นเป็นขนาดใหญ่ เป็นต้น

2. Interposition การเหลื่อมล้ำหรือซ้อนทับกันของตำแหน่งวัตถุจะทำให้มองเห็นว่าภาพด้านหลังอยู่ไกลออกไปมากกว่า

3. Linear Perspective การที่นำเส้นคู่ขนานที่เท่ากันแต่วางในมุมเฉียงปลายด้านหนึ่งห่างกัน ปลายอีกด้านหนึ่งใกล้กัน จะทำให้เห็นว่าขนาดของทั้งสองเส้นนั้นยาวไม่เท่ากันและการมองลู่เข้าของตาจึงสามารถทำให้ดูเหมือนว่ามีความลึกของภาพเกิดขึ้นได้ เช่น ถนน ทางรถไฟ เสาไฟฟ้า เป็นต้น

4. Aerial Perspective มุมมองที่ผ่านอนุภาคและไอน้ำในบรรยากาศทำให้เกิดการกระเจิงของแสงที่ทำให้ผิวไกลมากเป็นฝ้ามัว และบริเวณที่ไกลออกไปมีความสว่างที่ต่ำกว่า ความคมชัดและความอิ่มตัวของสีลดลง สีที่มีความเข้มแตกต่างกันจึงทำให้เกิดเป็นระยะของวัตถุที่ต่างกันได้

5. Light and Shade ความคมชัดของภาพ ถ้าภาพไม่มีความชัดเจน เช่น เนื่องจากแสงและเงาที่ตกลงบนพื้นผิวของวัตถุจะทำให้สมองมีการกำหนดรูปร่างและตำแหน่งของวัตถุซึ่งจะนำไปสู่การรับรู้ระดับความลึกในภาพได้

6. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ วัตถุที่เคลื่อนที่อย่างรวดเร็วแต่อยู่ไกลจากตัวเรา เราจะมองเห็นว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่ช้ากว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ใกล้เข้ามาหาตัวเรา

2.2.9 **การมองภาพสามมิติ** (Stereoscopic vision)

จากการมองวัตถุเดียวกันด้วยสองตา การรับรู้ความลึกด้วยการมองสองตานั้นเกิดจากความห่างกันของตาทั้งสองข้าง ซึ่งอยู่ห่างกันประมาณ 2 นิ้ว ภาพที่ตกลงบนจอตาแต่ละข้างจะแตกต่างกัน เพราะตาแต่ละข้างมองวัตถุจากคนละมุม ภาพจึงจะตกลงบนบริเวณที่สัมพันธ์กันและจุดที่คล้ายคลึงกันของจอตาทั้งสองข้าง โดยลานสายตา (vision field) ของตาซ้ายและตาขวาจะค่อนข้างเหมือนกัน และเมื่อสองตาถูกโฟกัสที่วัตถุเดียวกันจะทำให้ลานสายตา(ขอบเขตของสิ่งแวดล้อมภายนอกทั้งหมดที่สามารถเห็นได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของลูกตา) ทั้งสองข้างซ้อนกัน ทำให้สามารถแปลได้ว่าเป็นภาพเดียวกันที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อยนั้นเป็นการมองแบบสามมิติ (มิ่งขวัญ, 2531)

การมีดวงตาสองตาจึงมีความสำคัญในการรับรู้ความลึกมาก เพราะทำให้รับรู้ภาพสามมิติได้และทำให้ลานสายตามีขนาดมากขึ้นกว่าการมองด้วยตาข้างเดียว นอกจากนี้การรับรู้ความลึกยังเกิดขึ้นได้จากการเปรียบเทียบขนาดของวัตถุหรือการโยกศีรษะเคลื่อนตำแหน่งไปซ้ายขวาจะพบว่า ภาพที่เห็นมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทำให้ทราบถึงระยะของวัตถุได้ว่าใกล้หรือไกล ประกอบกับเรื่องของประสบการณ์การเรียนรู้ที่เคยทราบขนาดของวัตถุจะช่วยทำให้มีการรับรู้ถึงความลึกหรือคาดคะเนระยะทางได้แม่นยำมากขึ้น

หากเกิดความบกพร่องในการมองที่สองตาไม่สามารถทำงานร่วมกันได้จะส่งผลต่อการรับรู้ความลึกและทำให้ไม่สามารถมองเห็นภาพสามมิติได้ เช่น

- ตาขี้เกียจ (Amblyopia) เป็นข้อบกพร่องในการควบคุมกล้ามเนื้อตาได้ไม่ดีจึงส่งผลต่อภาพ คือ ทำให้การมองเห็นมีความชัดเจนลดลง

- ตาเหล่หรือตาเข (Strabismus) ความผิดปกติชนิดนี้เกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อของตาทั้ง 2 ข้างไม่ทำงานร่วมกัน ดังนั้น ภาพวัตถุที่ตกลงบน fovea ของตาข้างหนึ่งจะไม่ตกลง fovea ของตาอีกข้างหนึ่ง เป็นความผิดปกติของตาที่ชี้ไปในทิศทางที่แตกต่างกัน เวลามองจึงไม่มีจุดมุ่งหมายตรงไปข้างหน้าหรือไม่มีจุดมุ่งหมายในการมองไปยังวัตถุเดียวกันพร้อมกัน คือ ตาหนึ่งอาจจะมองเข้าข้างใน อีกตามองออกข้างนอก ส่งผลให้การรับรู้ความลึกเกิดขึ้นได้บางส่วนเท่านั้น

- Stereoblindness เป็นลักษณะของตาบอดต่อการรับรู้ความลึกจึงทำให้ไม่สามารถรับรู้ความลึกของภาพสามมิติและเปรียบเทียบภาพที่มาจากสองตาได้

- Convergenceไม่เพียงพอ ทำให้ตาไร้ความสามารถในการลู่เข้า / ลู่ออก ทำให้มองเห็นภาพเป็นภาพเบลอ ปวดหัวและเกิดความเมื่อยล้าตาได้ง่าย

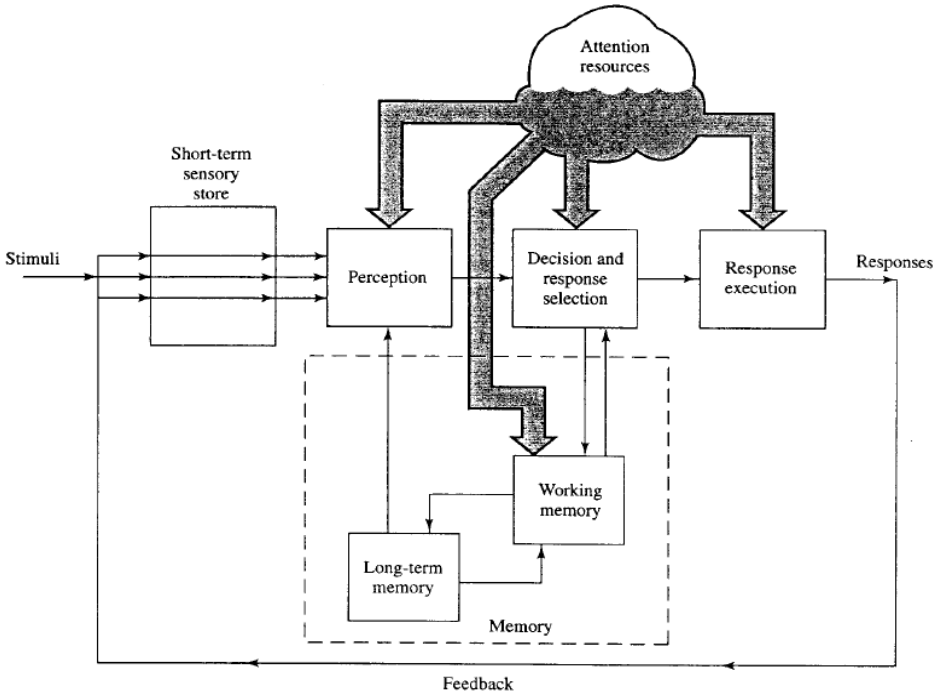
- Convergenceส่วนเกิน ตามีแนวโน้มที่จะเลี้ยวเข้าข้างในมากเกินไปเมื่อดูวัตถุในระยะทางใกล้ ทำให้ภาพเบลอและไม่เข้าใจภาพที่เห็นได้

- Fusional Vergence Disfunction เป็นการที่ไม่สามารถใช้สองตาในการมองเห็นได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้มองเห็นภาพซ้อนและเกิดความสับสนขึ้นได้ (สัญญา, 2552)

ดังที่ได้กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นจะเห็นได้ว่าดวงตานั้นเป็นอวัยวะหนึ่งในระบบสัมผัสที่มีความสำคัญและมีความซับซ้อนอย่างมากเพื่อทำให้เกิดการมองเห็นและส่งภาพที่เห็นไปยังสมองเท่านั้นแต่ความสามารถในการที่จะประมวลผลภาพที่เห็น เพื่อรับรู้ เข้าใจ และตอบสนองได้นั้นต้องขึ้นอยู่กับกระบวนการรับรู้ที่จะเกิดขึ้นโดยสมองด้วย

2.3 กระบวนการรับรู้ในมนุษย์

กระบวนการรับรู้ในมนุษย์ประกอบไปด้วย 4 ส่วน คือ การรับรู้ (Perception) การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติ (Decision and Response selection) การตอบสนอง (Response) และความจำ (Memory) ซึ่งมีกระบวนการ ดังรูป



ภาพที่ 2.5 กระบวนการรับรู้ในมนุษย์ (Niebel, 2009)

เมื่อมีข้อมูลหรือสิ่งเร้า (Stimuli) เข้ามาสู่อวัยวะรับสัมผัสของมนุษย์ทั้ง 5 เช่น เสียง, ภาพ, กลิ่น,สัมผัส เป็นต้น ข้อมูลชุดนั้นจะถูกเก็บในความจำระยะสั้น (Short-term memory) ซึ่งจะสามารถเก็บข้อมูลได้จำกัดและรบกวนได้ง่าย จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยังหน่วยการรับรู้ (Perception) และแปลความหมายข้อมูล โดยอาจมีการอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมประกอบด้วย ทำให้มีโอกาสที่จะจำได้หรือจำไม่ได้จนแปลความหมายข้อมูลถูกต้องหรือผิดพลาด

ได้ ต่อมาถึงจะเกิดการตัดสินใจว่า จะทำหรือไม่ทำ (Decision and Response selection) และขั้นสุดท้ายหากตัดสินใจที่จะทำ จะเกิดการตอบสนองออกมา (Response) และส่วนสุดท้ายคือหน่วยความจำ (Memory) จะประกอบไปด้วย ความจำในส่วนของการปฏิบัติงาน (Working memory) และความจำระยะยาว (Long-term memory) (Andris et al., 2009) ความจำในส่วนของการปฏิบัติงานจะทำหน้าที่เก็บรักษาข้อมูลไว้ชั่วคราว เช่น ในการหาหมายเลขโทรศัพท์เพื่อที่จะจดจำไปกดที่เครื่อง เป็นต้น แต่มีข้อจำกัดในด้านปริมาณของข้อมูลและระยะเวลาในการเก็บรักษาข้อมูล โดยความจำในส่วนของการปฏิบัติงานนี้สามารถจำข้อมูลได้ 7±2 หน่วย ถ้ามีข้อมูลที่ต้องจำมากกว่า 7 ตัว ความผิดพลาดจะเกิดขึ้นได้ วิธีที่จะทำให้เราสามารถจำข้อมูลมากกว่า 7 ตัว คือ การจำตัวเลขเป็นชุด ชุดละ 3-4 ตัว หลังจากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยังความจำระยะยาว ถ้าต้องการให้ข้อมูลคงอยู่นานๆสามารถทำได้โดยการอ่านซ้ำๆ เพราะว่าในการอ่านซ้ำแต่ละครั้งเท่ากับเป็นการนำข้อมูลใส่ลงไปในความจำระยะสั้นใหม่อีกครั้ง ข้อมูลที่ทบทวนในความจำระยะสั้นบ่อยๆก็มีโอกาสที่จะไปอยู่ในความจำระยะยาวได้แต่ถ้าไม่มีการอ่านซ้ำหรือทบทวน ข้อมูลในความจำระยะสั้นก็จะหายไปอย่างรวดเร็ว (Miller, 1956)

เมื่อดวงตาส่งภาพที่เห็นไปยังสมองจะเกิดกระบวนการรับรู้ต่างๆ ดังกล่าวขึ้น ทำให้รับรู้ได้ว่าภาพนั้นมีรูปร่างลักษณะเป็นอย่างไร รวมไปถึงสามารถจำแนกสีของภาพที่เห็นได้อีกด้วยว่าส่วนต่างๆของภาพประกอบไปด้วยสีใดบ้าง การมองเห็นสีต่างๆได้นั้นจะช่วยทำให้สามารถแยกประเภทของวัตถุหรือสิ่งของที่เห็นได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

2.4 ทฤษฎีสีของมันเซลล์ (Munsell) (Woong, 2009)

การที่มนุษย์สามารถรับรู้มองเห็นสีสันต่างๆได้จึงทำให้มีการคิดค้นทฤษฎีสีขึ้นมากมาย เพื่อใช้จัดจำแนกแบ่งแยกสีและเป็นประโยชน์ต่อการผสมสี โดยทฤษฎีสีของมันเซลล์ เป็นทฤษฎีสีที่มีอิทธิพลและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในวงการสี ผู้คิดค้นทฤษฎีนี้ คือ อัลเบิร์ต เฮนรี่ มันเซลล์ (Albert Henry Munsell) ซึ่งเป็นจิตรกรชาวอเมริกัน เมื่อปี ค.ศ. 1898

ทฤษฎีสีของมันเซลล์ได้กำหนดแม่สีไว้ 5 สี ประกอบด้วย สีแดง สีเหลือง สีเขียว สีน้ำเงิน และสีม่วง โดยมันเซลล์ได้ทำการศึกษาค้นคว้าทดลอง โดยเชื่อว่า สีมีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ สีทุกสีสามารถแผ่กระจายได้, สีทุกสีสามารถให้ความรู้สึกเกี่ยวกับมิติได้ และสีทุกสีสามารถผสมกับสีอื่นได้ จากทฤษฎีนี้จึงมีพัฒนาและเกิดเป็นโมเดลสีดังที่เห็นในโปรแกรม Photoshop ซึ่งประกอบไปด้วย 4 โมเดล ได้แก่

- RGB (Red Green Blue) เป็นสีที่ใช้สำหรับการใช้งานกับจอภาพคอมพิวเตอร์ ระบบสี RGB เป็นระบบสี 24 บิต ที่สามารถแสดงสีได้จำนวน 256 สีที่เราเห็นบนหน้าจอ ซึ่งจะแสดงผล

ผ่านหลอดลำแสงที่เรียกว่า CRT (Cathode ray tube) แสดงออกมาโดยอาศัยการผสมของแสงสี แดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

- Lab เป็นมาตรฐานสำหรับการวัดค่าสีทุกรูปแบบที่เกิดจากอุปกรณ์ต่างๆ เช่น จอคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ เครื่องสแกน และอื่น ๆ เป็นต้น

- CMYK (Cyan Magenta Yellow Black) เป็นสีที่ใช้สำหรับการใช้งานกับเครื่องพิมพ์

- HSB (Hue Saturation Brightness) เป็นสีพื้นฐานสำหรับการมองเห็นสีของตามนุษย์

ไม่ว่าจะเป็นสีระบบใดก็ตามจะสามารถเกิดขึ้นเพื่อให้ตาของคนเรามองเห็นได้นั้นจำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงสี สำหรับคอมพิวเตอร์ก็เช่นกันที่ต้องมีจอภาพคอมพิวเตอร์เป็นตัวแสดงสีต่างๆออกมาให้เห็น การพัฒนาจอภาพจึงได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนถึงในปัจจุบันที่ส่วนใหญ่จะเป็นจอภาพแบบผลึกเหลวหรือที่เรียกว่า จอภาพ LCD (Liquid Crystal Display)

2.5 จอภาพ LCD (Liquid Crystal Display) (Piroon, 2005)

จอภาพ LCD (Liquid Crystal Display) เป็นจอภาพแบบผลึกเหลว ซึ่งเป็นสารที่โปร่งใสและมีคุณสมบัติระหว่างของแข็งและของเหลว คือ เมื่อตอนปกติผลึกเหลวจะอยู่รูปสถานะของเหลว แต่เมื่อมีแสงผ่านมาจะเกิดการจัดเรียงโมเลกุลใหม่ ผลึกเหลวจะมีคุณสมบัติเป็นของแข็งแทน ส่วนที่แสงผ่านไปแล้วก็จะกลับมามีเป็นของเหลวเหมือนเดิม มีหลักการทำงาน คือ เริ่มจากแสงที่ส่องออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เข้าสู่แผ่น polarize filter ชุดแรก polarize filter เป็นแผ่นที่ใช้เพื่อควบคุมแนวของแสง แสงที่ส่องออกมาจะมีแนวเดียว อาจเป็นแสงแนวตั้งแล้วแสงก็ไปสู่คริสตัลเหลว (Liquid Crystal) ชิ้นเล็กๆ จำนวนมากเรียงกันเป็นตารางอย่างเป็นระเบียบ หากคริสตัลเหลวไม่เปลี่ยนทิศทางของแสง แสงก็จะวิ่งต่อไปเป็นแนวตั้งเมื่อไปพบแผ่น polarize ชุดที่สองที่วางในแนวนอน แสงก็ไม่สามารถออกไปได้ กลายเป็นพิกเซลที่มืด หรือถ้าคริสตัลเหลวโดนสนามไฟฟ้าเปลี่ยนแกนโมเลกุลอย่างถูกต้อง เมื่อแสงแนวตั้งวิ่งผ่านคริสตัลเหลว คริสตัลเหลวก็จะเปลี่ยนแกนของแสงโดยเปลี่ยนให้แสงวิ่งออกมาในแนวนอน เมื่อไปพบแผ่น polarize ชุดที่สองที่วางในแนวนอน แสงก็สามารถออกไปได้กลายเป็นพิกเซลที่สว่างสีเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ออกมา โดยใน 1 พิกเซล จะเกิดจากการทำงานร่วมกันของ cell อย่างน้อย 3 cell ได้แก่ cell ควบคุมแสงแดง, cell ควบคุมแสงเขียว และcell ควบคุมแสงน้ำเงิน ปัจจุบันจอภาพแบบ LCD แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. Dual-Scan Twisted Nematic (DSTN)

LCD แบบ DSTN เป็นจอ LCD แบบ Passive Matrix ซึ่งประกอบไปด้วยเลเยอร์หลายๆ ชั้น โดยชั้นแรกจะเป็นแผ่นแก้วเคลือบด้วยเมทัลออกไซด์ ซึ่งเป็นสารที่มีลักษณะโปร่งแสงมาก

เพื่อที่จะไม่ไปทำให้คุณภาพของภาพลดลง ในส่วนบนนั้นจะเป็นโพลิเมอร์ฉาบเป็นพื้นผิวเป็นร่องๆ เพื่อใช้ในการจัดเรียงโมเลกุลของผลึกเหลวให้อยู่ในทิศทางที่ต้องการ เรียกว่า Alignment Layer ซึ่งจะมีสองชั้น อยู่คนละฟากของช่องว่าง สำหรับชั้นของ Polarized Layer ก็จะถูกเพิ่มลงไปในพื้นผิวชั้นนอกสุด เพื่อให้ตรงกับทิศทางของ Alignment Layer โดย LCD แบบ DSTN นั้น ทิศทางของ Alignment Layer จะมีค่าอยู่ในช่วง 90 - 270 องศา และใช้ Cold-Cathode Fluorescent เป็นตัวแจกจ่ายแสงไปตามหน้าจอด้วยปริซึม ภาพที่ปรากฏบนจอภาพนั้นถูกสร้างขึ้นมาจากแสงในขณะที่ผ่านชั้นเลเยอร์ของจอภาพนั่นเอง ข้อเสียของจอ LCD แบบ DSTN คือ มีมุมมองที่จำกัดและมีการตอบสนองที่ช้ามาก ดังนั้นจึงมีปัญหาเวลาที่เราดูภาพยนตร์หรือเคลื่อนที่เมาส์เร็วๆจะทำให้เกิดเป็นภาพเบลอ เนื่องมาจากจอภาพไม่สามารถตามการเปลี่ยนแปลงของภาพได้ทัน

2. Thin Film Transistor (TFT)

จอ LCD แบบ TFT นั้นถูกพัฒนาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของ จอ LCD แบบ DSTN โดยจอแบบ TFT นี้จะเพิ่มเอาทรานซิสเตอร์เข้าไปเชื่อมต่อเข้ากับจอ LCD โดยทรานซิสเตอร์แต่ละตัวจะคอยควบคุมมุมองศาของการบิดเกลียวของแสงและความเข้มของสีแดง เขียว และน้ำเงินของแต่ละพิกเซล เพื่อทำให้มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของภาพที่เร็วขึ้นและมีความคมชัดขึ้น

นอกจากนี้จอ LCD ยังมีข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่ง คือ LCD จะมี การวาง cell แต่ละตำแหน่งติดตั้งไว้อย่างถาวรเปลี่ยนแปลงไม่ได้ (1 cell = 1 พิกเซล หรือ 3 cell = 1 พิกเซลสำหรับจอสี) ทำให้มีปัญหาเรื่ององศาการมอง เนื่องจากแสง เมื่อวิ่งผ่านแผ่น polarize filter จะทำให้การกระจายของแสงลดลงไปกว่า 95% แสงที่ออกมาจึงมีความสว่างเมื่อมองด้านตรงเท่านั้น ถ้ามองเอียงๆ ที่ทำมุมเกิน 45 องศาก็จะไม่สามารถเห็นภาพบนจอได้แล้ว

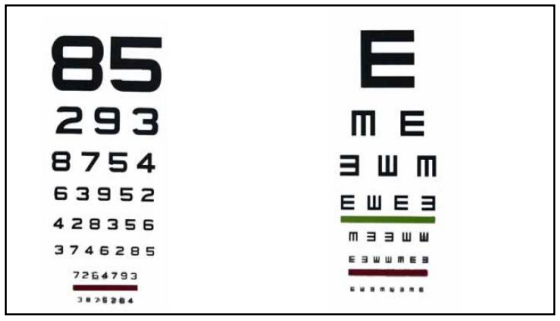
2.6 แว่นสามมิติ

สำหรับการดูภาพสามมิตินั้นต้องมีการสวมแว่นสามมิติด้วย เพื่อให้แว่นทำหน้าที่รวมภาพเหล่านี้ให้เป็นภาพเดียวกันก่อนที่จะส่งเข้าสู่ลูกตาเราอีกที โดยจากระบบการมองเห็นของตาคนเรา เมื่อตาเรามองวัตถุ ตาซ้ายกับตาขวาจะมองเห็นตำแหน่งของวัตถุคนละตำแหน่ง และความใกล้ไกลของวัตถุ ก็มีผลต่อตำแหน่งของภาพที่มองเห็น เช่น ถ้าลองมองนิ้วมือด้วยตาซ้ายและขวาทีละข้าง จะสังเกตเห็นว่าภาพที่มองเห็นจะเหลื่อมกัน แล้วลองเลื่อนนิ้วออกไปแล้วลองมองดูด้วยตาซ้ายขวาทีละข้างอีกครั้ง จะสังเกตได้ว่าตำแหน่งจะเหลื่อมกันน้อยลง เพราะสมองจะทำการผสมภาพตาซ้ายและขวาให้เห็นภาพเป็นมิติ ระบบแว่นสามมิติจะอาศัยการเลียนแบบดังกล่าว โดยจะทำการสร้างภาพตาซ้าย ขวา สลับกันไปด้วยความถี่ประมาณ 120 Hz จากนั้นแว่นตาจะทำการปิดเปิดตาซ้ายและขวาให้สัมพันธ์กับภาพ เช่น สัญญาณภาพซ้าย แว่นจะเปิดตาซ้าย ปิดตาขวา

สลับกันไปด้วยความถี่ 60 Hz ต่อข้าง เมื่อสัญญาณแสดงภาพตาซ้าย แว่นตาจะเปิดเฉพาะตาซ้ายทำให้ตาซ้ายเห็นภาพซ้าย ขณะที่ภาพแสดงภาพขวาแต่เรตินาของตาซ้ายยังมีภาพที่ตาซ้ายค้างอยู่แว่นตาจะเปิดเฉพาะตาขวา ทำให้สมองของคนเราสั่งการเห็นภาพออกมาเป็นมิติได้

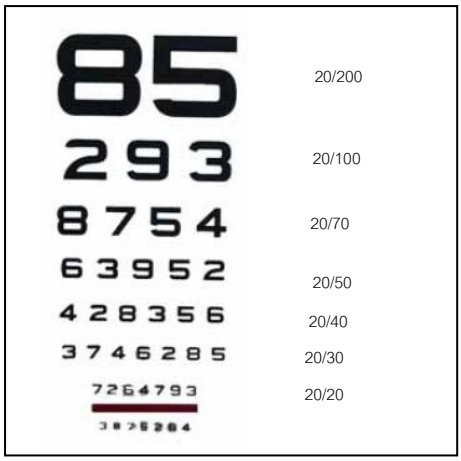
2.7 การวัดสายตา

การวัดสายตา เป็นการตรวจสอบสายตาของคนเราว่ามีระดับสายตาหรือความสามารถในการมองเห็นที่เป็นปกติหรือไม่ หากผิดปกติจะได้ทำการแก้ไขเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นกับการมองเห็น การวัดสายตาจึงเป็นการวัดระดับสายตานั่นเอง ระดับสายตา (Visual acuity) คือ ความสามารถในการแยกความแตกต่างที่น้อยที่สุดระหว่างวัตถุสองอัน หรือหมายถึง ความคมชัดของสายตา การวัดระดับสายตามีสองระยะ คือ ระยะไกล (Distance Visual acuity) เป็นระยะ 6 เมตร (หรือ 20ฟุต) และ ระยะใกล้ (Near Visual acuity) เป็นระยะ 33 เซนติเมตร (หรือ 14 นิ้ว) ซึ่งเป็นระยะทำงานบนโต๊ะ (working distance) วิธีการทดสอบสายตาที่เป็นมาตรฐานและนิยมใช้กัน คือ Snellen Visual Acuity โดยใช้แผ่นทดสอบที่เรียกว่า Snellen chart ดังรูปที่ 6 ซึ่งเป็นแผ่นที่มีพื้นขาวมีตัวเลขหรือตัวอักษรเป็นตัวทดสอบ (Optotypess) หรืออาจเป็นตัวอักษร “E” ดังภาพที่ 2.6 สำหรับผู้ที่ไม่เข้าใจตัวหนังสือ หรือในเด็กเล็กก่อนวัยเรียน (นภาพร, 2553)



ภาพที่ 2.6 Snellen chart และ E chart

ผู้ร่วมทำการทดลองที่มีสายตาปกติและผู้ที่สวมแว่นตาจะต้องได้รับการตรวจวัดความสามารถในการมองเห็น โดยให้ผู้ร่วมทำการทดลองอยู่ที่ระยะ 20 ฟุต ห่างจากแผ่นทดสอบ Snellen Chart ถ้าผู้ร่วมทำการทดลองไม่ได้สวมแว่นสายตาให้อ่านตัวเลขด้วยตาเปล่าได้เลย สำหรับผู้ร่วมทำการทดลองที่สวมแว่นตาหรือใส่คอนแทคเลนส์อยู่แล้วให้อ่านตัวเลขขณะที่มีการสวมแว่นตาหรือใส่คอนแทคเลนส์อยู่จึงเริ่มให้อ่านตัวทดสอบจากบนสุดลงมาเรื่อยๆ ทีละแถวจนถึงตัวเล็ก โดยทำการวัดสายตาทีละข้าง



ภาพที่ 2.7 Snellen chart

ผู้ที่มีสายตาปกติจะสามารถอ่านได้จนถึงแถว 20/20 หมายความว่า ผู้ร่วมทำการทดลองเห็นที่ระยะ 20 ฟุต และคนปกติเห็นที่ 20 ฟุตเช่นกัน ถ้าผู้ร่วมทำการทดลองไม่สามารถอ่านได้จนถึงแถว 20/20 แสดงว่า มีสายตาผิดปกติจะไม่นำเข้าร่วมทดลองในขั้นตอนต่อไป (สมพร, 2539)

2.8 **ความล้าของสายตา** (Visual fatigue)

การที่อวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายทำงานติดต่อกันเป็นเวลานานๆมักจะทำให้สภาพร่างกายรู้สึกเหนื่อยและอ่อนเพลีย เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง สภาพดังกล่าวนี้เรียกว่า ความล้า แม้แต่ดวงตาหากมีการใช้งานเป็นเวลานานมากเกินไปก็จะทำให้เกิดเป็นความล้าของสายตาขึ้นได้ ความล้าของสายตา หมายถึง อาการต่างๆที่แสดงออกมาหลังจากที่ร่างกายมีความรู้สึกเหนื่อยและเพลียที่เกิดขึ้นกับสายตา ได้แก่ ตาแดง ตาพร่ามัว การปรับโฟกัสแย่ลงและปวดศีรษะ เป็นต้น สิ่งที่สำคัญ คือ การที่กล้ามเนื้อตามีการเกร็งจากการยืดหรือหดตัวเป็นเวลานานๆในขณะที่มีการจ้องมองวัตถุขนาดเล็ก,วัตถุที่อยู่ในสภาพที่เห็นได้ไม่ชัดเจนหรือมองในระยะที่ใกล้เกินไป จึงต้องทำการเพ่งมองเพื่อให้ภาพไปตกที่จอตา สิ่งที่จะเกิดขึ้นหลังจากการเกิดความล้าทางสายตา คือ

1. ตาแดง ตาแห้ง แสบตา ตาอักเสบ ตาพร่า น้ำตาไหล
2. การมองเห็นเป็นภาพซ้อน ภาพเบลอ ภาพที่เห็นมีรายละเอียดที่ไม่ชัดเจน
3. ปวดศีรษะ, ปวดกระบอกตาหรือปวดเบ้าตา
4. การปรับตัวของเลนส์หรือการปรับขยายระยะโฟกัสแย่ลง
5. ความไวของประสาทรับสัมผัสทางตาลดลง
6. เวียนหัว, คลื่นไส้หรืออาเจียน

ดังนั้น เมื่อใดก็ตามที่ตาอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น แสงสว่างมากหรือน้อยเกินไป ภาพกระพริบหรือให้ตารับภาระมากเกินไป อาการล้าทางตาก็จะเกิดขึ้นและอาจส่งผลต่ออาการล้าทั่วไป (General fatigue) และอาจทำให้เกิดความผิดพลาดหรือเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้อีกด้วย (สมพร, 2539) แม้กระทั่งบริษัท ซัมซุง ซึ่งเป็นผู้ผลิตโทรทัศน์สามมิติและแว่นตาสามมิติยังได้ออกคำเตือนเกี่ยวกับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้แว่นสามมิติว่าเด็กและวัยรุ่นอาจจะมีความไวต่อปัญหาด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการดูภาพสามมิติและควรได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิด ผู้ชมบางรายอาจมีอาการชักจากโรคลมชักหรือโรคหลอดเลือดสมอง ถ้าประสบปัญหาหรือมีประวัติครอบครัวเป็นโรคลมชักควรมีการปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ก่อนที่จะใช้งานระบบสามมิติ รวมไปถึงผู้หญิงที่ตั้งครรภ์, ผู้สูงอายุ, ผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการนอนหลับและผู้ที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอลล์ควรหลีกเลี่ยงการใช้ฟังก์ชั่นสามมิตินอกจากนี้ การดูโทรทัศน์สามมิติยังอาจทำให้เกิดการเมารถหรือเสียการทรงตัวได้ ทางบริษัท ซัมซุง (2010) ได้มีการแนะนำให้ผู้ชมพักสายตาจากการดูระบบสามมิติบ่อยๆ และควรพักสายตาก่อนการขับรถหรือกิจกรรมต่างๆทันทีหลังจากดูภาพสามมิติเพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น หากตารู้สึกแห้งก้าน เมื่อยล้า หรือมีอาการใดๆดังกล่าว ต้องรีบยุติการดูระบบสามมิติอย่างน้อยสามสิบนาที จะเห็นได้ว่า การใช้สายตาเป็นเวลานานๆนั้นควรมีการได้พักสายตาบ้าง ตามที่ได้มีทำการวิจัยถึงผลกระทบของความล้าทางสายตาในงานพิมพ์บนจอภาพคอมพิวเตอร์ พบว่า การพิมพ์งานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ควรมีระยะพักเป็นเวลา 10 นาที เพื่อลดอาการล้าที่เกิดขึ้นกับตา (สมพร, 2539) นอกจากการพักสายตาแล้วควรมีการแก้ไขด้านต่างๆ เช่น ระยะห่างระหว่างตากับหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อลดความล้าที่เกิดขึ้นด้วย ดังที่จะเห็นได้จากงานวิจัยของ Taptagaporn และ Saito (1993) ทำการศึกษาถึงสภาวะพักของตาเพื่อให้เกิดความสบาย ในการทำงานกับ VDT โดยได้ทำการศึกษาสภาวะพักเป็น 3 ระบบ คือ 1) Pupil System 2) Vergence System 3) Accommodation System สรุปการทดลองได้ว่า

1. ควรต้องปรับระยะความสูงของจอภาพ เพื่อให้เหมาะสมต่อผู้ปฏิบัติงาน
2. ปรับจอภาพให้เป็นมุมต่ำระหว่างสายตากับจอภาพ
3. ระยะการมองจากตาถึงจอภาพ แป้นพิมพ์ และแท่นวางเอกสาร เป็นระยะ 50-70 เซนติเมตร
4. ความส่องสว่าง 500 ลักซ์

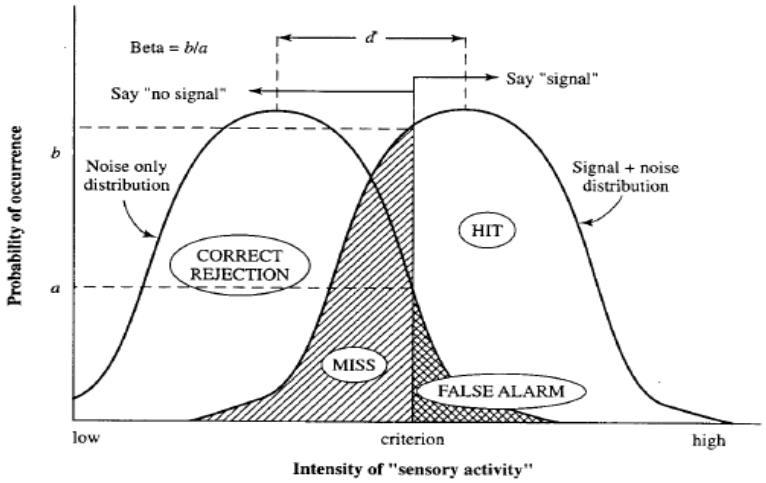
2.9 การวัดความล้าของสายตา

การวัดความล้าหรือปริมาณความล้านั้นไม่สามารถวัดได้โดยตรง ทำได้เพียงหาว่าเริ่มมีความล้าเกิดขึ้นมา หรือหาตัวชี้ (indicator) แสดงว่ามีความล้าเกิดขึ้นแล้ว โดยใช้วิธีการวัด ดังนี้

1) ใช้เครื่องวัดความถี่ของแสงกระพริบ (Critical flicker frequency, CFF) เป็นเครื่องที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปล่งแสงและปิดแสงสลับกันไปด้วยความถี่ของการกระพริบ โดยจะใช้ทดสอบ 2 สถานะ คือ สถานะไฟกระพริบ(ความถี่ต่ำ) และสถานะไฟหยุดนิ่ง(ความถี่สูง) โดยจะมีการปรับความถี่สูง (UP) เมื่อเห็นไฟเริ่มนิ่งให้ปล่อยปุ่มตอบสนอง ก็จะได้ค่าความถี่ออกมาค่าหนึ่ง และเมื่อปรับความถี่ต่ำ (DOWN) ลงมาจนกระทั่งไฟเริ่มกระพริบ ให้ปล่อยปุ่มตอบสนอง ก็จะได้ค่าความถี่ออกมาอีกค่าหนึ่ง จากนั้นจึงนำค่าที่ได้จากการวัดดังกล่าวทั้งก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบมาเปรียบเทียบกัน หากค่าความถี่ลดลงจะแสดงถึงว่ามีความล้าเกิดขึ้น(กิตติ, 2548) แม้ว่าเครื่องมือชนิดนี้จะแสดงให้เห็นถึงความล้าของตาได้ทันทีหลังการทดสอบแต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องของการเก็บข้อมูลจากผู้ถูกทดสอบที่จะต้องทำการวัดทันทีหลังจากใช้สายตาเพื่อไม่ให้ค่าความถี่ที่ได้ผิดพลาดไปจากความล้าของตาจริงในขณะนั้น

2) การวัดเวลาตอบสนอง (Reaction time) เป็นการวัดความเร็วในการรับรู้ การตีความหรือการตอบสนองว่ามีความสามารถในการรับรู้หรือตอบสนองด้วยความเร็วที่ลดลงหรือไม่ เพราะว่าหากมีการตอบสนองที่ช้าลง นั่นหมายถึง อาจเกิดสัญญาณของความล้าขึ้น ซึ่งเป็นเวลาตั้งแต่ร่างกายได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าจนกระทั่งจะเริ่มต้นการเคลื่อนไหว ตามที่ Magaret (1972) กล่าวว่า ความสามารถของมนุษย์ที่แสดงตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่างๆนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วของเวลาปฏิกิริยา (Reaction time) และเวลาปฏิกิริยานั้นสำคัญมากต่อการแสดงออกของบุคคลทั่วไปเพื่อดูถึงความสามารถในการรับรู้ที่ผิดปกติ

3) การวัดการรับรู้ตาม Signal detection theory (SDT) ทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณเป็นหลักการพื้นฐานที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับหลายสถานการณ์ ขึ้นอยู่กับการกำหนดว่าสัญญาณ (signal) คืออะไร และสิ่งที่รบกวนสัญญาณ (noise) คืออะไร เช่นในงานวิจัยของ David Heeger ได้ทำการวิจัยถึงการนำทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณมาประยุกต์ใช้สำหรับการวิเคราะห์เกี่ยวกับระบบประสาทสัมผัสของแพทย์ในการตัดสินใจถึงโอกาสการเป็นโรคมะเร็งของผู้ป่วย โดยที่สัญญาณ (signal) และสิ่งที่รบกวนสัญญาณ (noise) มีความสัมพันธ์กับโอกาสความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น (probability) ดังกราฟข้างล่างนี้



ภาพที่ 2.8 กราฟตามทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณ (Niebel, 2009)

จากกราฟจะเห็นได้ว่าประกอบไปด้วยพื้นที่ 4 ประเภท คือ

1. Hit - รับรู้ว่ามีสัญญาณเกิดขึ้นเมื่อมีการแสดงสัญญาณออกมา
2. Correction rejection - รับรู้ว่าไม่มีสัญญาณเกิดขึ้นเมื่อไม่มีสัญญาณแสดงออกมา
3. False alarm - รับรู้ว่ามีสัญญาณเกิดขึ้นเมื่อไม่มีสัญญาณแสดงออกมา
4. Miss - รับรู้ว่าไม่มีสัญญาณเกิดขึ้นเมื่อมีสัญญาณแสดงออกมา

พื้นที่ที่เกิดขึ้นดังกล่าวนั้นเกิดขึ้นจากเส้นวิกฤติ (criteria) ที่แบ่งแยกพื้นที่ต่างๆโดยเส้นวิกฤตินี้เกิดจากอัตราส่วนของสัญญาณกับสิ่งที่รบกวนสัญญาณ (b/a) เราสามารถใช้การแบ่งแยกพื้นที่ของเส้นวิกฤตินี้เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของการรับรู้หรือความล้าของผู้ถูกทดสอบได้ เช่น เส้นวิกฤติที่ได้เกิดจากความสามารถในการรับรู้สัญญาณของคนปกติทั่วไปและอยู่ในสภาวการณ์ที่ปกติด้วย หากมีการใช้อวัยวะสัมผัสเพื่อการรับรู้นั้นมากเกินไปจนเกิดความล้าขึ้น เมื่อมาทำการรับสัญญาณแบบเดิมอีกครั้งการรับรู้จะลดลง นั่นคือ เส้นวิกฤติจะเลื่อนไปทางขวามากขึ้น เนื่องจากพลาดการรับรู้สัญญาณที่แสดงออกมา (miss) เพิ่มมากขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้เห็นว่าการวิจัยเกี่ยวกับ การวัดความล้าของตาจากการใช้คอมพิวเตอร์มีการดำเนินมาอย่างต่อเนื่องเพื่อหาระยะเวลาในการใช้ที่เหมาะสม แต่มักจะวัดจากการใช้แบบสอบถามซึ่งอาจทำให้ได้ข้อมูลที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการวัดความล้าทางสายตาด้วยเครื่องมือที่ทำให้เห็นว่าเกิดความล้าขึ้นได้อย่างชัดเจน โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

3.1 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

1. สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างสถานีงานที่จำลองการใช้แว่นสามมิติบนจอภาพคอมพิวเตอร์

โดยกำหนดให้มีอุปกรณ์และสภาพแวดล้อม (สสิธรและธรณพงศ์, 2541) ดังนี้

- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบแสดงภาพสามมิติ
- โต๊ะวางคอมพิวเตอร์สูง 75 เซนติเมตร
- เก้าอี้นั่งมีพนักพิง มีฐานมั่นคง
- ความสว่างที่จอคอมพิวเตอร์ 300-500 ลักซ์
- อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส

3. เลือกและกำหนดปัจจัยการทดลอง

กำหนดการทดลองเป็น 5 งานที่ต้องใช้สายตามองไปยังหน้าจอคอมพิวเตอร์ คือ

งานที่ 1 เป็นงานพิมพ์บนจอภาพคอมพิวเตอร์

งานที่ 2 เป็นการเล่นเกมระบบสองมิติ

งานที่ 3 เป็นการเล่นเกมระบบสามมิติและมีการสวมแว่นแบบสเตอริโอสโคปิค

งานที่ 4 เป็นการดูภาพยนตร์ระบบสองมิติ

งานที่ 5 เป็นการดูภาพยนตร์ระบบสามมิติและมีการสวมแว่นแบบสเตอริโอสโคปิค

กำหนดรูปแบบการทดลองจึงเป็น 6 รูปแบบ คือ

รูปแบบที่ 1 ทำงานเป็นเวลา 30 นาที พัก 5 นาที (30/5)

รูปแบบที่ 2 ทำงานเป็นเวลา 30 นาที พัก 15 นาที (30/15)

รูปแบบที่ 3 ทำงานเป็นเวลา 60 นาที พัก 5 นาที (60/5)

รูปแบบที่ 4 ทำงานเป็นเวลา 60 นาที พัก 15 นาที (60/15)

รูปแบบที่ 5 ทำงานเป็นเวลา 90 นาที พัก 5 นาที (90/5)

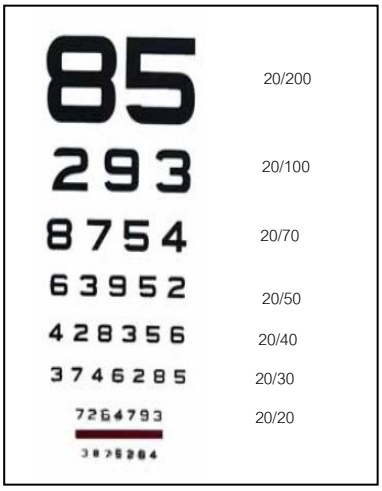
รูปแบบที่ 6 ทำงานเป็นเวลา 90 นาที พัก 15 นาที (90/15)
ซึ่งสามารถแสดงเป็นตารางการวางแผนการทดลองได้ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางการวางแผนการทดลอง (Experimental Design Table)

รูปแบบ	**พิมพ์งาน**			**เล่นเกม2มิติ**			**เล่นเกม3มิติ**			**ภาพยนตร์2มิติ**			**ภาพยนตร์3มิติ**		
	ก่อน	หลัง	พัก	ก่อน	หลัง	พัก	ก่อน	หลัง	พัก	ก่อน	หลัง	พัก	ก่อน	หลัง	พัก
30/5															
30/15															
60/5															
60/15															
90/5															
90/15															

3.2 อุปกรณ์

- Snellen chart



ภาพที่ 3.1 Snellen chart

- Critical Flicker Frequency (CFF)

ภาพที่ 3.2 เครื่อง Critical Flicker Frequency

เป็นเครื่องที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปล่งแสงและปิดแสงสลับกันไปด้วยความถี่ของการกระพริบ โดยจะใช้ทดสอบ 2 สถานะ คือ สถานะไฟกระพริบและสถานะไฟหยุดนิ่ง ซึ่งจะมีการปรับความถี่สูง (UP) จนกระทั่งไฟเริ่มนิ่งให้ปล่อยปุ่มตอบสนอง ก็จะได้ค่าความถี่ออกมาค่าหนึ่ง และเมื่อปรับความถี่ต่ำ (DOWN) ลงมาจนกระทั่งไฟเริ่มกระพริบ ให้ปล่อยปุ่มตอบสนอง ก็จะได้ค่าความถี่ออกมาอีกค่าหนึ่ง จากนั้นจึงนำค่าที่ได้จากการวัดดังกล่าวทั้งก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบมาเปรียบเทียบกัน หากค่าความถี่ที่วัดได้ลดลงจะหมายความว่ามีความล้าทางสายตาเกิดขึ้น

- Signal Detection

ภาพที่ 3.3 เครื่อง Signal Detection

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความล้าจากการใช้สายตาโดยการให้แยกสีที่ผสมกันระหว่างสีแดงซึ่งให้เป็น Signal กับสีเขียวเป็น Noise ด้วยการดูสีที่ขึ้นมา ซึ่งสีดังกล่าวนี้เกิดจากการกำหนดข้อมูลสีผสมลงในโปรแกรมไว้แล้ว (แสดงใน ภาคผนวก ก.) จากนั้นผู้ถูกทดสอบต้องกดปุ่มเพื่อตอบว่าสีผสมที่เห็นนั้นเป็นสีแดงหรือสีเขียว หากมีความล้าทางสายตาเกิดขึ้น สีที่เคยแยกได้ถูกต้องจะแยกได้ผิดพลาดไป นอกจากนี้เครื่องนี้ยังมีการแสดงผลออกมาเป็นเวลาตอบสนอง (Reaction time) ว่ามีความสามารถในการรับรู้หรือตอบสนองด้วยความเร็วเท่าไรอีกด้วย

3.3 ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

3.3.1 **ผู้ถูกทดสอบ** (Subject)

- เลือกผู้ถูกทดสอบเป็นกลุ่มนิสิตที่มีอายุระหว่าง 18-26 ปี และไม่มีปัญหาทางสายตา จำนวน 5 คน โดยที่ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนจะต้องทำการทดลองครบทุกรูปแบบการทดลองทำให้ต้องใช้ระยะเวลานานจึงส่งผลให้มีจำนวนอาสาสมัครที่สามารถมาร่วมทดสอบได้น้อย

- ทำการวัดสายตาด้วย Snellen chart กับผู้ถูกทดสอบทุกคนเพื่อดูภาวะสายตาปกติ โดยให้ผู้ร่วมทำการทดลองอยู่ที่ระยะ 20 ฟุต ห่างจากแผ่นทดสอบ Snellen Chart ถ้าผู้ร่วมทำการทดลองไม่ได้สวมแว่นสายตาให้อ่านตัวเลขด้วยตาเปล่า สำหรับผู้ร่วมทำการทดลองที่มีการสวมแว่นตาหรือใส่ คอนแทคเลนส์อยู่แล้วให้อ่านตัวเลขขณะที่มีสวมแว่นตาและใส่คอนแทคเลนส์อยู่ จากนั้นจึงเริ่มอ่านตัวทดสอบจากบนสุดลงมาเรื่อยๆที่ละแถวจนถึงตัวเล็ก โดยวัดสายตาทีละข้าง

- ทำการฝึกหัด (Training) การใช้เครื่องมือวัดความล้าทางสายตา Critical Flicker Frequency (CFF) ให้กับผู้ถูกทดสอบทุกคน เพื่อจะได้ไม่เกิดความผิดพลาดจากการใช้เครื่องมือวัด ซึ่งอาจส่งผลต่อค่าวัดที่ได้

- ทำการเก็บข้อมูล

3.3.2 **การฝึกหัด** (Training)

ให้ผู้ถูกทดสอบใช้เครื่อง Critical Flicker Frequency (CFF) โดยการวัดจะแบ่งเป็น 2 สถานะ คือ ช่วงความถี่ต่ำไปสูง (CFF-UP) เริ่มที่ความถี่ 20 Hz ขึ้นไป ซึ่งเป็นระยะที่จุดดวงไฟสีแดงกระพริบ ผู้ถูกทดสอบต้องกดปุ่มตอบสนองตลอดเวลา จนกระทั่งเห็นดวงไฟสีแดงเริ่มนิ่งให้ปล่อยปุ่มตอบสนองนั้นในทำนองเดียวกัน เมื่อเปลี่ยนช่วงความถี่จากสูงไปต่ำ (CFF-DOWN) เริ่มจากที่ความถี่ 50 Hz ลงไป ซึ่งเป็นระยะที่จุดดวงไฟสีแดงอยู่นิ่งผู้ถูกทดสอบต้องกดปุ่มตอบสนองตลอดเวลา จนกระทั่งมองเห็นดวงไฟสีแดงเริ่มกระพริบ ให้ปล่อยปุ่มตอบสนองนั้น การฝึกนี้ต้องทำจนกระทั่งผู้ถูกทดสอบเริ่มคุ้นเคยและเข้าใจการใช้เครื่องมือมากขึ้น โดยดูจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยที่ค่อนข้างคงที่

3.3.3 **การเก็บข้อมูล**

1. ให้ผู้ถูกทดสอบพักสายตาก่อนการทดลองเป็นเวลา 15-30 นาที (กรณีที่ผู้ถูกทดสอบใช้สายตามาก่อน เช่น อ่านหนังสือ พิมพ์งาน ดูภาพยนตร์ เป็นต้น)
2. ถ้าผู้ถูกทดสอบยังไม่ได้ใช้สายตามาก่อนให้ทำการทดลองได้เลย
3. ให้กรอกแบบสอบถามที่กำหนดไว้ (แสดงในภาคผนวก ข.) ก่อนการทดสอบ เพื่อดูอาการไม่สบายเกี่ยวข้องกับตา

4. เริ่มวัดสายตาก่อนทำการทดลองด้วย Snellen chart, Critical flicker frequency และ Signal detection บันทึกค่า

5. พิมพ์งานด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นเนื้อเรื่องภาษาไทยเป็นเวลา 30 นาที

6. วัดสายตาด้วยเครื่อง CFF และ Signal detection ทันทีและบันทึกค่า

7. ให้ผู้ถูกทดสอบพัก 5 นาที แล้ววัดสายตาอีกครั้ง บันทึกค่า

8. กรอกแบบสอบถามหลังการทดสอบ

9. ทดสอบเหมือนเดิมอีก 2 ครั้ง (1 ครั้งต่อวันต่อคน)

10. ทดสอบเหมือนข้อที่ 1-9 แต่เปลี่ยนจากการพัก 5 นาที เป็น 15 นาที

11. ทดสอบเหมือนข้อที่ 1-10 แต่เปลี่ยนจากการพิมพ์งานคอมพิวเตอร์เป็นเวลา 60 นาที และ 90 นาที ตามลำดับ

12. ทำการทดสอบเหมือนเดิมทุกข้อแต่เปลี่ยนจากการพิมพ์งานคอมพิวเตอร์เป็นการเล่นเกม สองมิติ การเล่นเกมสามมิติ การดูภาพยนตร์สองมิติและการเล่นเกมสามมิติ

3.3.4 <u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

1. การวิเคราะห์ผลการฝึกหัด (Training) การใช้เครื่องมือของผู้ถูกทดสอบ โดยในการวิจัยนี้มีเครื่องมือวัดความล้าของตาที่ผู้ถูกทดสอบต้องใช้อยู่ 2 เครื่อง คือ เครื่องวัด Critical Flicker Frequency (CFF) และเครื่องวัด Visual Signal Detection (VSD) ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้จะให้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้นั้นต้องขึ้นอยู่กับความชำนาญของการใช้เครื่องมือนั้นของผู้ถูกทดสอบ จึงต้องมีการฝึกฝนการใช้เพื่อให้ผู้ถูกทดสอบเริ่มคุ้นเคยก่อนทำการทดลอง

2. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัดความล้าของตาทั้งก่อนการทดลอง หลังการทดลองและหลังพัก ว่ามีความน่าเชื่อถือได้หรือไม่ โดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยการทดสอบด้วยตัวสถิติ t-test เพื่อดูถึงค่าความถี่ที่ได้ว่าเป็นไปตามสมมติฐานของเครื่องมือ

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความล้าทางสายตา โดยดูจากค่าผลต่างความถี่ CFF ก่อนกับหลังทำงาน เพื่อพิจารณาว่าระยะเวลาทำงานมีผลต่อความล้าของตาหรือไม่ โดยที่ผู้ถูกทดสอบจะต้องทำการทดลองทุกรูปแบบด้วยการสุ่มจึงออกแบบการทดลองเป็นแบบRandomized Complete Block Design (RCBD)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่องานวิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 จนเสร็จแล้ว โดยได้ทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มผู้ถูกทดสอบจำนวน 5 คนในแต่ละประเภทงานแต่เนื่องจากมีผู้ถูกทดสอบที่เกิดอาการคลื่นไส้และเวียนศีรษะเมื่อทำการทดลองกับจอภาพระบบสามมิติจึงต้องเพิ่มผู้ถูกทดสอบอีก 2 คนมาทดสอบกับงานดังกล่าวแทน ทำให้มีผู้ถูกทดสอบรวมทั้งหมดเป็น 7 คน มีอายุเฉลี่ย 23.57 ปี และได้ผ่านการวัดสายตาด้วย Snellen chart ว่ามีสายตาอยู่ในเกณฑ์ปกติ ในงานวิจัยนี้ผู้ถูกทดสอบจะต้องทำการทดลองตามขั้นตอนต่างๆที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ดังนี้

1. ตัวแปรต้น/ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ ระยะเวลาทำงาน, ระยะพัก
2. ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่ ค่าความถี่ CFF, ระดับการแยกสีผสม VSD
3. ตัวแปรควบคุม (Control Variables) ได้แก่ ความส่องสว่าง, อุณหภูมิ, เครื่องคอมพิวเตอร์และระดับความสูงจากพื้น
4. ตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Variables) ได้แก่ อายุ, ปริมาณการนอนหลับก่อนทดลอง

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลตัวแปรต่อเนื่องของผู้ถูกทดสอบ

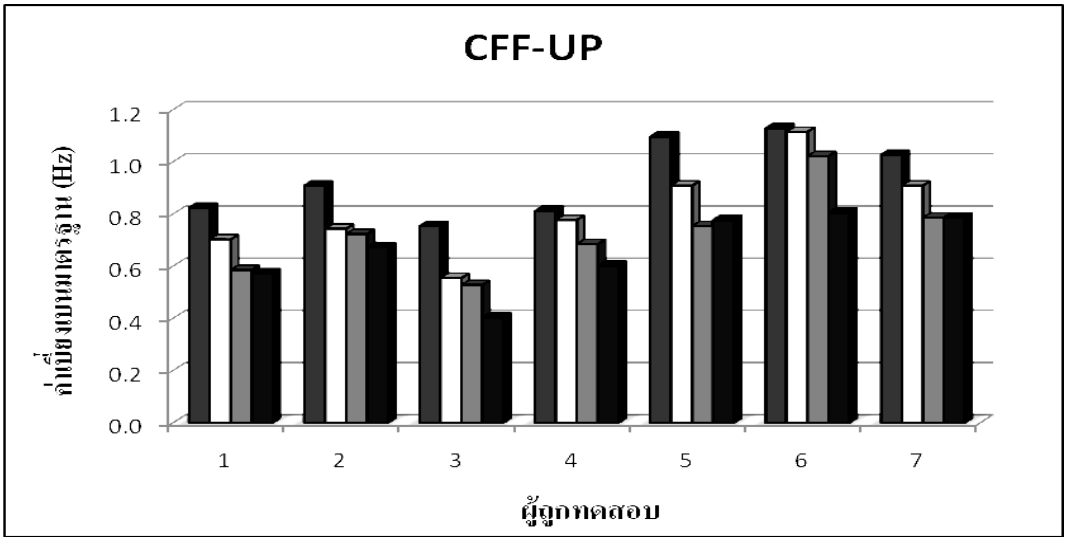
ตัวแปรต่อเนื่อง	**ผู้ถูกทดสอบ**							**เฉลี่ย**	**ค่าความเบี่ยงเบน**
	1	2	3	4	5	6	7		
อายุ (ปี)	25	24	26	24	18	23	25	23.57	2.64
ปริมาณการนอนหลับเฉลี่ย (ชม.)	7	7	8	9	6	7	7	7.29	0.95

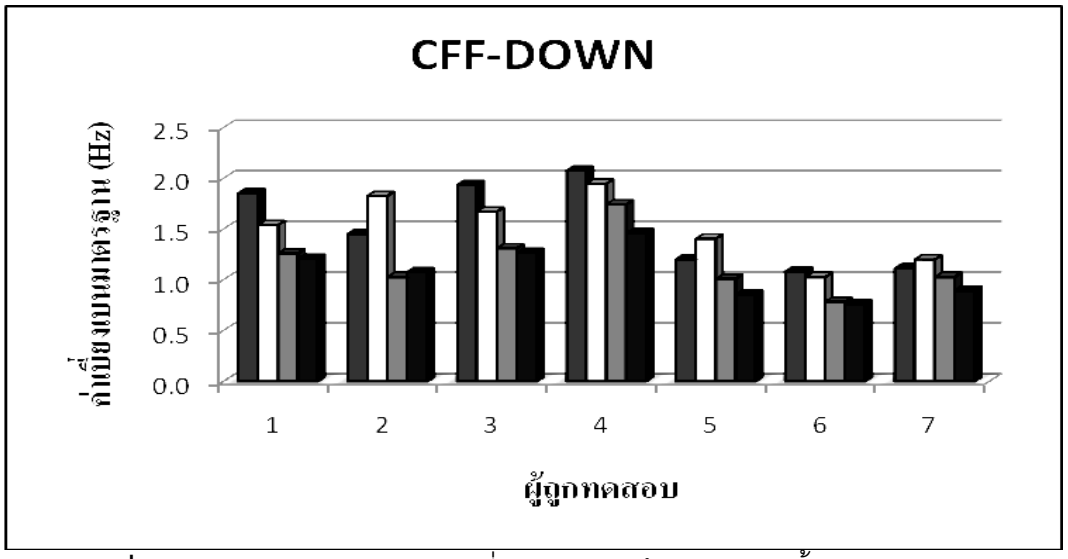
การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็นดังนี้

4.1 วิเคราะห์ผลการฝึกหัดการใช้เครื่องมือวัดความล้าของผู้ถูกทดสอบ

เนื่องจากผู้ถูทดสอบเป็นบุคคลที่ไม่เคยรู้จักกับเครื่องมือวัดความล้าทางสายตาทั้ง Critical Flicker Frequency (CFF) และ Visual Signal Detection (VSD) มาก่อนจึงจำเป็นที่จะต้องมีการฝึกหัดการใช้เครื่องมือเพื่อทำให้เกิดความน่าเชื่อถือของค่าที่ได้จากเครื่องมือเหล่านี้ สำหรับเครื่อง VSD จะฝึกหัดผู้ถูกทดสอบใช้จนกระทั่งสามารถกดปุ่มตอบสนองได้อย่างคล่องแคล่ว ส่วนเครื่อง CFF นั้นจะทำการฝึกหัดจนกระทั่งความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยได้ทำการฝึกหัดเป็นเวลา 2 วันๆละ 2 ครั้ง ดังนั้นผู้ถูกทดสอบจะถูกฝึกการใช้เครื่องมือนี้คนละ 4 ครั้ง ทั้งที่

เป็นแบบปรับความถี่ขึ้น (CFF-UP) และแบบปรับความถี่ลง (CFF-DOWN) ผลที่ได้เป็นไปดังภาพที่ 4.1 ตามลำดับ ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการใช้เครื่องมือนั้นจะมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่อนข้างสูงและจะเริ่มลดลงในครั้งต่อๆไปเพราะว่าผู้ถูกทดสอบเริ่มเข้าใจการทำงานของเครื่องมือและคุ้นเคยมากขึ้น





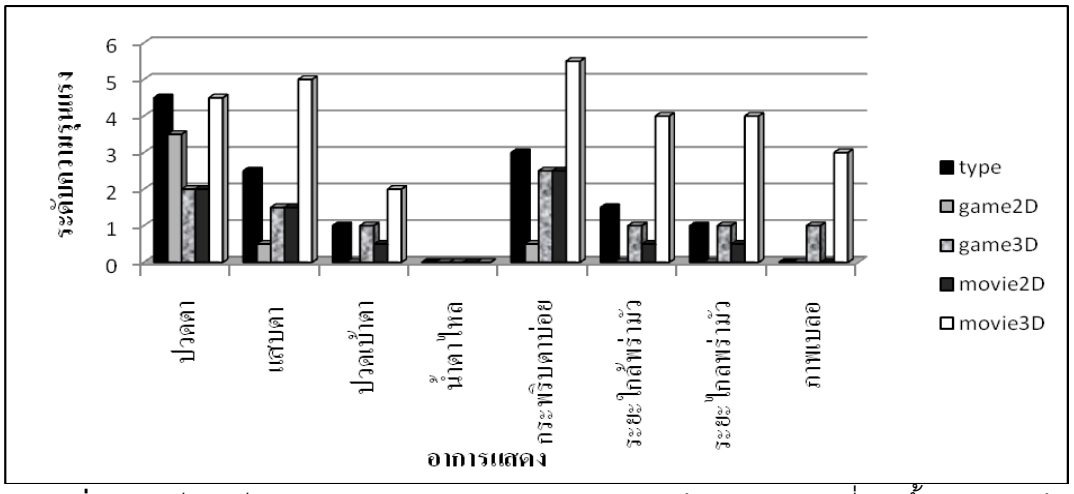
ภาพที่ 4.1 แสดงการลดลงของความถี่ CFF ในการฝึกหัดแต่ละครั้งของผู้ถูกทดสอบ

4.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือวัดความล้าทางสายตา

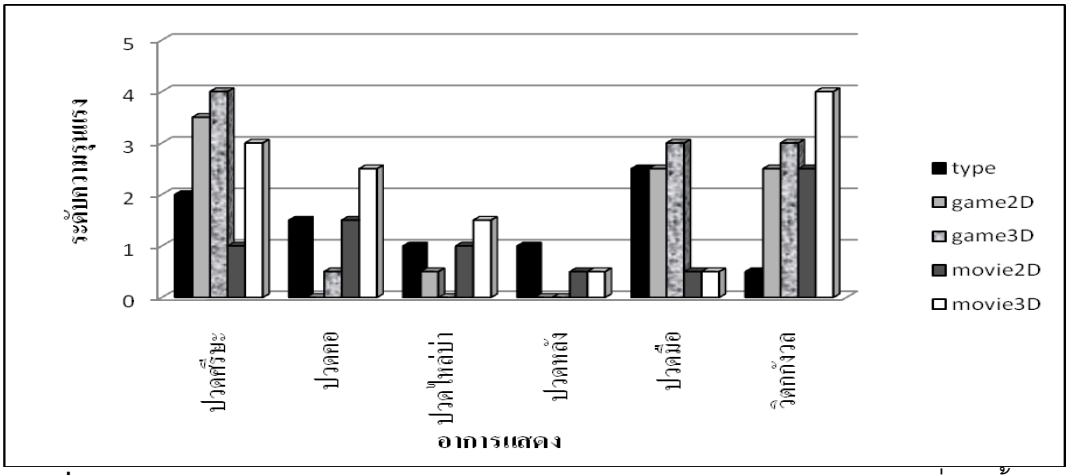
4.2.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม

ข้อมูลที่ได้จากการให้ผู้ถูกทดสอบตอบแบบสอบถามทั้งก่อนและหลังทำการทดลองสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ด้าน คือ อาการความล้าทางสายตา ได้แก่ ปวดตา แสบตา ปวดเบ้าตา น้ำตาไหล กระพริบตาบ่อย การมองเห็นในระยะใกล้หรือไกลพร่ามัว มองเห็นภาพเบลอ ส่วนทาง

กายภาพ ได้แก่ ปวดศีรษะ ปวดคอ บ่า ไหล่ มือและทางด้านจิตใจซึ่งจะทราบได้จากระดับความวิตกกังวล จากภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 แสดงถึงการเปรียบเทียบระดับความรุนแรงเฉลี่ยของอาการต่างๆที่เกิดขึ้นจากการพิมพ์งานเล่นเกมสองมิติ, เล่นเกมสามมิติ, ดูภาพยนตร์สองมิติและดูภาพยนตร์สามมิติ เป็นระยะเวลา 30 นาที พบว่า ในการดูภาพยนตร์สามมิติจะมีระดับอาการความล้าทางสายตาสูงกว่าการใช้สายตาทำงานประเภทอื่นๆ แต่การพิมพ์งานและเล่นเกมทั้งที่เป็นสองมิติและสามมิตินั้นจะส่งผลต่อระดับอาการทางกายภาพมากกว่า สำหรับสภาพจิตใจในงานพิมพ์จะมีสภาพจิตใจดีที่สุด นั่นคือ มีความวิตกกังวลน้อย จึงแสดงให้เห็นว่างานที่ทำอย่างต่อเนื่องไปเรื่อยๆไม่ต้องมีการตัดสินใจ แข่งขันหรือใช้อารมณ์จะทำให้มีระดับความวิตกกังวลที่น้อยกว่า

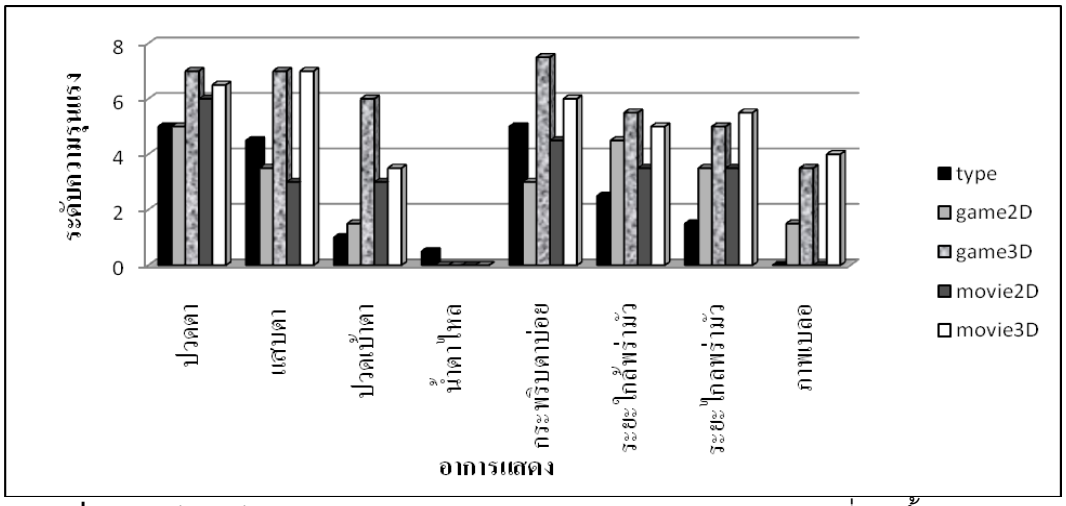


ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการความล้าทางสายตาที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 30 นาที

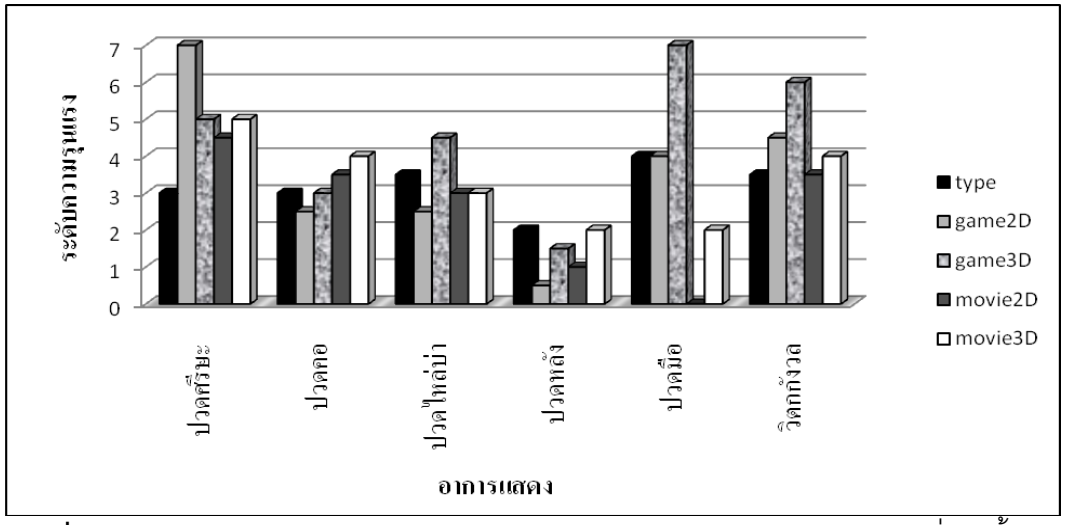


ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการทางกายภาพและสภาพจิตใจที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 30 นาที

จากภาพที่ 4.4 และ 4.5 แสดงให้เห็นระดับความรุนแรงเฉลี่ยจากการตอบแบบสอบถามของผู้ถูกทดสอบทั้งหมดจากการทดลองเป็นระยะเวลา 60 นาที ผลปรากฏว่า ระดับอาการต่างๆ เพิ่มสูงมากขึ้นจากการทดลองที่ระยะเวลา 30 นาทีและการเล่นเกมและการดูภาพยนตร์สามมิติจะเกิดอาการความล้าทางสายตาอยู่ในระดับสูงกว่าในงานประเภทอื่นๆ ในขณะที่ระดับอาการทางกายภาพและสภาพจิตใจส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงจากการเล่นเกม

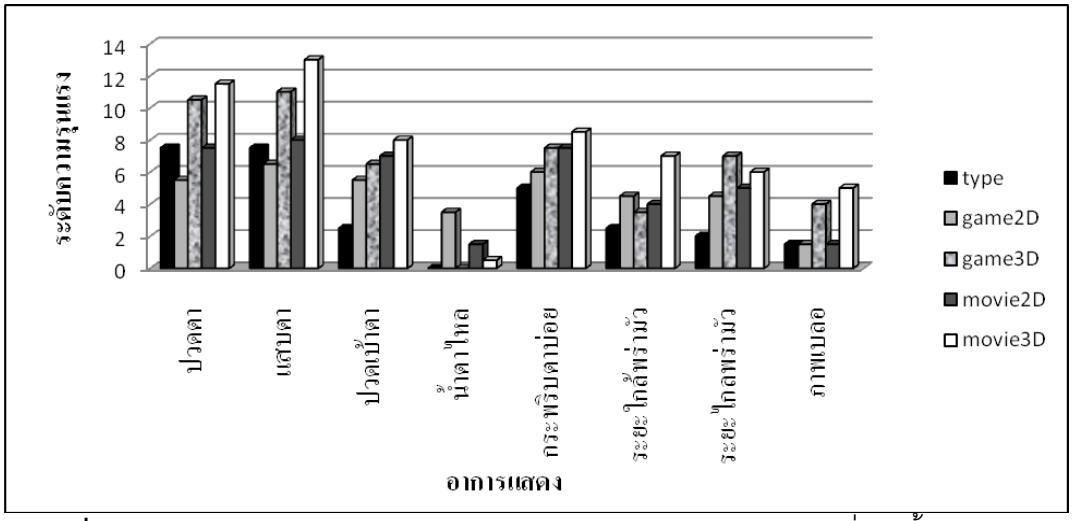


ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการความล้าทางสายตาที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 60 นาที

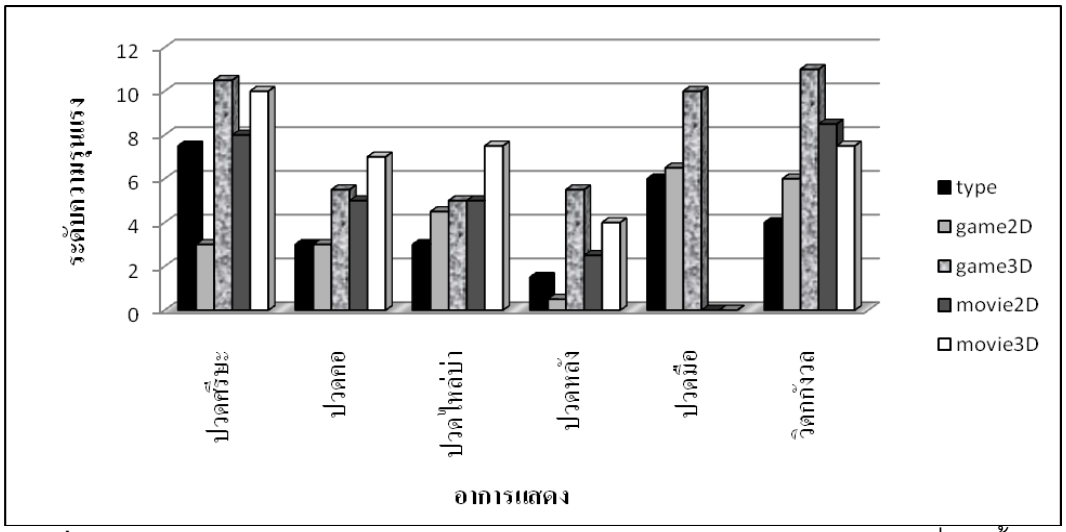


ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการทางกายภาพและสภาพจิตใจที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 60 นาที

เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลาที่นานเพิ่มมากขึ้น คือ 90 นาที ผลปรากฏว่า ไม่ว่าจะเป็นงานประเภทใดก็ตามจะเกิดความล้าขึ้นมากกว่าการใช้สายตาทำงานที่ระยะเวลาสั้นกว่า ดังแสดงในภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 ซึ่งจะเห็นว่า การใช้สายตาทำงานกับระบบสามมิตินั้นยังคงทำให้เกิดอาการความล้าด้านต่างๆอยู่ในระดับสูงกว่างานพิมพ์และระบบสองมิติ



ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการความล้าทางสายตาที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 90 นาที



ภาพที่ 4.7 เปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการทางกายภาพและสภาพจิตใจที่เกิดขึ้นจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆเป็นระยะเวลา 90 นาที

4.2.2 **วิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่อง** Critical Flicker Frequency (CFF)

การพิจารณาจากค่าความถี่ทั้ง 2 ค่า (UP และ DOWN) ที่ได้จากเครื่อง CFF โดยใช้ตัวสถิติ t-test มาทดสอบกับทุกรูปแบบการทดลองเพื่อดูถึงความแตกต่างของค่าความถี่ก่อนกับหลังทดลองและหลังทดลองกับหลังพัก ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ค พบว่า เป็นไปตามสมมติฐาน คือ ค่าความถี่ที่เปลี่ยนแปลงของผู้ถูกทดสอบหลังจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆจะลดน้อยกว่าก่อนการทำงาน แสดงถึงว่า มีการเกิดความล้าทางสายตาขึ้น และหลังจากพักสายตาแล้วค่าความถี่จะเพิ่มขึ้นจากหลังทำงาน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าดวงตาของคนเราถ้าได้มีการพักจะสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมปกติได้ (Recovery)

จากการออกแบบการทดลองทั้ง 6 รูปแบบกับการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆ คือ การพิมพ์งาน การเล่นเกมสองมิติและสามมิติ การดูภาพยนตร์สองมิติและสามมิติ กล่าวคือ แบ่งระยะเวลาการทำงานเป็น 3 ระดับ คือ 30 นาที, 60 นาที และ 90 นาที และมีระยะเวลาในการพัก 2 ระดับ คือ 5 นาทีและ 15 นาที โดยในแต่ละรูปแบบการทดลองจะเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ลักษณะด้วยกัน คือ

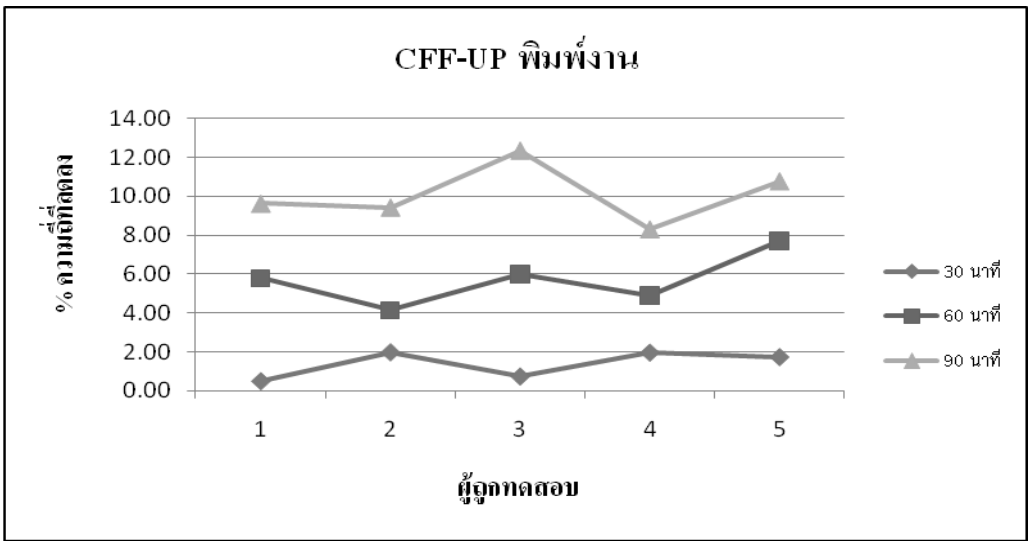
- เปรียบเทียบความล้าของตาที่เกิดขึ้นจากระยะเวลาทำงาน 3 ระดับในงานแต่ละประเภท
- เปรียบเทียบความล้าของตาที่เกิดขึ้นจากประเภทของงานในระยะเวลาทำงานที่เท่ากัน
- เปรียบเทียบระยะพัก 2 ระดับกับระยะเวลาทำงาน 3 ระดับในงานแต่ละประเภท

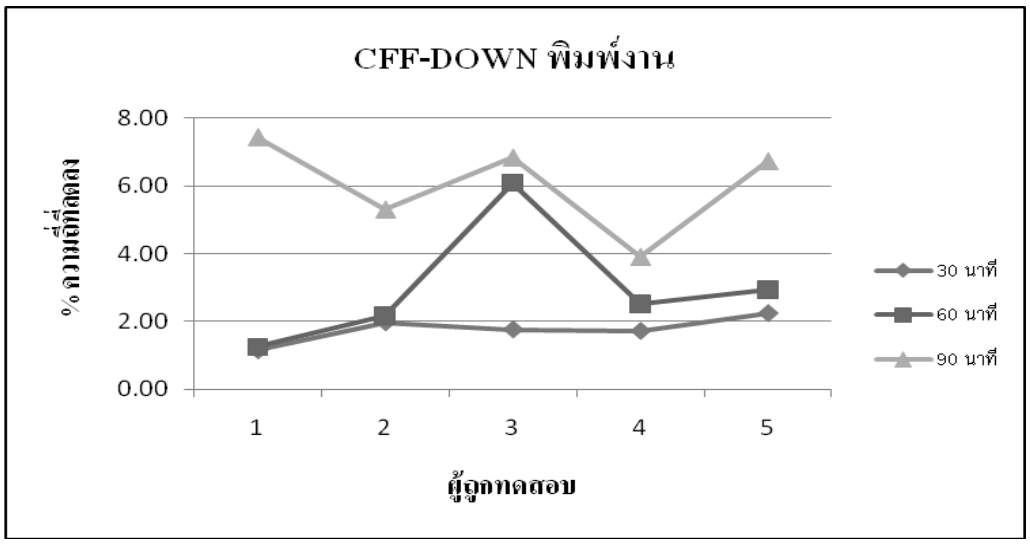
ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นนั้นจะทำการเปรียบเทียบจากเปอร์เซ็นต์ค่าความถี่ที่ลดลง ซึ่งได้มาจากการหาความแตกต่างของค่าความถี่ที่ได้ก่อนการทดลองกับค่าความถี่หลังการทดลองแล้วจึงนำผลต่างที่คิดคำนวณได้มาทำให้อยู่ในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบถึงความล้าของตาที่เกิดขึ้นต่อไป หากเปอร์เซ็นต์ค่าความถี่ที่ลดลงมีค่ามาก จะแสดงให้เห็นถึงว่ามีความล้าของตาเกิดขึ้นมากด้วย โดยที่การเปรียบเทียบความล้าของตาที่เกิดขึ้นจากระยะเวลาทำงาน 3 ระดับในงานแต่ละประเภทเพื่อทำให้ทราบว่าระยะเวลาทำงานระดับใดทำให้เกิดความล้ามากที่สุด สำหรับการเปรียบเทียบความล้าของตาที่เกิดขึ้นจากประเภทของงานในระยะเวลาทำงานที่เท่ากันเพื่อหาว่างานประเภทใดทำให้เกิดความล้ามากที่สุด และการเปรียบเทียบระยะพัก 2 ระดับกับระยะเวลาทำงาน 3 ระดับในงานแต่ละประเภทเพื่อหาระยะพักที่เหมาะสมในการทำงานประเภทต่างๆ ผลที่ได้เป็นไปดังนี้

1) **เปรียบเทียบความล้าที่เกิดขึ้นจากระยะเวลาทำงาน3ระดับในงานแต่ละประเภท**

1.1 การพิมพ์งาน

จากภาพที่ 4.8 จะเห็นว่าการพิมพ์งานเป็นระยะเวลา 90 นาที ค่าเปอร์เซนต์ความแตกต่างของความถี่ CFF ก่อนกับหลังการพิมพ์งานทั้งสองความถี่มีค่าลดลงมากกว่าการพิมพ์งานเป็นระยะเวลา 30 และ 60 นาที แสดงว่า การพิมพ์งานเป็นระยะเวลา 90 นาทีจะทำให้เกิดความล้าทางสายตามากกว่าการพิมพ์งานที่ระยะเวลา 60 และ 30 นาที ตามลำดับ

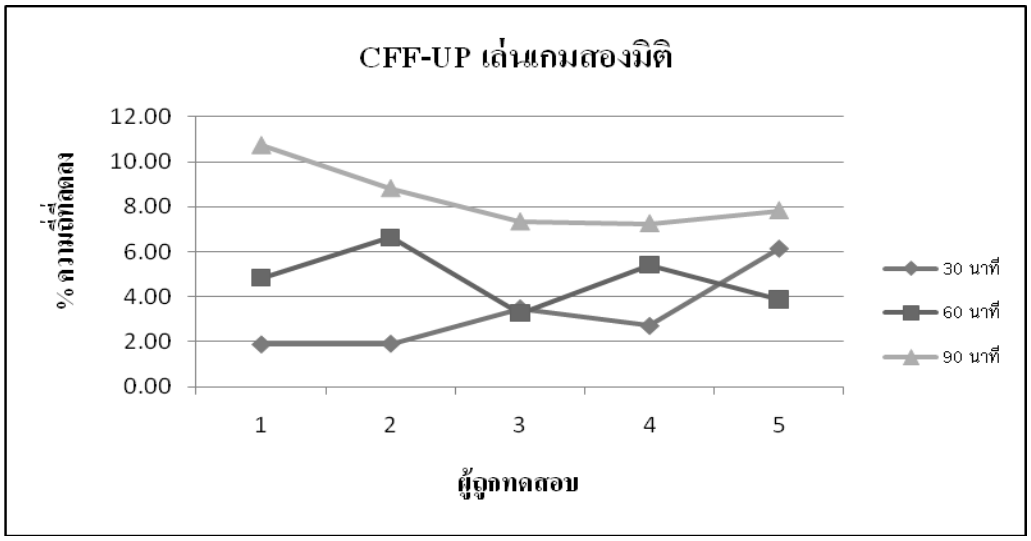


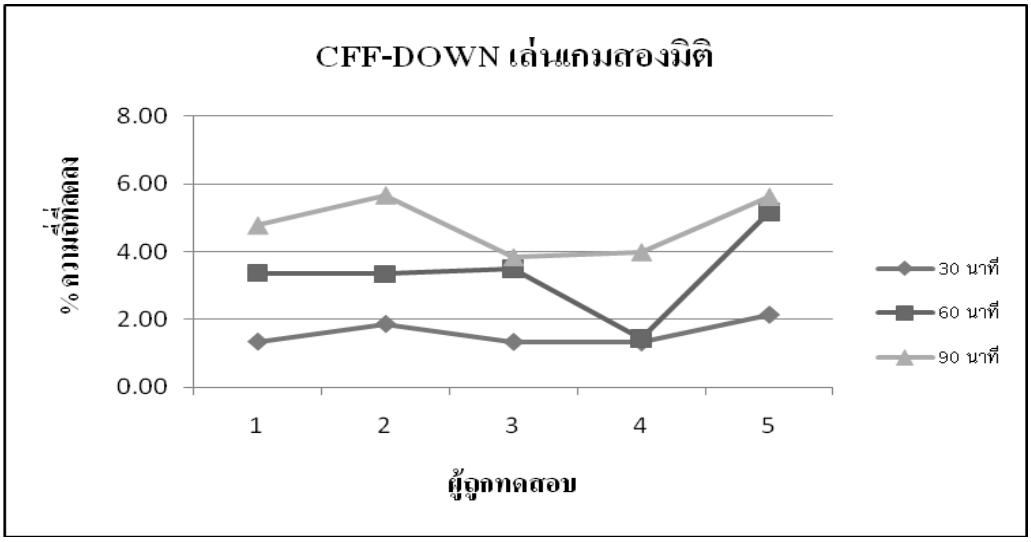


ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความถี่ที่ลดลงจากการพิมพ์งานเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที

1.2 การเล่นเกมสองมิติ

หลังจากการเล่นเกมสองมิติเป็นระยะเวลา 90 นาทีจะทำให้ค่าความถี่ CFF ทั้งสองความถี่ลดลงจากก่อนการเล่นเกมมากกว่าที่ระยะเวลา 30 และ 60 นาที แสดงให้เห็นว่าการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 90 นาทีจะทำให้เกิดความล้าของสายตามากที่สุด สำหรับการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 30 และ 60 นาที โดยส่วนใหญ่แล้วความล้าที่เกิดขึ้นนั้นจะไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งจะเห็นได้จากภาพที่ 4.9 ว่าผู้ถูกทดสอบคนที่ 3, 4 และ 5 จากความถี่ CFF-UP และคนที่ 4 จากความถี่ CFF-DOWN มีค่าเปอร์เซนต์ความถี่ลดลงใกล้เคียงกัน

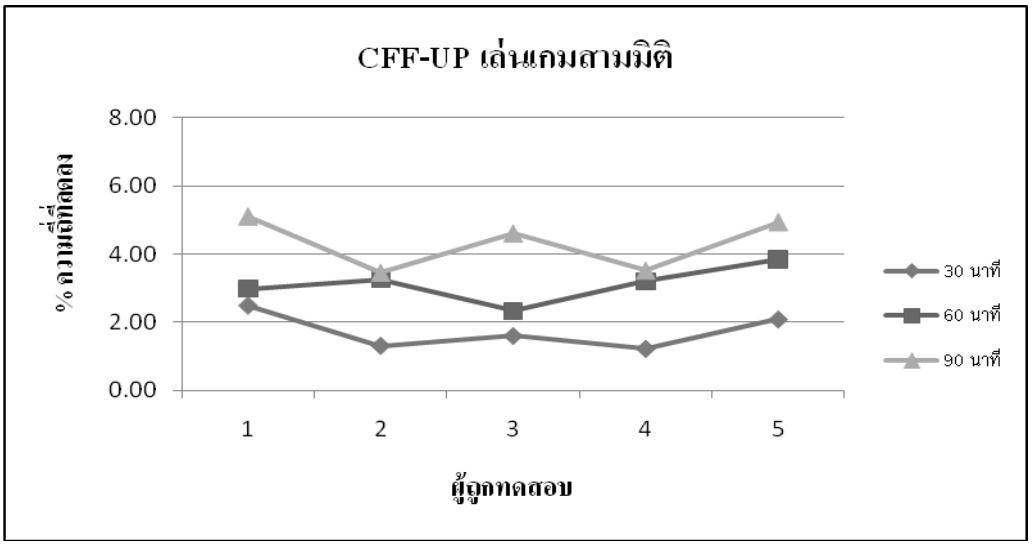


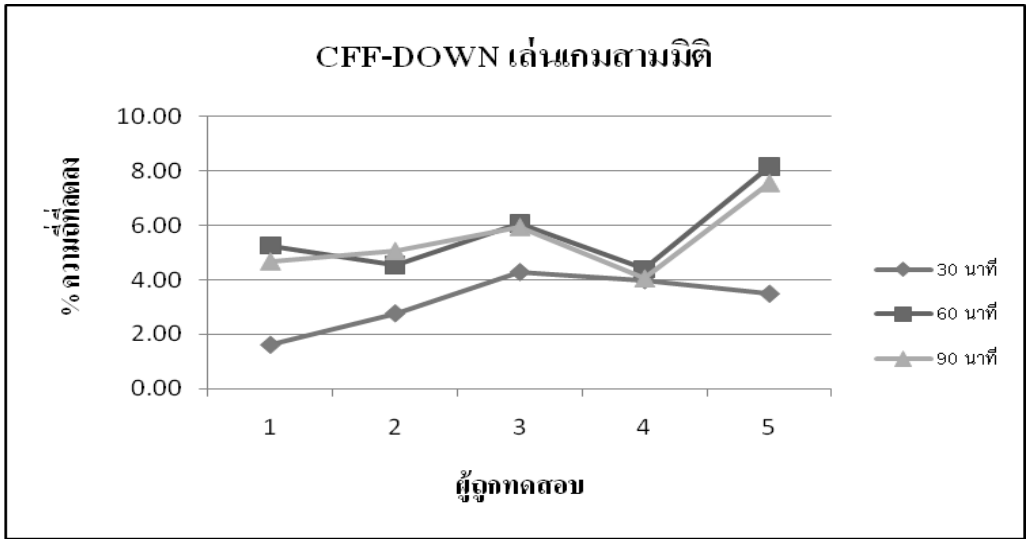


ภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที

1.3 การเล่นเกมสามมิติ

จากภาพที่ 4.10 จะเห็นได้ว่า เปอร์เซนต์ของค่าความถี่หลังจากการเล่นเกมสามมิติเป็นระยะเวลา 60 และ 90 นาทีลดลงจากก่อนการเล่นเกมที่ใกล้เคียงกันในทั้งสองค่าความถี่และลดลงมากกว่าการเล่นเกมสามมิติเป็นระยะเวลา 30 นาที แสดงว่า การเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 60 และ 90 นาทีทำให้เกิดความล้าของตามากกว่าที่ระยะเวลา 30 นาที

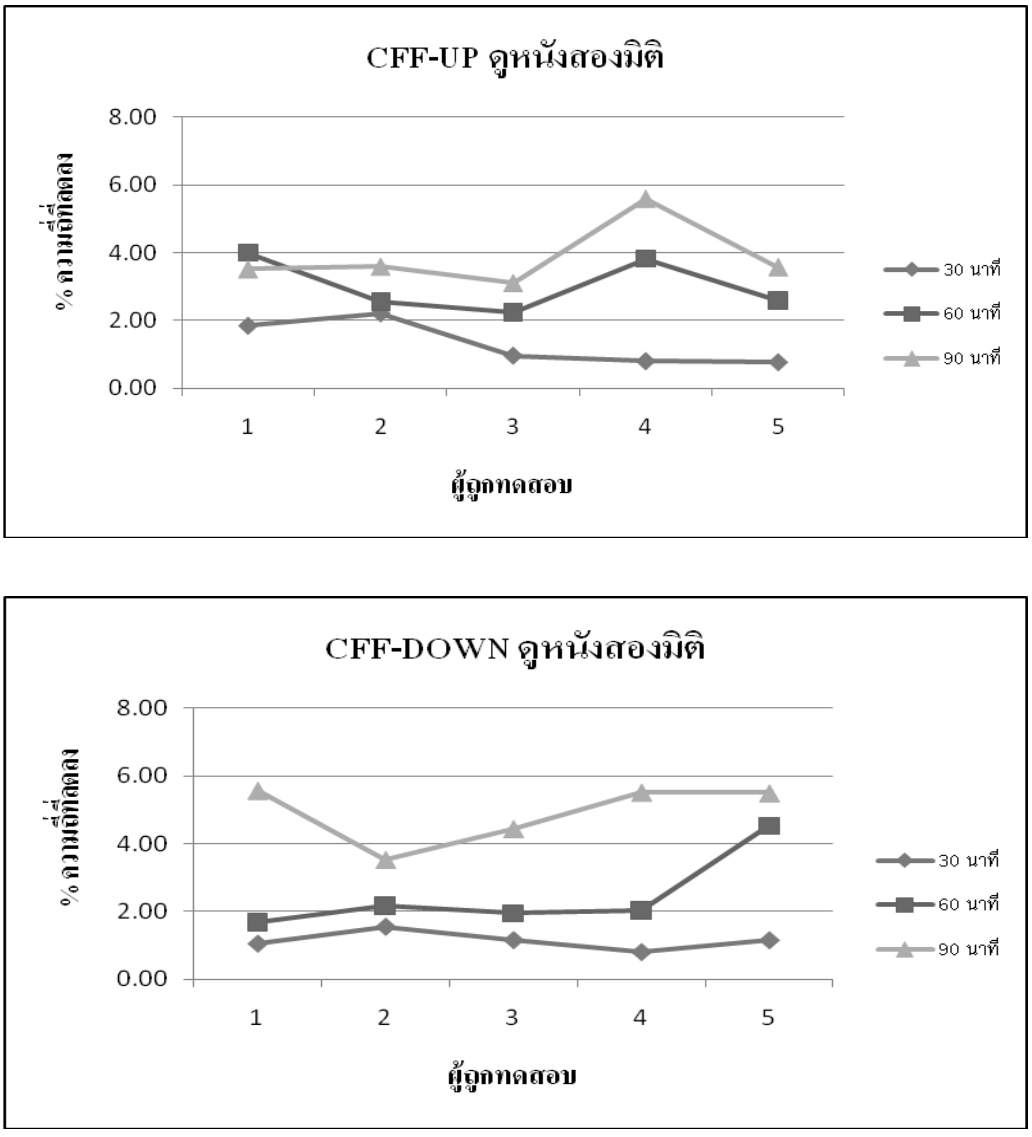




ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที

1.4 การดูภาพยนตร์สองมิติ

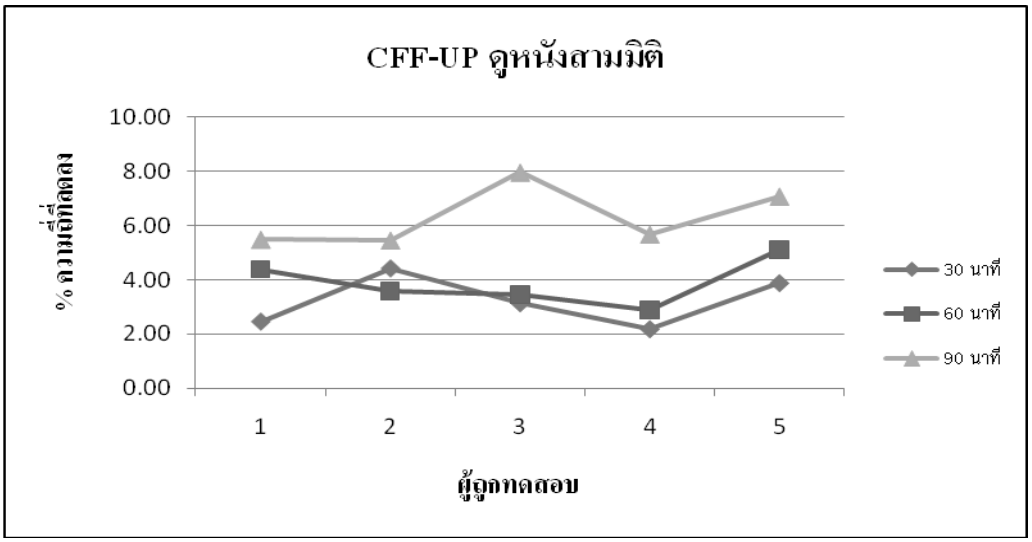
ค่าความถี่ CFF ทั้งสองความถี่ที่ได้หลังจากการดูภาพยนตร์สองมิติจะมีค่าความถี่ลดลงไม่เกิน 6 % ซึ่งถือได้ว่าเป็นค่าที่ไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับงานประเภทต่างๆ โดยส่วนมากการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นระยะเวลา 90 นาทีจะทำให้เกิดความล้าของตามากที่สุด เนื่องจากมีเปอร์เซนต์ความแตกต่างระหว่างก่อนกับหลังการทดลองมากกว่าที่ระยะเวลาอื่น ดังภาพที่ 4.11

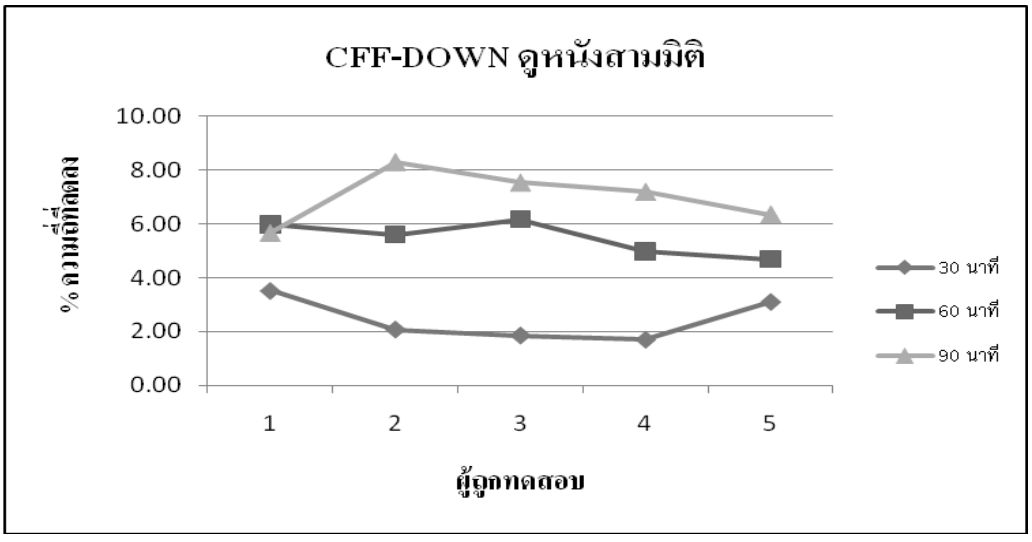


ภาพที่ 4.11 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที

1.5 การดูภาพยนตร์สามมิติ

จากภาพที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่า เปอร์เซนต์ค่าความถี่ที่ลดลงจากการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นระยะเวลา 90 นาทีมีค่าสูงที่สุด คือ ประมาณ 8 % ซึ่งมากกว่าการดูภาพยนตร์สองมิติด้วย ดังนั้น การดูภาพยนตร์สามมิติจะทำให้เกิดความล้าของตามากกว่าการดูภาพยนตร์สองมิติและการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นระยะเวลา 90 นาทีจะส่งผลให้ตาล้ามากกว่าการดูภาพยนตร์สามมิติที่ระยะเวลา 60 และ 30 นาที ตามลำดับ



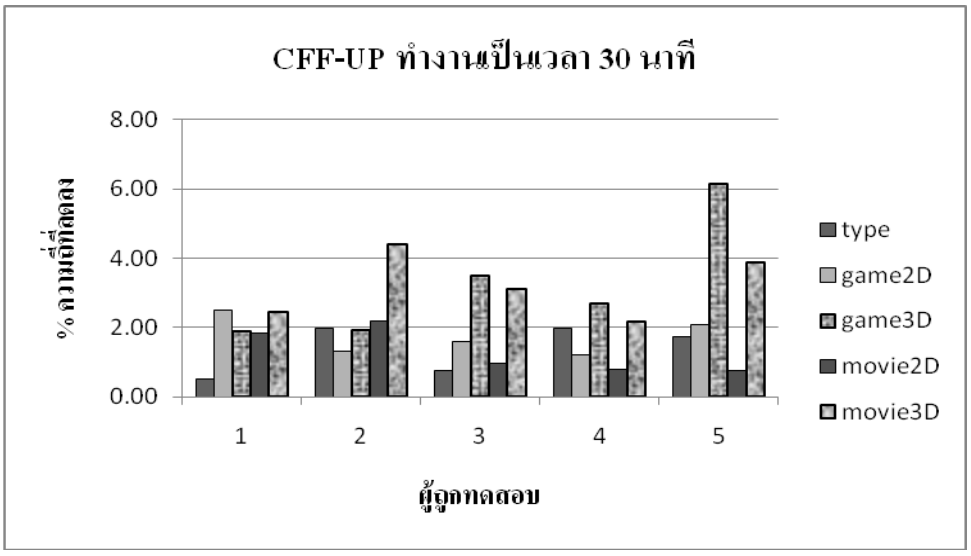


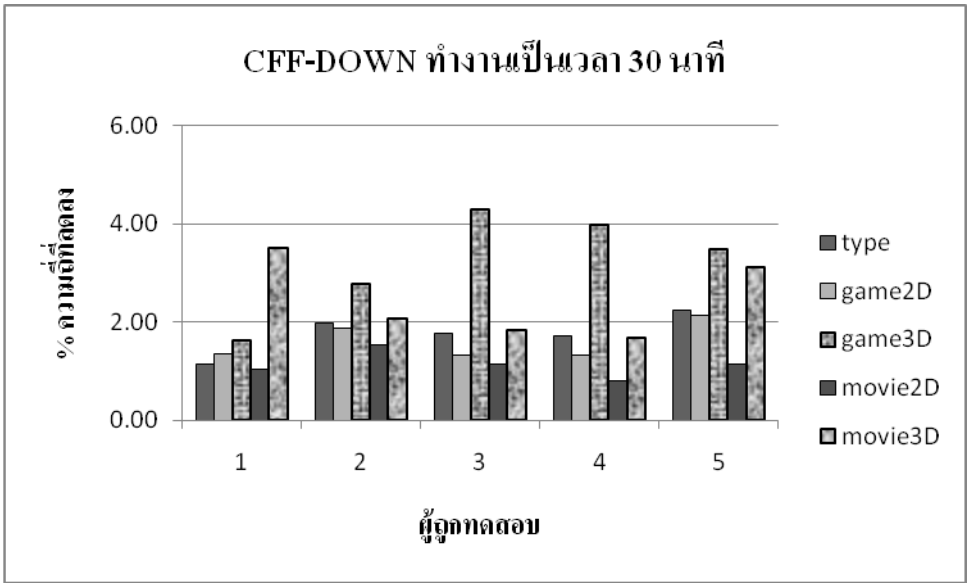
ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที

2) **เปรียบเทียบความล้าของตาที่เกิดขึ้นจากประเภทของงานในระยะเวลาที่เท่ากัน**

2.1 ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

การทำงานประเภทต่างๆ คือ การพิมพ์งาน การเล่นเกมสองมิติและสามมิติ การดูภาพยนตร์สองมิติและสามมิติ เป็นระยะเวลา 30 นาที จากภาพที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่า การเล่นเกมสามมิติและการดูภาพยนตร์สามมิติมีเปอร์เซนต์ของค่าความถี่ที่ลดลงมากกว่าการทำงานประเภทอื่นๆ นั่นคือ การเล่นเกมและดูภาพยนตร์ในรูปแบบของการแสดงภาพด้วยระบบสามมิติจะทำให้เกิดความล้าของตามากที่สุด

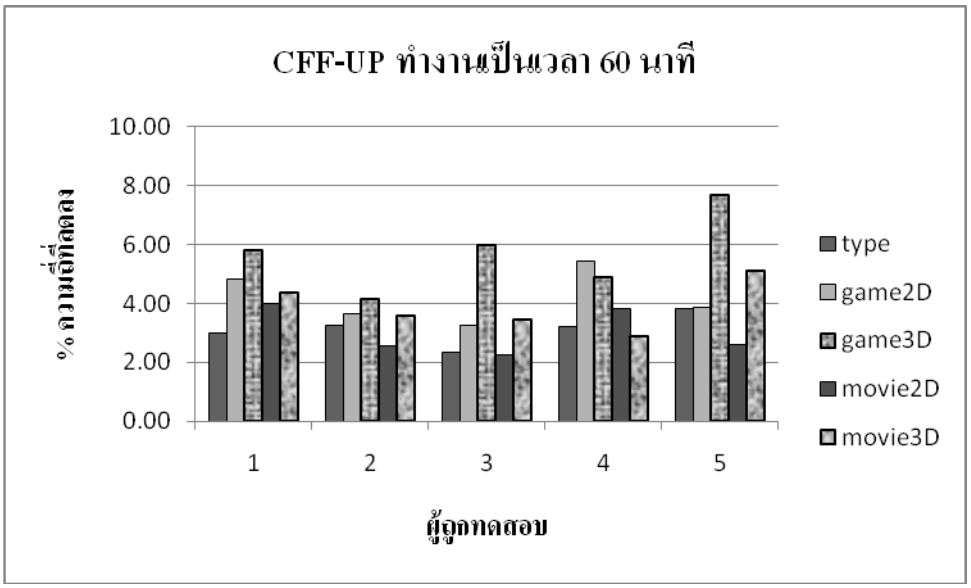


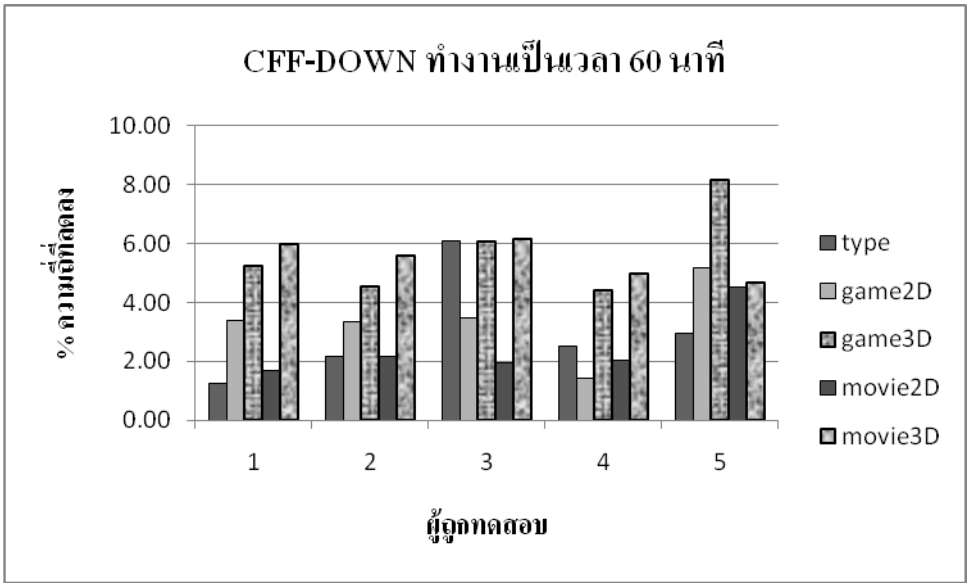


ภาพที่ 4.13 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการทำงานประเภทต่างๆเป็นเวลา 30 นาที

2.2 ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

จากภาพที่ 4.14 จะเห็นว่าความล้าของตาที่เกิดขึ้นจากการทำงานเป็นระยะเวลา 60 นาที ส่วนใหญ่มักจะมาจากการเล่นเกมและดูภาพยนตร์ในรูปแบบของการแสดงภาพด้วยระบบสามมิติมากที่สุดเช่นเดียวกับการทำงานที่ระยะเวลา 30 นาทีแต่ที่ระยะเวลา 60 นาทีส่งผลให้เกิดความล้าของตามากกว่าการทำงานที่ระยะเวลา 30 นาที เนื่องจากเปอร์เซนต์ค่าความถี่ลดลงมากกว่า คือ อยู่ที่ประมาณ 6-8% ซึ่งที่ระยะเวลา 30 นาทีจะอยู่ที่ประมาณ 4-6% เท่านั้น

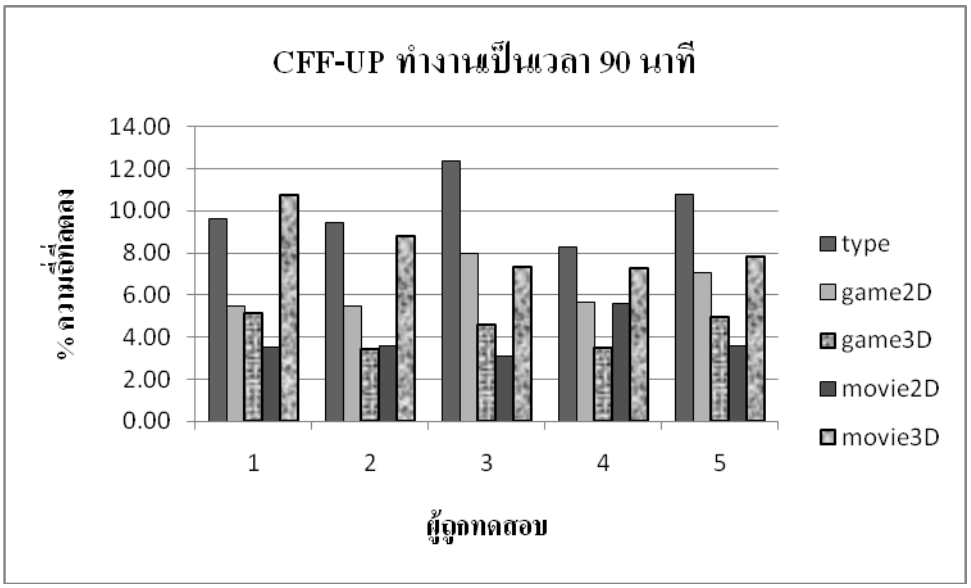


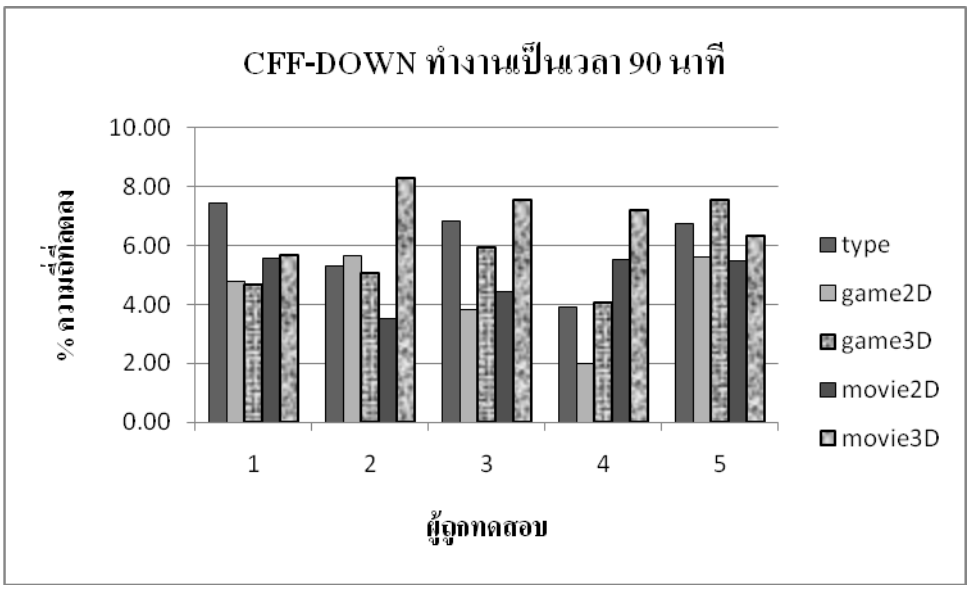


ภาพที่ 4.14 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการทำงานประเภทต่างๆเป็นเวลา 60 นาที

2.3 ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

จากภาพที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่า เปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงของทั้งสองความถี่จากการทำงานเป็นระยเวลา 90 นาทีมีค่ามากกว่าการทำงานเป็นระยะเวลา 30 และ 60 นาที แสดงว่าการทำงานที่ระยะเวลา 90 นาทีส่งผลให้เกิดความล้าของตามากกว่า โดยที่การพิมพ์งานและการดูภาพยนตร์สามมิติมักจะเป็นงานที่ทำให้เกิดความล้าของตาขึ้นได้สูงที่สุด





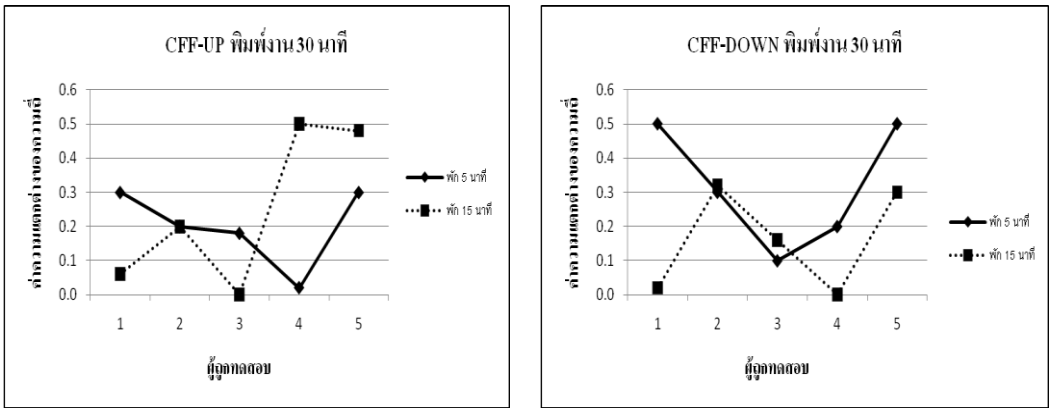
ภาพที่ 4.15 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถี่ที่ลดลงจากการทำงานประเภทต่างๆเป็นเวลา 90 นาที

3) เปรียบเทียบระยะพัก 2 ระดับกับระยะเวลาทำงาน 3 ระดับในงานแต่ละประเภท

การเปรียบเทียบระยะพัก 2 ระดับ คือ 5 และ 15 นาทีกับระยะเวลาทำงาน 3 ระดับ คือ 30, 60 และ 90 นาที ในงานแต่ละประเภทเพื่อหาระยะเวลาพักที่เหมาะสมนั้น เนื่องจากการวิเคราะห์ค่าความถี่ทางสถิติแล้วไม่สามารถบอกถึงระยะพักที่เหมาะสมได้จึงทำการเปรียบเทียบจากค่าความแตกต่างของความถี่ก่อนการทดลองกับหลังจากการพัก (ความถี่ก่อนทดลองลบด้วยความถี่หลังจากพัก) หากค่าความแตกต่างของความถี่เท่ากับศูนย์หรือไม่เกิน 0.5 (±0.5) จะถือว่าความถี่หลังจากพักมีค่าเท่ากับก่อนการทดลอง ซึ่งแสดงว่าการพักด้วยระยะเวลานั้นช่วยทำให้ดวงตากลับคืนสู่สภาพเดิมปกติได้ (Recovery) ดังนั้น ระยะพักนั้นจึงเป็นระยะเวลาพักที่เหมาะสมของการทำงานประเภทนั้นๆ

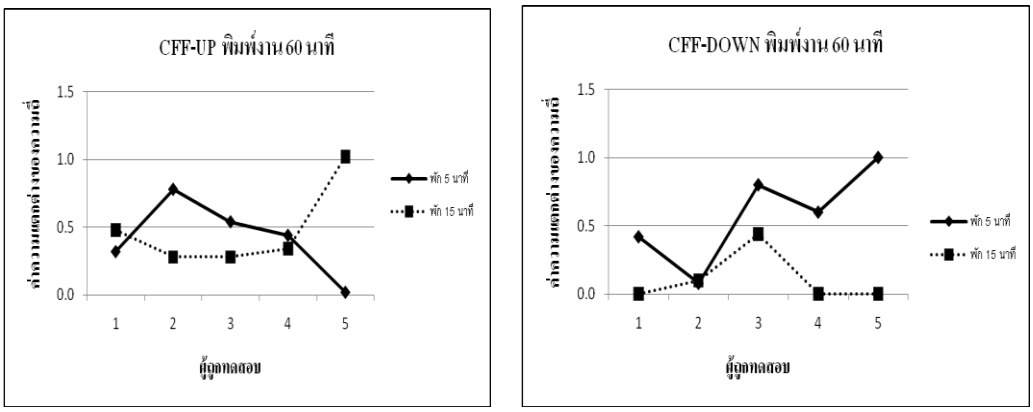
3.1 การพิมพ์งาน

จากภาพที่ 4.16 จะเห็นว่าการพิมพ์งานเป็นระยะเวลา 30 นาทีแล้วพัก 5 หรือ 15 นาที ในทั้งสองความถี่ ผู้ถูกทดสอบทุกคนมีความแตกต่างของความถี่เท่ากับศูนย์และไม่เกิน 0.5 หมายความว่า การพักเป็นระยะเวลา 5 และ 15 นาทีช่วยให้ดวงตากลับคืนสู่สภาพเดิมปกติได้ ดังนั้น การพิมพ์งานเป็นเวลา 30 นาที จึงควรมีระยะพักเป็นเวลา 5 นาที



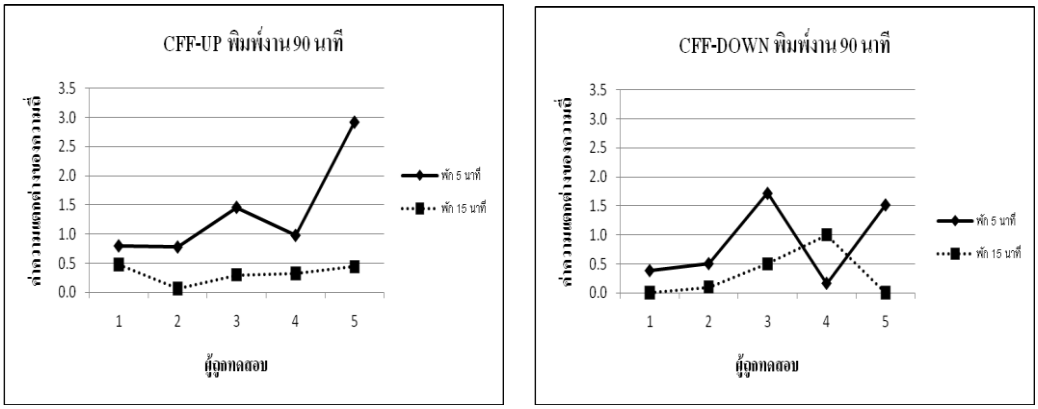
ภาพที่ 4.16 เปรียบเทียบระยะพักกับการพิมพ์งานเป็นเวลา 30 นาที

ค่าความแตกต่างของความถี่จากการพิมพ์งานเป็นเวลา 60 นาทีแล้วพัก 5 นาทีของทั้งสองความถี่โดยส่วนใหญ่จะมีค่ามากกว่า 0.5 ดังภาพที่ 4.17 แสดงว่าการพักเป็นเวลา 5 นาที ไม่เพียงพอที่จะทำให้สายตากลับคืนสู่ภาวะปกติได้ ดังนั้น การพักเป็นเวลา 15 นาที จึงเป็นระยะเวลาพักที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์งานเป็นระยะเวลา 60 นาที



ภาพที่ 4.17 เปรียบเทียบระยะพักกับการพิมพ์งานเป็นเวลา 60 นาที

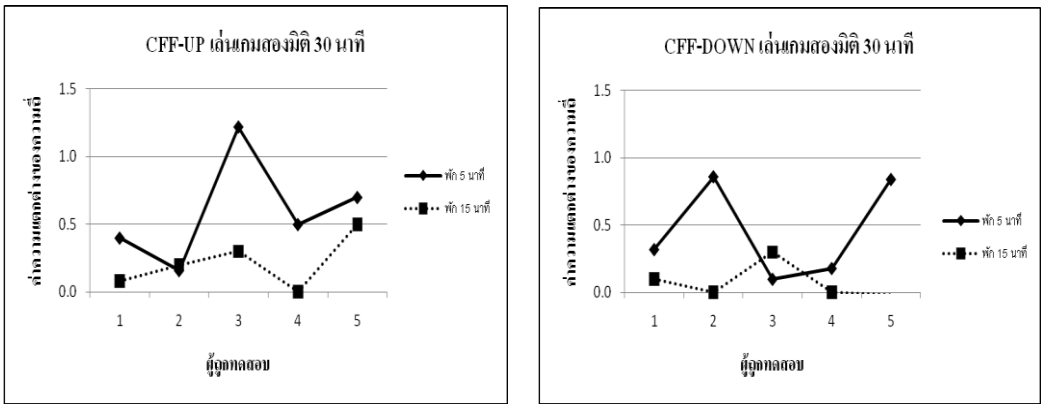
จากภาพที่ 4.18 แสดงให้เห็นว่าการพักเป็นเวลา 5 นาทีไม่เพียงพอต่อการพิมพ์งานเป็นระยะเวลา 90 นาที เนื่องจากค่าความถี่ที่แตกต่างของผู้ถูกทดสอบมักจะมีค่ามากกว่า 0.5 สำหรับการพักที่ระยะเวลา 15 นาที นั้นจะเห็นว่าค่าความแตกต่างของความถี่ของผู้ถูกทดสอบส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าการพักที่ระยะเวลา 5 นาที ดังนั้น การพิมพ์งานเป็นเวลา 90 นาที จึงควรมีระยะเวลาพัก 15 นาที



ภาพที่ 4.18 เปรียบเทียบระยะพักกับการพิมพ์งานเป็นเวลา 90 นาที

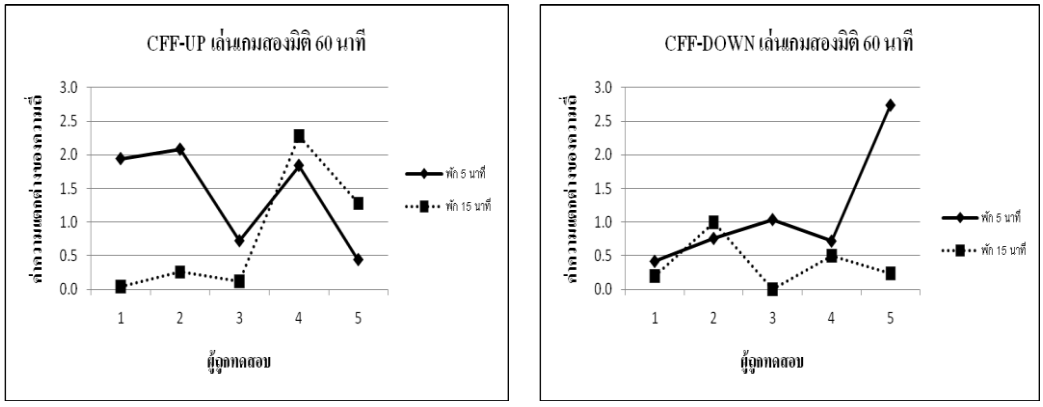
3.2 การเล่นเกมสองมิติ

ผลจากการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 30 นาทีแล้วพัก 5 นาทีของผู้ถูกทดสอบส่วนใหญ่มีค่าความแตกต่างน้อยกว่า 0.5 ทั้งความถี่ที่แตกต่างของ CFF-UP และ CFF-DOWN ตามภาพที่ 4.19 ดังนั้น การเล่นเกมสองมิติเป็นระยะเวลา 30 นาที จึงควรจะมีระยะพัก 5 นาที



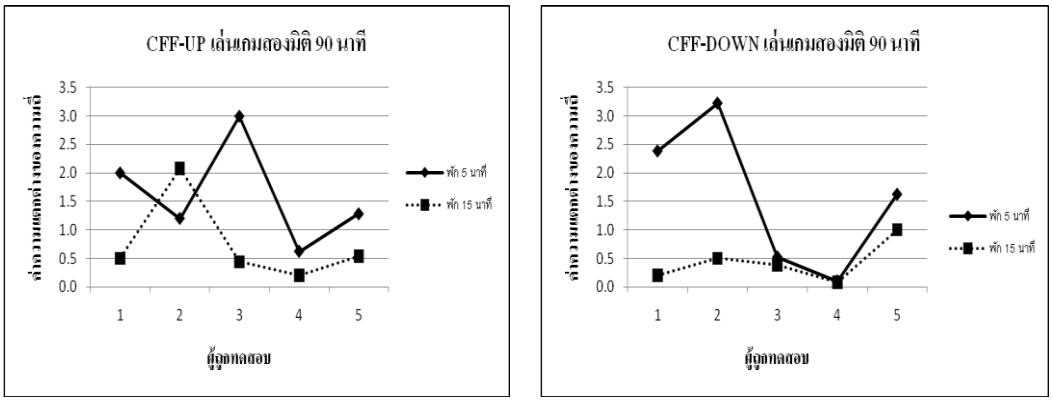
ภาพที่ 4.19 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 30 นาที

จากภาพที่ 4.20 พบว่า ค่าความแตกต่างของความถี่ที่ได้จากการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 60 นาทีแล้วพัก 5 นาที ของผู้ถูกทดสอบส่วนมากจะมีค่ามากกว่า 0.5 และมากกว่าการพักที่ระยะเวลา 15 นาที แสดงให้เห็นว่า การพักเป็นระยะเวลา 5 นาทียังไม่เพียงพอต่อการกลับคืนสู่สภาพปกติของตาได้ เพราะฉะนั้นการพักเป็นเวลา 15 นาที จึงเป็นระยะพักที่เหมาะสมต่อการเล่นเกมสองมิติ 60 นาที



ภาพที่ 4.20 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 60 นาที

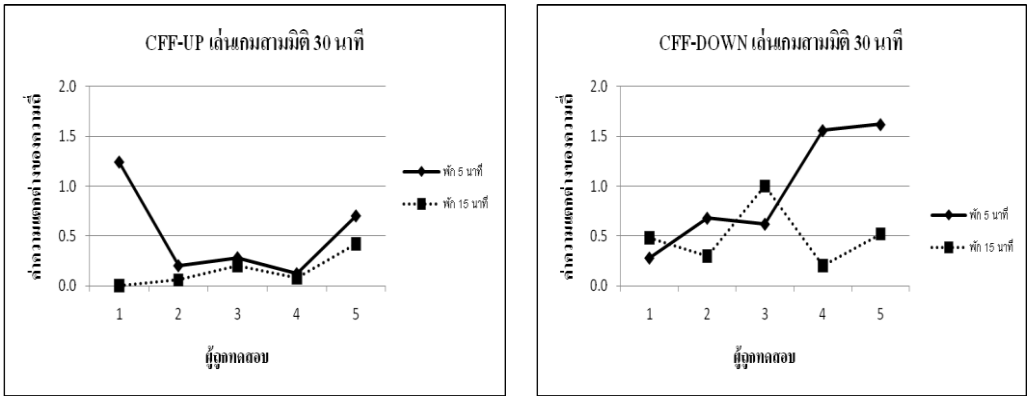
การเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 90 นาทีจะทำให้เกิดความล้าของตามากจึงส่งผลต่อระยะเวลาในการกลับคืนสู่สภาพปกติของตาดังที่จะเห็นได้จากภาพที่ 4.21 ค่าความแตกต่างของความถี่จากการพักทั้งสองระดับมีค่าห่างจากศูนย์มากกว่าการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 30 และ 60 นาที อย่างไรก็ตาม การพักที่ระยะเวลา 5 นาทีก็ยังให้ผลค่าความแตกต่างของความถี่สูงกว่าการพักที่ระยะเวลา 15 นาที ดังนั้น การเล่นเกมสองมิติเป็นระยะเวลา 90 นาทีจึงควรมีการพัก 15 นาที



ภาพที่ 4.21 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 90 นาที

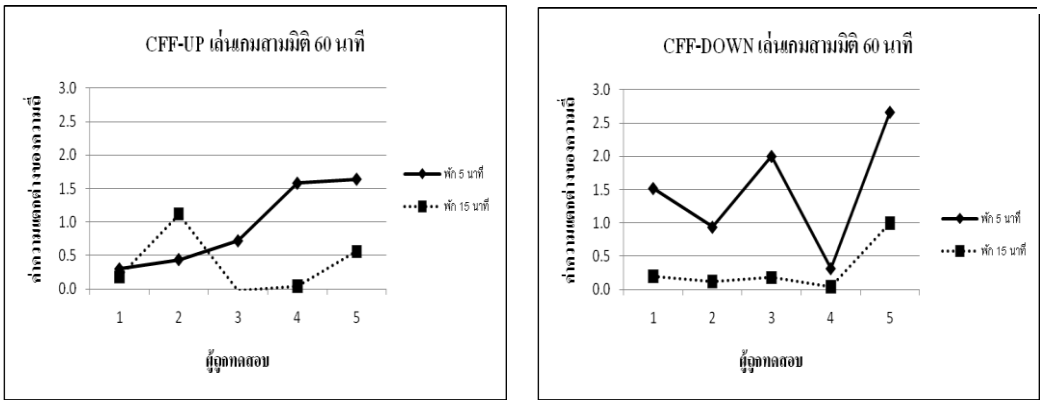
3.3 การเล่นเกมสามมิติ

การเล่นเกมสามมิติเป็นระยะเวลา 30 นาทีแล้วพัก 5 นาทีของผู้ถูกทดสอบ พบว่าค่าความแตกต่างของความถี่ที่ได้มักจะมากกว่า 0.5 โดยที่ความถี่ CFF-UP มี 2 คน และความถี่ CFF-DOWN มี 4 คน ที่มีค่าเกินกว่าตามหลักการพิจารณา ด้วยเหตุนี้การพักเป็นเวลา 15 นาที จึงถือว่าเป็นระยะพักที่เหมาะสมต่อการเล่นเกมสามมิติ 30 นาที



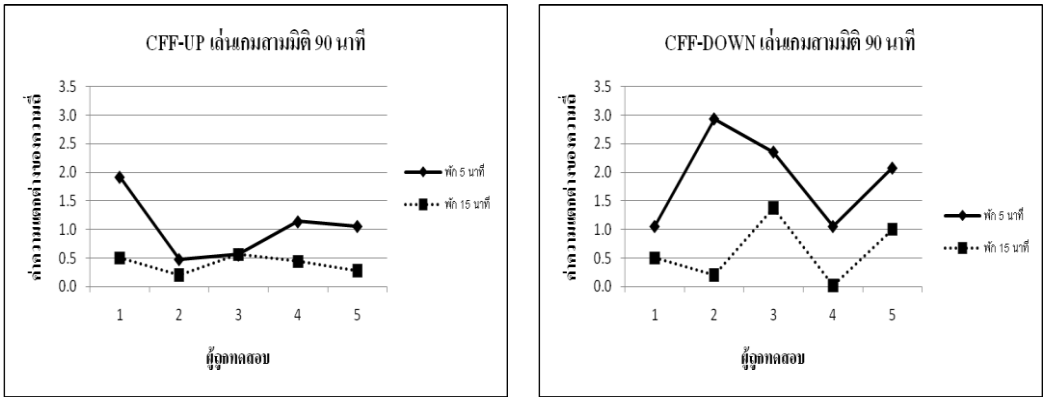
ภาพที่ 4.22 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 30 นาที

จากภาพที่ 4.23 แสดงให้เห็นว่า มีความล้าของตาที่เกิดขึ้นหลังจากการเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 60 นาทีค่อนข้างมากจึงทำให้การพักที่ระยะ 5 นาทีไม่เพียงพอ ซึ่งจะเห็นได้จากความแตกต่างของความถี่ทั้งสองความถี่ที่ระยะพัก 5 นาทีมีค่ามากกว่า 0.5 แต่สำหรับการพักที่ระยะเวลา 15 นาทีนั้นค่าความแตกต่างของความถี่ทั้งสองความถี่ล้วนแต่มีค่าน้อยกว่าที่ระยะพัก 5 นาที ดังนั้น การเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 60 นาที จึงควรจะพักเป็นเวลา 15 นาที



ภาพที่ 4.23 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 60 นาที

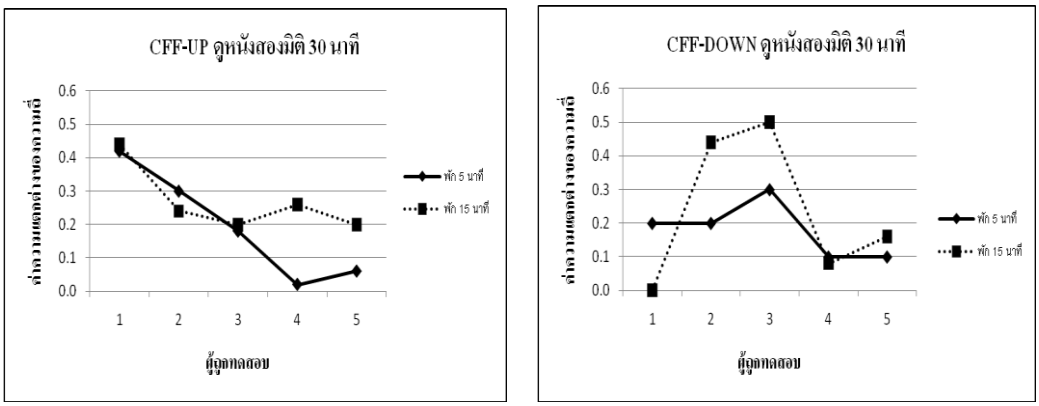
ความแตกต่างของความถี่จากการเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 90 นาทีแล้วพักเป็นเวลา 5 นาทีมีค่ามากกว่า 0.5 ในผู้ถูกทดสอบทุกคนและสูงกว่าที่ระยะพัก 15 นาที ดังนั้น การพักเป็นระยะเวลา 15 นาที จึงเป็นระยะพักที่เหมาะสมมากกว่าการพักที่ 5 นาที ตามภาพที่ 4.24



ภาพที่ 4.24 เปรียบเทียบระยะพักกับการเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 90 นาที

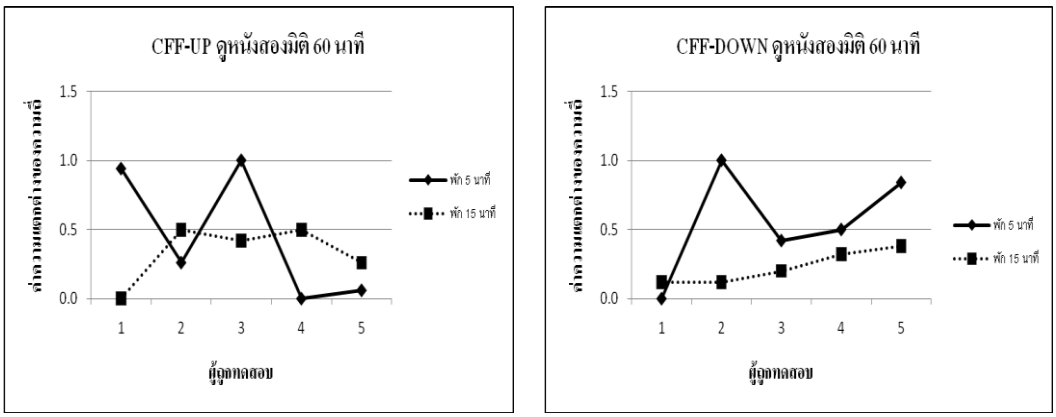
3.4 การดูภาพยนตร์สองมิติ

ระยะพักที่เหมาะสมสำหรับการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 30 นาที คือ 5 นาที เนื่องจากความแตกต่างของความถี่ที่ระยะพัก 5 นาทีและ 15 นาทีล้วนแต่มีค่าน้อยกว่า 0.5 ในทั้งสองค่าความถี่ ดังภาพที่ 4.25 นอกจากนี้การที่ค่าดังกล่าวจากการพักที่ระยะเวลา 5 นาทีมีค่าน้อย ยังแสดงให้เห็นว่า การดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 30 นาทีนั้นทำให้เกิดความล้าของตาไม่มากนัก



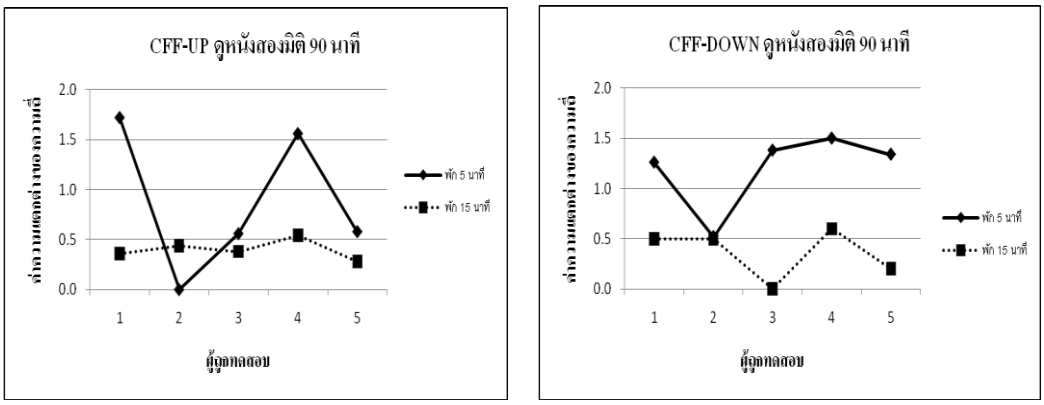
ภาพที่ 4.25 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 30 นาที

จากภาพที่ 4.26 จะเห็นได้ว่าผู้ถูกทดสอบส่วนใหญ่มีค่าความแตกต่างของความถี่ที่ระยะพัก 5 นาทีน้อยกว่า 0.5 ดังนั้น จึงพอที่จะกล่าวได้ว่าการพักเป็นระยะเวลา 5 นาทีเพียงพอต่อการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 60 นาที



ภาพที่ 4.26 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 60 นาที

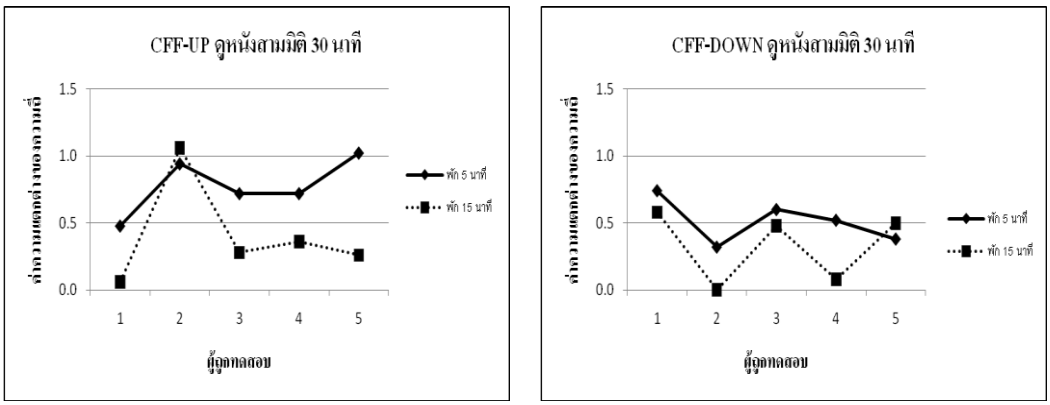
ค่าความแตกต่างของความถี่ก่อนกับหลังพักจากการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นระยะเวลา 90 นาทีแล้วพัก 5 นาที พบว่า มีค่าความแตกต่างกันอย่างมากและเกิน 0.5 ดังภาพที่ 4.27 เพราะฉะนั้น การดูภาพยนตร์สองมิติเป็นระยะเวลา 90 นาทีจึงควรมีระยะพักเป็น 15 นาที



ภาพที่ 4.27 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 90 นาที

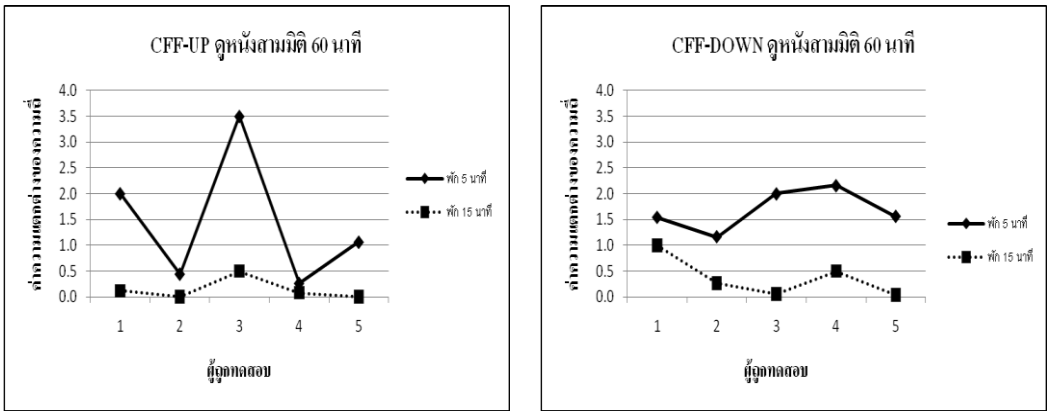
3.5 การดูภาพยนตร์สามมิติ

การดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 30 นาทีแล้วพัก 5 นาที พบว่า มีค่าความแตกต่างของความถี่ก่อนกับหลังพักมากกว่า 0.5 ตามภาพที่ 4.28 ดังนั้น การพักที่ระยะเวลา 15 นาที จึงจะถือว่าเพียงพอต่อการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 30 นาที



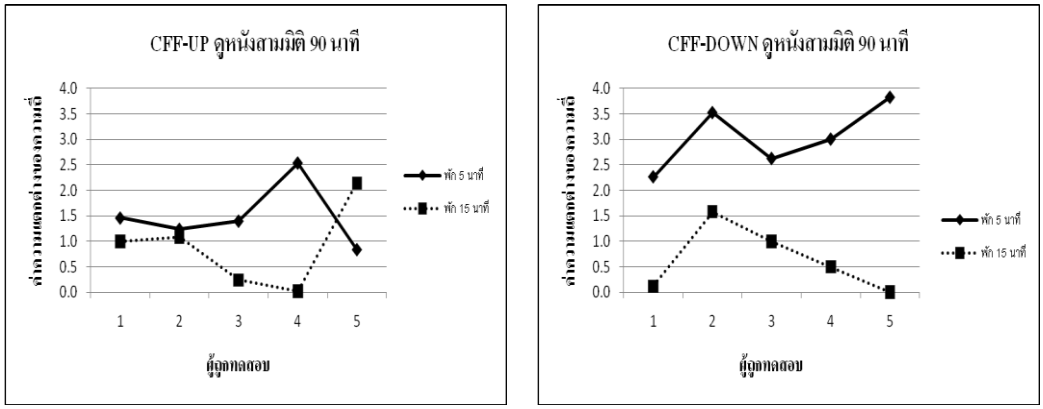
ภาพที่ 4.28 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 30 นาที

การดูภาพยนตร์สามมิติเป็นระยะเวลา 60 นาทีควรที่จะมีระยะพักเท่ากับ 15 นาที เนื่องจากค่าความแตกต่างของความถี่ส่วนมากของความถี่ CFF-UP และค่า ความแตกต่างของความถี่ CFF-DOWN ของผู้ถูกทดสอบทุกคนมีค่ามากกว่า 0.5 ดังภาพที่ 4.29



ภาพที่ 4.29 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 60 นาที

ค่าความแตกต่างของความถี่ทั้งสองความถี่จากการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นระยะเวลา 90 นาทีแล้วพัก 5 นาทีของผู้ถูกทดสอบทุกคนล้วนแต่มีค่าเกิน 0.5 ทั้งหมด ดังนั้น ในการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นระยะเวลา 90 นาทีควรจะมีระยะพักเป็นเวลา 15 นาที เมื่อพิจารณาที่ระยะพัก 15 นาที พบว่า ความแตกต่างของความถี่ก่อนกับหลังพักมักจะมีความแตกต่างกันมากแสดงให้เห็นว่าการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 90 นาทีอาจจะต้องมีระยะพักที่มากกว่า 15 นาที ถึงจะเพียงพอต่อการกลับคืนสู่สภาพปกติของตาได้



ภาพที่ 4.30 เปรียบเทียบระยะพักกับการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 90 นาที

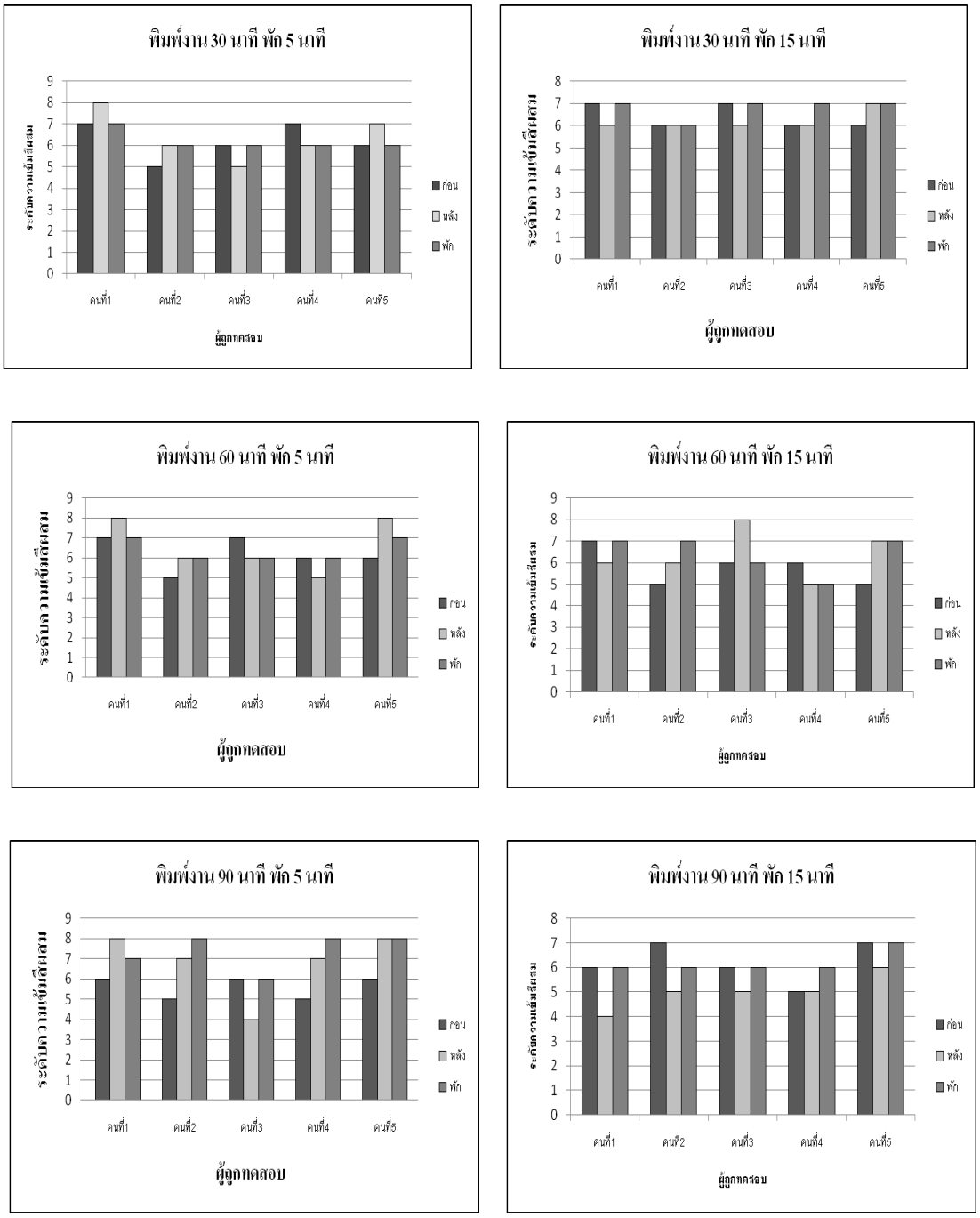
4.2.3 **วิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือ** Visual Signal Detection (VSD)

เป็นการวัดความล้าจากการให้ผู้ถูกทดสอบดูสีผสมในระดับความเข้มต่างๆบนจอภาพคอมพิวเตอร์และต้องตัดสินใจว่าระดับความเข้มสีผสมที่เห็นนั้นเป็นสีแดงหรือสีเขียวก่อนการทดลอง โดยมีสมมติฐานว่าหากมีความล้าทางสายตาเกิดขึ้นระดับความเข้มของสีผสมที่ผู้ถูกทดสอบได้ตอบไว้จะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม นั่นคือ ความสามารถในการแยกสีลดลงและเมื่อมีการพักสายตาแล้วผู้ถูกทดสอบจะสามารถตัดสินใจแยกสีดังกล่าวได้เช่นเดิมเหมือนกับตอนก่อนการทดลอง

จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ระดับความเข้มสีผสมก่อนกับหลังการใช้สายตาและหลังการใช้สายตากับหลังพักมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) แต่ผลที่ได้จากการวัดผู้ถูกทดสอบทั้งหมด พบว่า ระดับความเข้มสีผสมหลังการใช้สายตามักจะมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานแต่ก็มีบางรูปแบบการทดลองที่ไม่เป็นไปตามสมมติฐาน อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการพิจารณาในแต่ละประเภทของการทำงานที่ระยะเวลาทำงานและระยะพักที่แตกต่างกันจึงได้ผลดังต่อไปนี้

1) การพิมพ์งาน

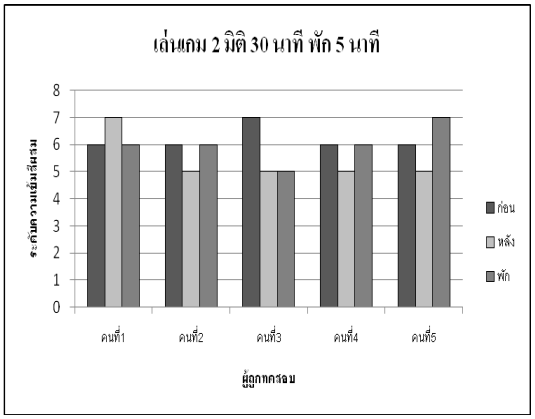
จากภาพที่ 4.31 จะเห็นได้ว่า หลังจากการพิมพ์งาน 30 หรือ 60 หรือ 90 นาที ระดับความเข้มสีผสมส่วนใหญ่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (เพิ่มขึ้นหรือลดลง) โดยที่ระยะเวลา 90 นาที มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับสีผสมที่มากกว่าที่ระยะเวลา 30 กับ 60 นาที คือ มักจะเปลี่ยนไปจากก่อนการใช้สายตา 2 ระดับ แสดงว่าการพิมพ์งานเป็นระยะเวลา 90 นาที ส่งผลให้เกิดความล้าทางสายตามากกว่าพิมพ์งานเป็นระยะเวลา 30 หรือ 60 นาทีและเมื่อมีการหยุดพักเป็นเวลา 5 นาที จากการพิมพ์งานเป็นระยะเวลา 30 นาที ระดับความเข้มสีผสมหลังพักมีการเปลี่ยนแปลงกลับคืนไปเท่ากับก่อนการพิมพ์งานเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งต่างจากการพิมพ์งานที่ระยะเวลา 60 หรือ 90 นาที ที่มักจะไม่กลับคืนไปเท่ากับก่อนการพิมพ์งาน ดังนั้น การพิมพ์งานเป็นระยะเวลา 30 นาที ควรมี การพัก 5 นาที และถ้าพิมพ์งานเป็นระยะเวลา 60 หรือ 90 นาที ควรมีเวลาพัก 15 นาที

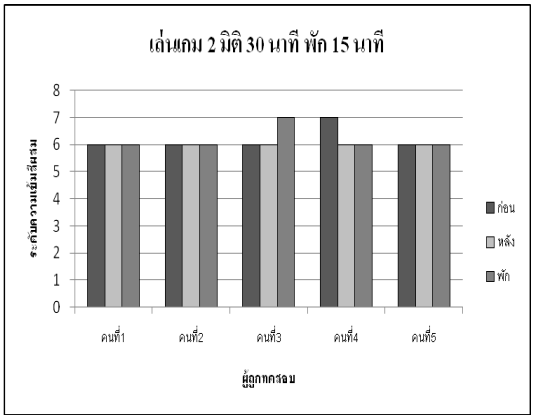


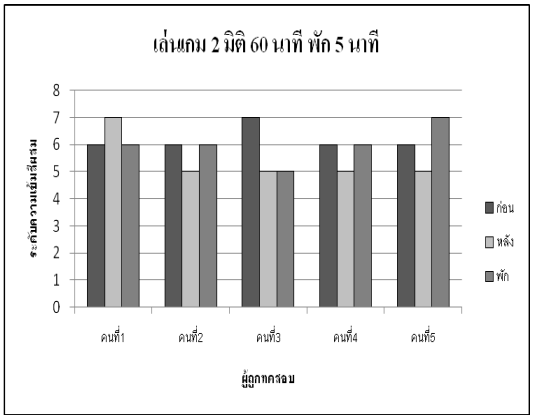
ภาพที่ 4.31 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสม เมื่อพิมพ์งานเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที และมีระยะพัก 5 และ 15 นาที

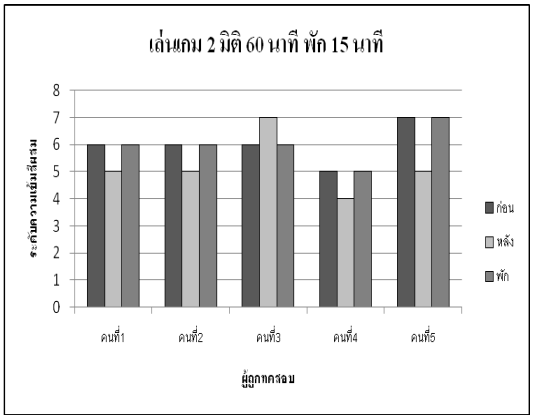
2) การเล่นเกมสองมิติ

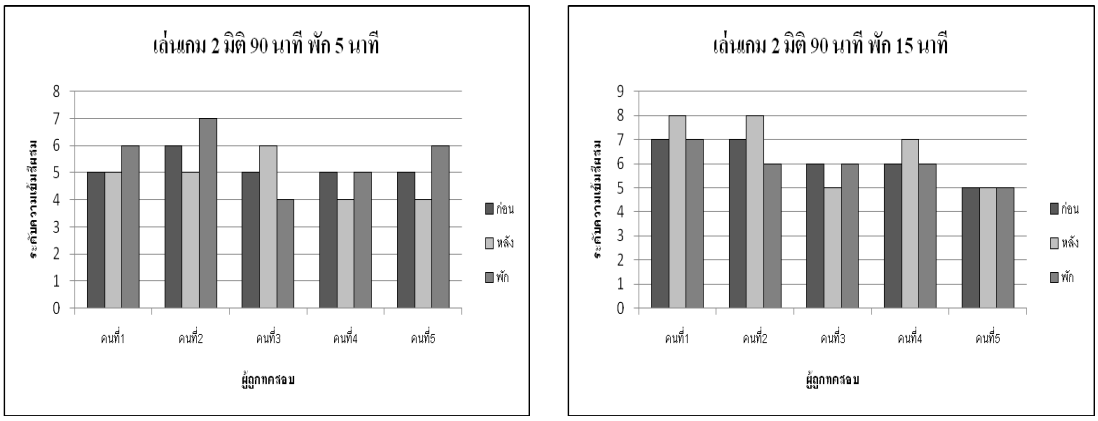
เมื่อพิจารณาจากการเล่นเกมสองมิติที่ระยะเวลาต่างๆ จากภาพที่ 4.32 พบว่า ระดับความเข้มสีผสมของผู้ถูกทดสอบแต่ละคนจากการเล่นเกมสองมิติเป็นระยะเวลา 30 นาที หรือ 60 นาทีแล้วมี การพักด้วยระยะเวลา 5 หรือ 15 นาทีนั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกัน แต่ที่ระยะเวลา 90 นาทีและมีระยะพัก 15 นาทีนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมหลังพักกลับคืนไปเท่ากับก่อนการใช้สายตาอย่างเห็นได้ชัดมากกว่าที่ระยะพัก 5 นาที แสดงว่า การเล่นเกมสองมิติเป็นระยะเวลา 30 หรือ 60 นาทีควรมีระยะพัก 5 นาทีและหากมีการเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 90 นาทีควรพัก 15 นาทีถึงจะเพียงพอ







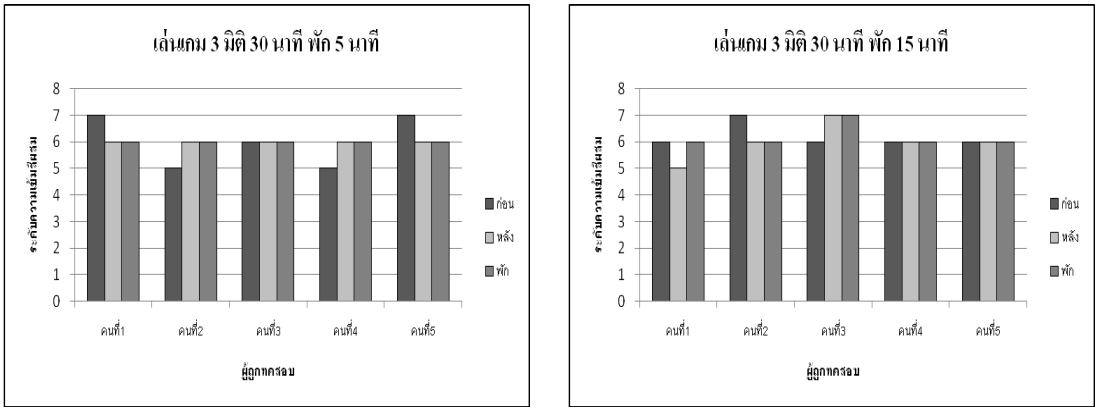


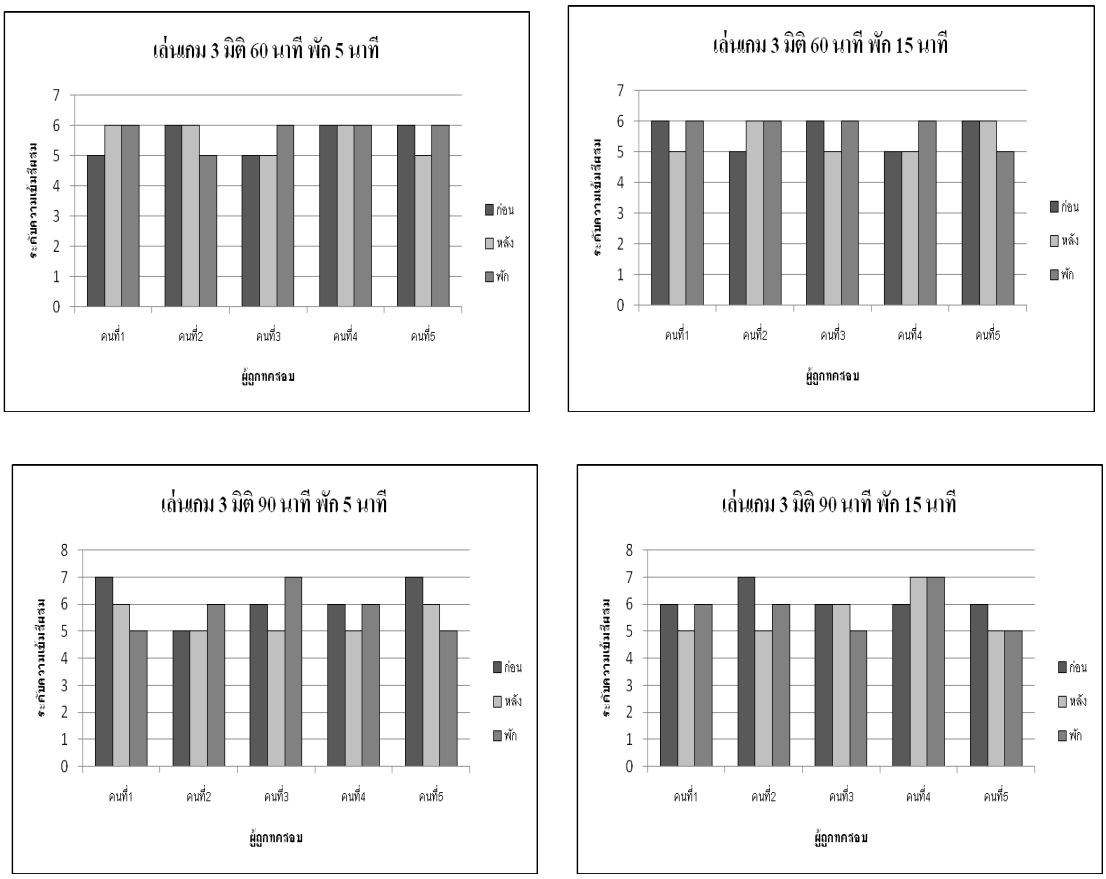


ภาพที่ 4.32 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสม เมื่อเล่นเกมสองมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที และมีระยะพัก 5 และ 15 นาที

3) การเล่นเกมสามมิติ

จากภาพที่ 4.33 จะเห็นได้ว่า หลังจากการเล่นเกมสามมิติเป็นระยะเวลา 30 หรือ 60 หรือ 90 นาที โดยส่วนใหญ่ระดับความเข้มสีผสมจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม แสดงว่ามีความล้าเกิดขึ้นตามสมมติฐาน และเมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมที่หลังพักกับก่อนการเล่นเกม พบว่า ทั้ง 3 ระยะเวลาของการเล่นเกมสามมิตินั้นควรมีระยะพักเป็น 15 นาทีถึงจะเพียงพอ เพราะว่าที่ระยะพัก 15 นาทีมีการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมหลังพักกลับคืนไปเท่ากับก่อนการใช้สายตามากกว่าที่ระยะพัก 5 นาที

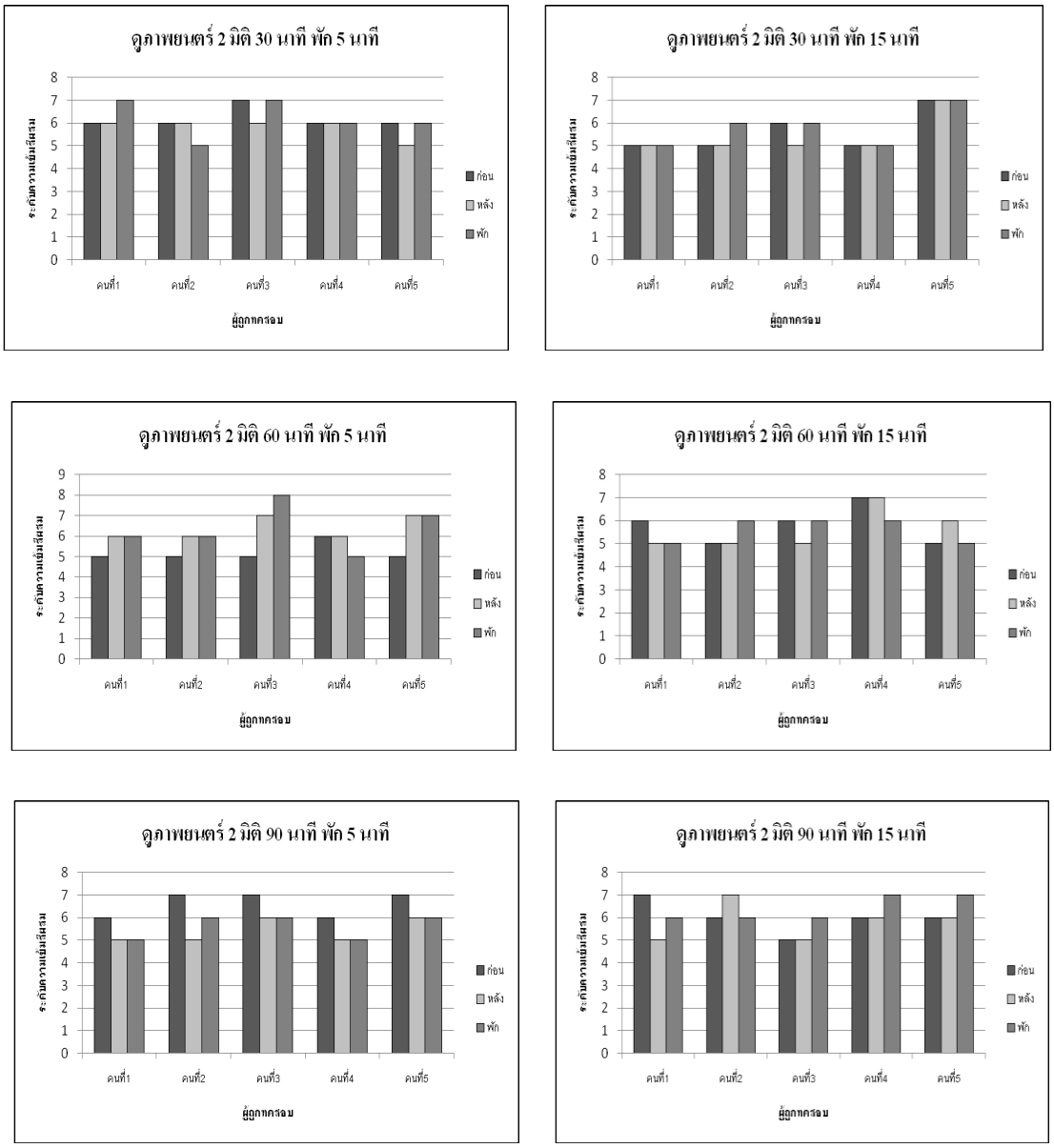




ภาพที่ 4.33 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสม เมื่อเล่นเกมสามมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที และมีระยะพัก 5 และ 15 นาที

4) การดูภาพยนตร์สองมิติ

จากภาพที่ 4.34 จะเห็นได้ว่า หลังจากการดูภาพยนตร์สองมิติทั้ง 3 ระยะเวลา โดยส่วนใหญ่ระดับความเข้มสีผสมจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมและเมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมที่หลังพักกับก่อนเล่นเกม พบว่า การดูภาพยนตร์สองมิติเป็นระยะเวลา 30 นาที ควรมีระยะพัก 5 นาที เนื่องจากที่ระยะพักนี้ระดับความเข้มสีผสมหลังพักมีการเปลี่ยนแปลงกลับคืนไปเท่ากับก่อนการดูภาพยนตร์สองมิติ ส่วนการดูภาพยนตร์สองมิติเป็นระยะเวลา 60 หรือ 90 นาที นั้นควรมีระยะพักเป็น 15 นาทีถึงจะเพียงพอ เพราะว่าที่ระยะพัก 5 นาทีไม่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมหลังพักกลับคืนไปเท่ากับก่อนการใช้สายตาในผู้ถูกทดสอบคนใดเลย

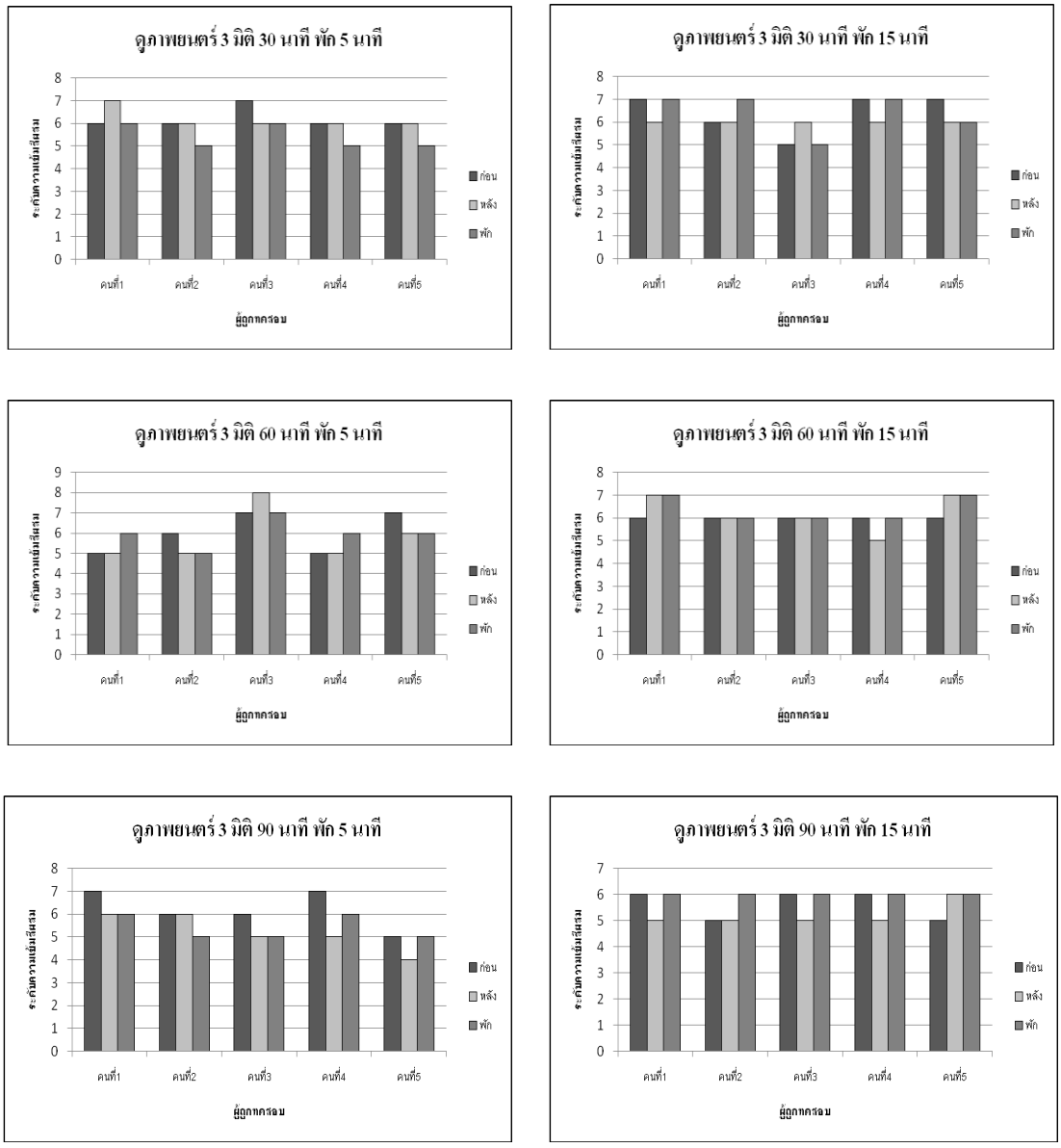


ภาพที่ 4.34 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสม เมื่อดูภาพยนตร์สองมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาทีและมีระยะพัก 5 และ 15 นาที

5) การดูภาพยนตร์สามมิติ

หลังจากการดูภาพยนตร์สามมิติเป็นระยะเวลา 30 หรือ 60 หรือ 90 นาที ระดับความเข้มสีผสมส่วนใหญ่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยที่ระยะเวลา 90 นาที มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับสีผสม 2 ระดับ ซึ่งมากกว่าที่ระยะเวลา 30 กับ 60 นาที แสดงว่า การดูภาพยนตร์สามมิติ เป็นระยะเวลา 90 นาที ส่งผลให้เกิดความล้าทางสายตามากกว่าดูภาพยนตร์สามมิติเป็นระยะเวลา 30 หรือ 60 นาทีและเมื่อมีการหยุดพักเป็นเวลา 15 นาทีของทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่า

ระดับความเข้มสีผสมที่ผู้ถูกทดสอบแยกได้กลับมาเหมือนกับก่อนการทดลองมากกว่าการหยุดพักเป็นเวลา 5 นาที ดังนั้น ที่ระยะพัก 15 นาที จึงมีแนวโน้มที่สายตาจะคืนกลับปกติได้ดีกว่า



ภาพที่ 4.35 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมเมื่อดูภาพยนตร์สามมิติเป็นเวลา 30, 60 และ 90นาทีและมีระยะพัก 5 และ 15 นาที

4.2.4 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบผลความล้าทางสายตาจากระยะเวลาทำงาน

ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัยนี้มี 2 ตัว คือ ระยะเวลาทำงาน (WT) ได้แก่ 30, 60 และ 90 นาที และระยะเวลาพัก (RT) มี 2 ช่วงเวลา คือ 5 และ 15 นาที ส่วนตัวแปรตามก็มี 2 ตัวเช่นกัน คือ ค่าความถี่ CFF และระดับความเข้มสีผสม จากการวิเคราะห์ข้างต้น พบว่า ค่าความถี่ CFF มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ได้ ส่วนระดับความเข้มสีผสมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจึงไม่นำมาพิจารณาในขั้นตอนนี้แต่ได้นำไปพล็อตกราฟเพื่อดูผลว่ามีแนวโน้มเป็นไปดังสมมติฐานหรือไม่ ตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.3 สำหรับค่าความถี่ CFF ได้นำผลต่างของความถี่ CFF ก่อนและหลังการทดลองมาวิเคราะห์ถึงความแปรปรวนเพื่อพิจารณาว่าระยะเวลาทำงานมีผลต่อความล้าทางสายตา โดยการเปรียบเทียบระดับนัยสำคัญ (Significant) ที่คำนวณได้กับ P-value ที่กำหนด คือ 0.05 ผลการวิเคราะห์ของค่าความถี่ทั้ง UP และ DOWN เป็นไปดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงระดับนัยสำคัญที่คำนวณได้ของค่าความถี่ CFF-UP และ CFF-DOWN

ประเภทงาน	**Significant จากการคำนวณ CFF-UP**	**Significant จากการคำนวณ CFF-DOWN**
พิมพ์งาน	0.000	0.016
เล่นเกมสองมิติ	0.041	0.012
เล่นเกมสามมิติ	0.002	0.005
ดูภาพยนตร์สองมิติ	0.000	0.000
ดูภาพยนตร์สามมิติ	0.015	0.001

จากตารางข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาทำงานของการใช้สายตาทำงานทุกประเภทล้วนแต่มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ทดสอบน้อยกว่าค่า P-value ที่กำหนด นั่นคือ ในการทำงานเหล่านี้ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าทางสายตาอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อทำการวิเคราะห์แจกแจงข้อมูลถึงความเป็นปกติ พบว่า ค่าความถี่ CFF ทั้งสองความถี่ที่ได้จากก่อนและหลังทดลองมีการกระจายตัวอย่างเป็นปกติในการทำงานทุกประเภท หลังจากนั้นจึงนำผลไปวิเคราะห์เปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) ของระยะเวลาทำงานต่างๆที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลที่ได้เป็นไปดังตาราง

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบพหุคูณของการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆที่ระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที

ประเภทงาน	ระยะเวลาทำงาน (นาที)					
	CFF_UP			CFF_DOWN		
	30 กับ 60	30 กับ 90	60 กับ 90	30 กับ 60	30 กับ 90	60 กับ 90
พิมพ์งาน	/	/	/	x	/	x
เล่นเกม2มิติ	x	/	x	/	/	x
เล่นเกม3มิติ	/	/	x	/	/	x
ดูภาพยนตร์2มิติ	/	/	x	/	/	/
ดูภาพยนตร์3มิติ	x	/	x	/	/	x

/ หมายถึง ระยะเวลาทำงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

x หมายถึง ระยะเวลาทำงานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ความล้าทางสายตาที่เกิดขึ้นจากการทำงานเป็นระยะเวลา 30 นาทีแตกต่างกับการทำงานเป็นระยะเวลา 90 นาทีอย่างมีนัยสำคัญในงานทุกประเภททั้งจากCFF-UP และ CFF-DOWN นั่นคือ การทำงานเป็นเวลา 30 นาทีส่งผลให้เกิดความล้าของตาน้อยกว่าการทำงานเป็นเวลา 90 นาที เช่นเดียวกันกับการทำงานเป็นระยะเวลา 30 นาทีกับ 60 นาทีที่มักจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมีเพียงการพิมพ์งานจากความถี่ CFF-DOWN และการเล่นเกมสองมิติกับการดูภาพยนตร์สามมิติจากความถี่ CFF-UP ที่ความล้าของตาจากระยะเวลาทำงานทั้งสองนี้ไม่แตกต่างกัน ขณะที่ความล้าทางสายตาจากการทำงานเป็นระยะเวลา 60 นาทีกับ 90 นาทีมักจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้เห็นได้ว่าระยะเวลาทำงานทั้งสองซึ่งแตกต่างกัน 30 นาทีนี้กลับทำให้เกิดความล้าของตาขึ้นได้ไม่ต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เมื่อเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของคนเรามากขึ้นโดยเฉพาะสิ่งอำนวยความสะดวกอย่างคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ได้ทั้งเพื่อการทำงานและสร้างความบันเทิงในยามพักผ่อนจึงทำให้คนเราต้องใช้สายตาจ้องมองไปที่หน้าจอคอมพิวเตอร์อยู่เป็นประจำด้วยระยะเวลาที่ยาวนานเพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ที่ผ่านมาจึงมีการศึกษาวิจัยถึงผลเสียจากการใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นเวลานานๆของกลุ่มบุคคลในองค์กรต่างๆมากมาย รวมไปถึงการออกแบบเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องให้มีความเหมาะสมเพื่อลดอาการล้าที่เกิดขึ้น ถึงแม้ว่าอุปกรณ์เหล่านี้จะมีการออกแบบมาอย่างดีที่สุดแล้วก็ตามแต่ถ้ายังคงมีการมองจอภาพคอมพิวเตอร์เป็นระยะเวลายาวนานอยู่ ความล้าทั้งทางสายตาและจิตใจย่อมมีการเกิดขึ้นอยู่เช่นเดิมจึงเป็นมูลเหตุให้เกิดการวิจัยในครั้งนี้ขึ้นเพื่อหาช่วงเวลาทำงานและระยะเวลาพักที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดความล้าทางสายตาน้อยที่สุด อีกทั้งยังจะทำการเปรียบเทียบการเกิดความล้าทางสายตาจากการต้องมองจอภาพคอมพิวเตอร์เพื่อทำงานประเภทต่างๆด้วย ซึ่งในการทดลองจะทำการควบคุมสภาวะการณ์ทุกอย่างเหมือนกัน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบการทดลองโดยมีปัจจัย 2 อย่าง คือ ระยะเวลาทำงาน (3 ระดับ ได้แก่ 30, 60 และ 90 นาที) และระยะเวลาพัก (2 ระดับ ได้แก่ 5 และ 15 นาที) จึงได้เป็นทั้งหมก 6 รูปแบบการทดลอง คือ ทำงาน 30 นาที พัก 5 นาที (30/5), ทำงาน 30 นาที พัก 15 นาที (30/15), ทำงาน 60 นาที พัก 5 นาที (60/5), ทำงาน 60 นาที พัก 15 นาที (60/15), ทำงาน 90 นาที พัก 5 นาที (90/5) และทำงาน 90 นาที พัก 15 นาที (90/15) และได้ทำการทดลองทุกรูปแบบใน 5 งาน คือ การพิมพ์งาน เล่นเกมสองมิติ เล่นเกมสามมิติ ดูภาพยนตร์สองมิติ และดูภาพยนตร์สามมิติ โดยทำการวัดความล้าทางสายตาด้วยแบบสอบถาม (Questionaire) เครื่อง Critical Flicker Frequency (CFF) และเครื่อง Visual Signal Detection (VSD) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลจากการตอบแบบสอบถาม

   1.1 การดูภาพยนตร์สามมิติจะทำให้มีอาการปวดตา แสบตา ปวดเบ้าตา กระพริบตาบ่อยครั้ง มองเห็นระยะใกล้และไกลพร่ามัว มองเห็นภาพเบลอหรือภาพซ้อน ในระดับความรุนแรงสูงที่สุด รองลงมา คือ การเล่นเกมสามมิติแต่ก็ยังมีระดับความรุนแรงที่สูงกว่าการพิมพ์งาน การดูภาพยนตร์และเล่นเกมสองมิติที่มีระดับอาการล้าแตกต่างกันไม่มาก

1.2 ระดับความรุนแรงของอาการทางกายภาพและสภาพจิตใจจากการเล่นเกมสามมิติสูงที่สุด รองลงมา คือ การดูภาพยนตร์สามมิติ สำหรับการพิมพ์งาน การดูภาพยนตร์และเล่นเกม สองมิตินั้นมีระดับความรุนแรงที่แตกต่างกันไม่มากนัก

1.3 อาการล้าทางสายตา, ทางกายภาพ และจิตใจที่เกิดขึ้นในการทำงานทุกประเภทเป็นระยะเวลา 30 หรือ 60 นาที จะมีระดับความรุนแรงของอาการต่ำกว่าการปฏิบัติเป็นระยะเวลานาน 90 นาที

2. การใช้สายตามองจอภาพคอมพิวเตอร์เพื่อทำงานประเภทต่างๆ ได้แก่ การพิมพ์งาน เล่นเกมสองมิติ เล่นเกมสามมิติ ดูภาพยนตร์สองมิติ และดูภาพยนตร์สามมิติ เป็นเวลาติดต่อกัน 30 นาที หรือ 60 นาที หรือ 90 นาที จะทำให้เกิดความล้าทางสายตาได้ กล่าวคือ ค่าความถี่ CFF ลดลงหลังจากการ ทดลองและเมื่อมีการหยุดพักสายตาหลังการทดลองสายตามีแนวโน้มที่จะกลับคืนสู่สภาพเดิม ใกล้เคียงกับตอนก่อนการทดลอง ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Taptagaporn และ Saito (1993) ที่กล่าวว่า การทำงานหน้าจอคอมพิวเตอร์ควรให้มีการหยุดพักระหว่างการทำงานเพื่อเป็นการลดความล้าทางสายตา

3. ผลการวัดความล้าทางสายตาในงานประเภทต่างๆ พบว่า ควรมีระยะเวลาทำงานและเวลาหยุดพักที่เหมาะสมซึ่งจะช่วยลดการเกิดอาการความล้าทางสายตา ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงระยะพักที่เหมาะสมในการทำงานประเภทต่างๆเมื่อพิจารณาจากเวลาทำงาน

ประเภทงาน	**ระยะเวลาพัก (นาที)**		
	ทำงาน 30 นาที	**ทำงาน 60 นาที**	**ทำงาน 90 นาที**
พิมพ์งาน	5	15	15
เล่นเกม2 มิติ	5	15	15
เล่นเกม 3 มิติ	15	15	15
ดูภาพยนตร์ 2 มิติ	5	5	15
ดูภาพยนตร์ 3 มิติ	15	15	15

4. การเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมจากเครื่อง Visual Signal Detection ที่ได้จากการวิจัยนี้ไม่สามารถที่จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างชัดเจนจากการใช้สายตาทำงานทุกประเภทของการทดลอง นั่นคือ ทั้งก่อนกับหลังการทดลองและหลังการทดลองกับหลังพักไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

5. จากผลของค่าความถี่ CFF กับการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมจากเครื่อง VSD ในการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆนั้น พบว่า มีแนวโน้มในแสดงให้เห็นถึงการเกิดความล้าทางสายตาเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ค่าความถี่ CFF จะลดลงเมื่อมีความล้าเกิดขึ้นและจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการพักสายตาเช่นเดียวกันกับระดับความเข้มสีผสมที่ส่วนมากจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากก่อนการใช้สายตาหากเกิดความล้าขึ้นและจะกลับสู่ระดับเดิมได้เมื่อมีการพักสายตา

6. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าทางสายตาในงานทุกประเภท ตามตารางที่ 4.2 และความล้าทางสายตาที่เกิดขึ้นจากการทำงานเป็นระยะเวลา 30 นาทีแตกต่างกับการทำงานเป็นระยะเวลา 90 นาทีอย่างชัดเจน ในขณะที่การทำงานเป็นเวลา 60 นาทีกับ 90 นาทีมักจะทำให้เกิดความล้าของตาที่ไม่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

1. การควบคุมผู้ถูกทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดต่างๆ เช่น การนอนหลับให้เพียงพอก่อนการมาทดลอง การพักสายตาจริงๆตามระยะเวลาที่กำหนดหลังจากการทำการทดลองเสร็จ เป็นต้น ล้วนเป็นสิ่งที่ควบคุมยากและอาจส่งผลให้ข้อมูลมีความผิดพลาดได้ จึงควรเข้มงวดกับปัจจัยเหล่านี้ให้มาก

2. ควรที่จะศึกษาปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อสายตาด้วย เช่น ความส่องสว่าง, อุณหภูมิ, ความชื้น, อายุของคน, ระยะห่างจากจอภาพคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

3. ในการทำวิจัยควรที่จะทำการทดลองกับกลุ่มผู้ถูกทดสอบที่มีจำนวนมากขึ้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือหากสามารถทำได้โดยไม่มีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดใดๆ

เสนอแนวทางในการวิจัยขั้นต่อไป

การวิจัยนี้จะมีความสมบูรณ์มากขึ้นควรมีการวิจัยขั้นต่อไป ดังนี้

1. การเลือกกลุ่มผู้ถูกทดสอบควรมีอายุที่ไม่แตกต่างกันมากเกินไป เพราะว่าเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นความสามารถในการปรับระยะโฟกัสของดวงตาจะลดลง

2. การศึกษาระยะเวลาทำงานและระยะเวลาพักควรมีการวัดระยะความผิดพลาดของงานนั้นด้วยเพื่อการเปรียบเทียบที่ได้ผลชัดเจนขึ้น เช่น การทำเป็นแบบทดสอบที่มีการวัดผลด้วย

คะแนนหรือประสิทธิภาพของงานเพื่อสามารถนำมาใช้ประเมินถึงระดับความล้าทางสายตาได้แม่นยำมากขึ้น เป็นต้น

3. ควรปรับเปลี่ยนรูปแบบการทดลองให้มีระดับของตัวแปรอิสระในการทำวิจัยที่เพิ่มมากขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น เปลี่ยนระยะเวลาในการใช้สายตาของผู้ถูกทดสอบจาก 30, 60 และ 90 นาที เป็น 60, 90 และ 120 นาที หรือทำการทดสอบที่ระยะเวลาพักมากกว่า 15 นาที เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การุณ. 2554. แว่นตาระบบสามมิติ[Online]. Available from: http://www.positionmag.com/magazine/details.aspx?id=87965[2010,November 27]

กิตติ อินทรานนท์. 2548. การยศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชูศักดิ์ เวชแพทย์. 2520. สรีระวิทยา. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์อักษรสมัย.

นภาพร ตนานุวัฒน์. 2553. การวัดระดับสายตาและการตรวจจอตา[ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.medicine.cmu.ac.th/dept/eye/lecture301 [2010,November 19]

มิ่งขวัญ มิ่งเมือง. 2531. โครงสร้างและระบบการทำงานของร่างกาย. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ยูไนเต็ดบุ๊คส์.

โรมัน. 2554. ลักษณะการทำงานของภาพสามมิติ[Online]. Available from: http://www.lgblogg.com/2011/what-are-the-3d.html[2011,March 18]

สสิธร เทพตระการพร และธรณพงศ์ จันทรวงศ์. 2541. การประเมินผลความเสี่ยงต่อรังสีจากจอคอมพิวเตอร์ในกรมอนามัย. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย.

สัญญา ปิลกศิริ. 2552. จักษุวิทยาพื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

สุทธิ์ ศรีบูรพา. 2540. เออร์กอนอมิกส์ : วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

สมพร โรจน์ดำรงการ. 2539. ความล้าทางสายตาของงานพิมพ์บนจอภาพคอมพิวเตอร์และงานตรวจสอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Andris Freivalds,Benjamin W. Niebel. 2009. Design of cognitive work (Niebel's methods, Standard and Work Design). New York : McGraw-Hill.

Banks lab. 2010. The health effect of 3D[Online]. Available from: http://science-wired.blogspot.com/2010/04/is-3d-bad-for-you[2010,November 11]

Bergqvist, U.O. and Knave. 1994. Eye discomfort and work with visual display terminal. Scandinavian Journal of Work Environment and Health : 27-33.

Berkeley Researcher. 2010. 3D can cause eye strain, headaches[Online]. Available from: http://www.voanews.com/english/news/Research-Shows-3-D-Movies-Can-Cause-Eye-Strain-Headaches-84909757.[2010,November 11]

David Heeger. Signal detection theory with the patient[Online]. Available from: http://www-psych.stanford.edu[2010,October 27]

Lie Ghiringhelli. 1980. Collection of subjective opinions on use of VDT. Taylor & Francis : 227-230.

Magaret. 1972. Reaction time and performance. Human Factor: 86.

Miller. 1956. Fatigue in a visual tracking task. Journal of Safety Research.

Piroon. 2005. จอ LCDคืออะไร[Online]. Available from: http://www.expert2you.com/view_article.php?art_id=2439[2010,November 11]

Sasitorn Taptagaporn and Susumu Saito. 1993. Visual comfort in VDT operation : Physiological rest states of the eye. Industrial Health: 13-28.

Susumu Saito, Sasitorn Taptagaporn and Gavriel Salvendy. 1993. Visual comfort in using different VDT screens. International of Journal Human-Computer Interaction.

Thai Samsung Electronics. Viewing TV using the 3D function[Online]. Available from: http://www.samsung.com/au/3d-tv/warning[2010,November 11]

Thomas. 2006. 3D history[Online]. Available from: http://www.sensio.tv/en/3d/3d_history.[2010,November 27]

Woong. 2009. The munsell color system[Online]. Available from: http://superyoungwoong.exteen.com/20090903/munsellcolorsystem[2010,October 27]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการกำหนดข้อมูลสีผสมเพื่อใส่ในโปรแกรมสำหรับเครื่อง Visual Signal Detection

ขั้นตอนการกำหนดสีผสมเพื่อใส่ในโปรแกรมสำหรับเครื่อง Visual Signal Detection

1. การเก็บข้อมูลสำหรับนำไปกำหนดค่าความเข้มสีผสมลงในโปรแกรมของเครื่องวัด Visual Signal Detection

1.1 สร้างเฉดสีแดงและสีเขียวที่มีค่าความเข้มสีจากน้อย(สีอ่อน)ไปถึงความเข้มมากที่สุด (สีเข้ม) โดยค่าน้อยที่สุดคือ 0 และมากที่สุดคือ 255 ตามระดับเฉดสีที่ใช้งานกับจอภาพคอมพิวเตอร์

1.2 ปรับระดับความเปลี่ยนแปลงของเฉดสีจนกระทั่งผู้ถูกทดสอบสามารถรับรู้ถึงความเปลี่ยนแปลงได้ โดยผู้ถูกทดสอบมองแถบสีเพื่อดูถึงความสามารถในการแยกแยะสีแดงและสีเขียวว่าแยกได้ที่ระดับความเปลี่ยนแปลงกี่เฉดสี

1.3 วัดระดับความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจำนวน 3 ครั้งกับผู้ถูกทดสอบแต่ละคน ผลที่ได้เป็นไปดังตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 แสดงระดับความเปลี่ยนแปลงของเฉดสีที่รับรู้ได้

ผู้ถูกทดสอบ	**ความกว้างของเฉดสีแดง**			**ความกว้างของเฉดสีเขียว**		
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**
1	10	9	9	4	6	6
2	10	6	8	5	5	5
3	8	7	6	6	10	6
4	9	8	8	7	6	6
5	9	8	9	5	6	6
เฉลี่ย	8			6		

จากการทดลองโดยปรับระดับความเปลี่ยนแปลงของเฉดสีบนจอภาพคอมพิวเตอร์จนกระทั่งผู้ถูกทดสอบสามารถรับรู้ถึงความเปลี่ยนแปลงได้ เพื่อดูถึงความสามารถในการแยกแยะสีแดงและสีเขียว พบว่า ส่วนใหญ่สามารถรับรู้สีแดงที่มีการแบ่งเฉดสีออกเป็นความเข้มสีช่วงละ 6-10 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8 และสีเขียวเป็นช่วงละ 4-10 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6 ตามตารางที่ 1

2.นำช่วงที่ได้ดังกล่าวจากข้อ 1 มากำหนดค่าความเข้มสีผสมลงในโปรแกรมของเครื่องวัด Visual Signal Detection ได้ดังตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.2 แสดงการกำหนดค่าความเข้มของสีผสม

ระดับ	ความเข้มสีแดง	ความเข้มสีเขียว
1	24	104
2	32	96
3	40	88
4	48	80
5	56	72
6	64	64
7	72	56
8	80	48
9	88	40
10	96	32
11	104	24

ภาคผนวก ข
แบบสอบถามก่อนและหลังการทดลอง

แบบสอบถามก่อนและหลังการทดลอง

แบบสอบถามก่อนการทดลอง (ให้วงกลมล้อมรอบคำตอบและเติมคำตอบลงในช่องว่าง)

ชื่อ-นามสกุล..... **อายุ**..... **ปี วันที่**.....**เพศ** ชาย หญิง

ปัญหาทางสายตา สายตาสั้น สายตาเอียง อื่นๆ.....

ขณะที่จะทำการทดสอบนี้คุณ ใส่แว่นสายตา คอนแทคเลนส์ ทำเลสิค

ก่อนการมาทำการทดลองคุณนอนหลับ.....**ชั่วโมง**

ก่อนทำการทดลอง ดื่มกาแฟ ทานอาหาร ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

เมื่อเช้านี้ อ่านหนังสือ ดูโทรทัศน์ ดูภาพยนตร์ เล่นเกมส์ นาน.....ชั่วโมง

เป็นโรคเกี่ยวกับตา เป็นโรค..... ไม่เป็น

ตารางที่ ข.1 ตารางการประเมินอาการก่อนการทดลอง

อาการแสดง	**ระดับการประเมิน (น้อยที่สุด - มากที่สุด)**			
	0	1	2	3
1. ปวดตา				
2. แสบตา				
3. ระคายเคืองตา				
4. ปวดเบ้าตา				
5. น้ำตาไหล				
6. กระพริบตาบ่อย				
7. ปวดศีรษะ				
8. เวลามองระยะใกล้เกิดการพร่ามัว				
9. เวลามองระยะไหลเกิดการพร่ามัว				
10. มองเห็นเป็นภาพเบลอหรือภาพซ้อน				
11. อาการปวดคอ				
12. อาการปวดไหล่ / บ่า				
13. อาการปวดหลัง				
14. อาการปวดมือ / ข้อมือ				

แบบสอบถามหลังการทดลอง

วันที่.....

ชื่อ-นามสกุล..... **อายุ**..... **ปี**

เพศ ชาย หญิง

ตารางที่ ข.2 ตารางการประเมินหลังการทดลอง

อาการแสดง	**ระดับการประเมิน (น้อยที่สุด - มากที่สุด)**			
	0	1	2	3
1. ปวดตา				
2. แสบตา				
3. ระคายเคืองตา				
4. ปวดเบ้าตา				
5. น้ำตาไหล				
6. กระพริบตาบ่อย				
7. ปวดศีรษะ				
8. เวลามองระยะใกล้เกิดการพร่ามัว				
9. เวลามองระยะไหลเกิดการพร่ามัว				
10. มองเห็นเป็นภาพเบลอหรือภาพซ้อน				
11. อาการปวดคอ				
12. อาการปวดไหล่ / บ่า				
13. อาการปวดหลัง				
14. อาการปวดมือ / ข้อมือ				

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบ t-test ของค่าความถี่ Critical Flicker Frequency

การทดสอบ t-test **ที่ระดับนัยสำคัญ** 0.05 **ของค่าความถี่** Critical Flicker Frequency

1. ทดสอบค่าความถี่ CFF ของระยะเวลาทำงานประเภทต่างๆ

<u>วัตถุประสงค์ในการทดสอบ</u>

เพื่อทดสอบว่าการทำงานประเภทต่างๆที่ระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที ส่งผลให้เกิดความล้าทางสายตาขึ้นหรือไม่ ซึ่งพิจารณาได้จากค่าความถี่CFFหลังการทดลองต้องลดลงจากก่อนทดลอง

<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

ทดสอบด้วย t-test dependent ที่ระดับนัยสำคัญ 0.025 เนื่องจากเป็นการทดสอบทั้งก่อนการทดลอง หลังการทดลองและหลังการพักจึงควรทดสอบที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05/(3-1)โดยมีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยของความถี่CFFก่อนการใช้สายตาทำงานน้อยกว่าหรือเท่ากับหลังการใช้สายตา

H_1 : ค่าเฉลี่ยของความถี่CFFก่อนการใช้สายตาทำงานมากกว่าหลังการใช้สายตา

1.พิมพ์งาน

CFF-UP

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.50000	.35590	.11255	.19781	.80219	4.443	9	.002

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	2.00000	.71802	.22706	1.39035	2.60965	8.808	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	3.77000	.93933	.29704	2.97244	4.56756	12.692	9	.000

CFF-DOWN

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.75000	.22730	.07188	.55700	.94300	10.434	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	1.44000	1.38900	.43924	.26063	2.61937	3.278	9	.010

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	2.37000	1.37925	.43616	1.19891	3.54109	5.434	9	.000

2.เล่นเกมสองมิติ

CFF-UP

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	1.26000	1.02978	.32564	.38564	2.13436	3.869	9	.004

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	2.03000	1.17194	.37060	1.03493	3.02507	5.478	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	2.59000	1.51177	.47806	1.30640	3.87360	5.418	9	.000

CFF-DOWN

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.67000	.32335	.10225	.39545	.94455	6.552	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	1.42000	.70836	.22400	.81855	2.02145	6.339	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	1.79000	1.08059	.34171	.87250	2.70750	5.238	9	.001

3.เล่นเกมสามมิติ

CFF-UP

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.63000	.36530	.11552	.31983	.94017	5.454	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	1.12000	.58462	.18487	.62362	1.61638	6.058	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	1.52000	.48259	.15261	1.11025	1.92975	9.960	9	.000

CFF-DOWN

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	1.33000	.62370	.19723	.80043	1.85957	6.743	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - after	2.37000	.82199	.25994	1.67207	3.06793	9.118	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	2.25000	.83033	.26257	1.54499	2.95501	8.569	9	.000

4.ดูภาพยนตร์สองมิติ

CFF-UP

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	.47000	.35292	.11160	.17034	.76966	4.211	9	.002

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	1.09000	.42282	.13371	.73099	1.44901	8.152	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	1.40000	.46428	.14682	1.00579	1.79421	9.536	9	.000

CFF-DOWN

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	.47000	.22632	.07157	.27783	.66217	6.567	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	1.03000	.55388	.17515	.55972	1.50028	5.881	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	2.03000	.57359	.18138	1.54298	2.51702	11.192	9	.000

5.ดูภาพยนตร์สามมิติ

CFF-UP

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	1.21000	.32813	.10376	.93140	1.48860	11.661	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	1.70000	.98093	.31020	.86712	2.53288	5.480	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	1.94000	.86307	.27293	1.20719	2.67281	7.108	9	.000

CFF-DOWN

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	1.00000	.42687	.13499	.63755	1.36245	7.408	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	2.29000	.72641	.22971	1.67323	2.90677	9.969	9	.000

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 before - after	2.8600	1.39857	.44227	1.67251	4.04749	6.467	9	.000

ผลการทดสอบ

พิจารณา sig(2-tailed) ถ้ามีค่าน้อยกว่า 0.025 จะยอมรับ H_1 พบว่า การใช้สายตาทำงานทุกประเภทที่ระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที มีค่าน้อยกว่า 0.025 ทั้งหมด แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของความถี่ CFF ก่อนการใช้สายตาทำงานมากกว่าหลังการใช้สายตาอย่างมีนัยสำคัญหรือค่าความถี่ CFF ลดลง นั่นคือ มีการเกิดความล้าทางสายตาขึ้น

2. ทดสอบค่าความถี่ CFF ของระยะเวลาพัก

วัตถุประสงค์ในการทดสอบ

เพื่อทดสอบว่าหลังจากพักเป็นเวลา 5 และ 15 นาทีแล้วความล้าของตาลดลงหรือไม่ ซึ่งพิจารณาได้จากค่าความถี่ CFF หลังพักมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าหลังการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทดสอบด้วย t-test dependent ที่ระดับนัยสำคัญ 0.025 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยของความถี่ CFF หลังการใช้สายตาทำงานมากกว่าหรือเท่ากับหลังพัก

H_1 : ค่าเฉลี่ยของความถี่ CFF หลังการใช้สายตาทำงานน้อยกว่าหลังพัก

1.พิมพ์งาน

CFF-UP

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-1.06667	.75561	.19510	-1.55628	-.57705	-5.467	14	.000

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-1.96000	1.55002	.40021	-2.96437	-.95563	-4.897	14	.000

CFF-DOWN

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.64667	.59984	.15488	-1.03534	-.25799	-4.175	14	.001

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-1.09333	.97649	.25213	-1.72606	-.46060	-4.336	14	.001

2.เล่นเกมสองมิติ

CFF-UP

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.63333	.62981	.16262	-1.04143	-.22523	-3.895	14	.002

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.78667	.47938	.12378	-1.09729	-.47604	-6.356	14	.000

CFF-DOWN

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.32000	.24260	.06264	-.47720	-.16280	-5.109	14	.000

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.72000	.57470	.14839	-1.09239	-.34761	-4.852	14	.000

3.เล่นเกมสามมิติ

CFF-UP

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.43333	.32660	.08433	-.64496	-.22171	-5.139	14	.000

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.56667	.49666	.12824	-.88848	-.24485	-4.419	14	.001

CFF-DOWN

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.44000	.45166	.11662	-.73266	-.14734	-3.773	14	.002

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.44000	.45166	.11662	-.73266	-.14734	-3.773	14	.002

4.ดูภาพยนตร์สองมิติ

CFF-UP

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.42000	.33209	.08575	-.63519	-.20481	-4.898	14	.000

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.68000	.46935	.12118	-.98412	-.37588	-5.611	14	.000

CFF-DOWN

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.34000	.35617	.09196	-.57079	-.10921	-3.697	14	.002

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-1.03333	.69351	.17906	-1.48270	-.58396	-5.771	14	.000

5.ดูภาพยนตร์สามมิติ

CFF-UP

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.55333	.31593	.08157	-.75804	-.34862	-6.783	14	.000

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.74667	.40154	.10368	-1.00685	-.48648	-7.202	14	.000

CFF-DOWN

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.54667	.32264	.08330	-.75573	-.33761	-6.562	14	.000

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-1.10667	.56627	.14621	-1.47359	-.73974	-7.569	14	.000

<u>ผลการทดสอบ</u>

พิจารณา sig(2-tailed) ถ้ามีค่าน้อยกว่า 0.025 จะยอมรับ H_1 พบว่า การพักหลังจากใช้สายตาทำงานทุกประเภทมีค่าน้อยกว่า 0.025 ทั้งหมด แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของความถี่ CFF หลังการใช้สายตาทำงานน้อยกว่าหลังพักอย่างมีนัยสำคัญหรือค่าความถี่ CFF เพิ่มขึ้นหลังจากที่ได้มีการพัก นั่นคือ ระยะเวลาพัก 5 และ 15 นาที ช่วยให้ความล้าทางสายตาลดลงได้

3. ทดสอบค่าความถี่ CFF ของระยะเวลาพักที่เหมาะสม

<u>วัตถุประสงค์ในการทดสอบ</u>

เพื่อทดสอบว่าระยะพัก 5 หรือ 15 นาทีเป็นระยะเวลาพักที่เหมาะสมต่อการใช้สายตาทำงานด้วยระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที ซึ่งพิจารณาได้จากค่าความถี่ CFF หลังพักมีค่าเท่ากับก่อนการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆ นั่นคือ ความล้าของตาลดลงและกลับคืนสู่ภาวะปกติ (Recovery) ได้

<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

ทดสอบด้วย t-test dependent ที่ระดับนัยสำคัญ 0.025 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยของความถี่ CFF ก่อนการใช้สายตาทำงานเท่ากับหลังพัก

H_1 : ค่าเฉลี่ยของความถี่ CFF ก่อนการใช้สายตาทำงานไม่เท่ากับหลังพัก

1.พิมพ์งาน

ทำงาน 30 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.20000	.12247	.05477	.00855	.39145	3.651	4	.022

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.66000	.08944	.04000	.52018	.79982	16.500	4	.000

ทำงาน 30 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.26000	.23022	.10296	-.09987	.61987	2.525	4	.065

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.16000	.15166	.06782	-.07707	.39707	2.359	4	.078

ทำงาน 60 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.48000	.30332	.13565	.00586	.95414	3.539	4	.024

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.08000	1.49900	.67037	-1.26323	3.42323	1.611	4	.182

ทำงาน 60 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.40000	.29155	.13038	-.05575	.85575	3.068	4	.037

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.22000	.26833	.12000	-.19945	.63945	1.833	4	.141

ทำงาน 90 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.40000	.88600	.39623	.01501	2.78499	3.533	4	.024

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.86000	.68775	.30757	-.21509	1.93509	2.796	4	.049

ทำงาน 90 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.72000	.54955	.24576	-.13905	1.57905	2.930	4	.043

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.92000	.86718	.38781	-.43557	2.27557	2.372	4	.077

2.เล่นเกมสองมิติ

ทำงาน 30 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.64000	.37815	.16912	.04887	1.23113	3.784	4	.019

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.08000	.13038	.05831	-.12382	.28382	1.372	4	.242

ทำงาน 30 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.88000	.99599	.44542	-.67693	2.43693	1.976	4	.119

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.46000	.36469	.16310	-.11008	1.03008	2.820	4	.048

ทำงาน 60 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.80000	.98489	.44045	-.73957	2.33957	1.816	4	.143

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.12000	.90940	.40669	-.30156	2.54156	2.754	4	.051

ทำงาน 60 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.38000	.77266	.34554	.17219	2.58781	3.994	4	.016

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.62000	.30332	.13565	.14586	1.09414	4.571	4	.010

ทำงาน 90 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.46000	.97622	.43658	-.06602	2.98602	3.344	4	.029

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.56000	1.28957	.57671	-.45585	3.57585	2.705	4	.054

ทำงาน 90 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	2.34000	1.83112	.81890	-.52239	5.20239	2.857	4	.046

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.80000	.64420	.28810	-.20702	1.80702	2.777	4	.050

3.เล่นเกมสามมิติ

ทำงาน 30 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.50000	.45277	.20248	-.20777	1.20777	2.469	4	.022

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.96000	.60249	.26944	.01818	1.90182	3.563	4	.024

ทำงาน 30 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.16000	.15166	.06782	-.07707	.39707	2.359	4	.012

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.70000	.25495	.11402	.30146	1.09854	6.139	4	.004

ทำงาน 60 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.92000	.63797	.28531	-.07726	1.91726	3.225	4	.032

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.48000	.93381	.41761	.02028	2.93972	3.544	4	.024

ทำงาน 60 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.38000	.47117	.21071	-.35653	1.11653	1.803	4	.146

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.98000	1.51723	.67853	-1.39173	3.35173	1.444	4	.222

ทำงาน 90 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.04000	.55498	.24819	.17246	1.90754	4.190	4	.014

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.92000	.80125	.35833	.66749	3.17251	5.358	4	.006

ทำงาน 90 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.54000	.18166	.08124	.25603	.82397	6.647	4	.003

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.88000	.74632	.33377	-.28665	2.04665	2.637	4	.058

4.ดูภาพยนตร์สองมิติ

ทำงาน 30 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.20000	.15811	.07071	-.04716	.44716	2.828	4	.021

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.18000	.08367	.03742	.04921	.31079	4.811	4	.009

ทำงาน 30 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.26000	.08944	.04000	.12018	.39982	6.500	4	.003

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.26000	.24083	.10770	-.11647	.63647	2.414	4	.073

ทำงาน 60 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.40000	.38730	.17321	-.20542	1.00542	2.309	4	.082

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.44000	.32094	.14353	-.06169	.94169	3.066	4	.037

ทำงาน 60 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.46000	.23022	.10296	.10013	.81987	4.468	4	.011

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.22000	.13038	.05831	.01618	.42382	3.773	4	.020

ทำงาน 90 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.90000	.72801	.32558	-.23802	2.03802	2.764	4	.051

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.20000	.40000	.17889	.57472	1.82528	6.708	4	.003

ทำงาน 90 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.40000	.07071	.03162	.28947	.51053	12.649	4	.000

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.64000	.20736	.09274	.31585	.96415	6.901	4	.002

5.ดูภาพยนตร์สามมิติ

ทำงาน 30 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.76000	.19494	.08718	.45528	1.06472	8.718	4	.001

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.46000	.15166	.06782	.22293	.69707	6.782	4	.002

ทำงาน 30 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.44000	.38471	.17205	-.16137	1.04137	2.557	4	.063

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.38000	.31145	.13928	-.10685	.86685	2.728	4	.053

ทำงาน 60 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.44000	1.31833	.58958	-.62081	3.50081	2.442	4	.071

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.70000	.40000	.17889	1.07472	2.32528	9.503	4	.001

ทำงาน 60 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.62000	.77910	.34843	-.59789	1.83789	1.779	4	.150

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	.72000	1.07564	.48104	-.96143	2.40143	1.497	4	.209

ทำงาน 90 นาทีพัก 5 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.48000	.63008	.28178	.49506	2.46494	5.252	4	.006

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.04000	.90719	.40571	-.37812	2.45812	2.563	4	.062

ทำงาน 90 นาทีพัก 15 นาที

CFF-UP

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	1.06000	.95551	.42732	-.43365	2.55365	2.481	4	.068

CFF-DOWN

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	97.5% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	before - afterrest	3.04000	.61887	.27677	2.07259	4.00741	10.984	4	.000

ผลการทดสอบ

พิจารณา sig(2-tailed) ถ้ามีค่าน้อยกว่า 0.05 จะยอมรับ H_1 คือ ค่าความถี่ก่อนการใช้สายตาไม่เท่ากับค่าความถี่หลังพัก ถ้ามีค่ามากกว่า 0.05 จะยอมรับ H_0 พบว่า การพักสายตาที่ระยะเวลา 5 และ15 นาที มีทั้งที่มากกว่าและน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ความถี่ CFF ก่อนกับหลังการพักมีทั้งที่เท่ากันและไม่เท่ากัน จึงต้องทำการเปรียบเทียบเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมจากการกราฟ

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบ t-test ของระดับความเข้มสีผสมจากเครื่อง VSD

การทดสอบ T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของระดับความเข้มสีผสมจากเครื่อง VSD

1.ทดสอบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมจากการใช้สายตาทำงานประเภทต่างๆ

วัตถุประสงค์ในการทดสอบ

เพื่อทดสอบว่าการทำงานประเภทต่างๆที่ระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที ส่งผลให้เกิดความล้าทางสายตาขึ้นหรือไม่ หากมีความล้าของตาเกิดขึ้นระดับความเข้มสีผสมหลังการทดลองจะต้องเปลี่ยนแปลงไปจากก่อนทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทดสอบด้วย t-test dependent ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ระดับความเข้มสีผสมก่อนกับหลังการใช้สายตาทำงานไม่แตกต่างกัน

H_1 : ระดับความเข้มสีผสมก่อนกับหลังการใช้สายตาทำงานแตกต่างกัน

1.พิมพ์งาน

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 before - after	-.1000	1.10050	.34801	-.88725	.68725	-.287	9	.780

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 before - after	-.5000	1.35401	.42817	-1.46860	.46860	-1.168	9	.273

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.0000	1.82574	.57735	-1.30606	1.30606	.000	9	1.000

2.เล่นเกมสองมิติ

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.3000	.82327	.26034	-.28893	.88893	1.152	9	.279

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.6000	.96609	.30551	-.09110	1.29110	1.964	9	.081

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.2000	1.13529	.35901	-.61214	1.01214	.557	9	.591

3.เล่นเกมสามมิติ

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.0000	.81650	.25820	-.58409	.58409	.000	9	1.000

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.2000	.78881	.24944	-.36428	.76428	.802	9	.443

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.5000	.70711	.22361	-.00583	1.00583	2.236	9	.052

4.ดูภาพยนตร์สองมิติ

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.3000	.48305	.15275	-.04555	.64555	1.964	9	.081

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	-.5000	1.08012	.34157	-1.27267	.27267	-1.464	9	.177

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.6000	.84327	.26667	-.00324	1.20324	2.250	9	.051

5.ดูภาพยนตร์สามมิติ

ระยะเวลาทำงาน 30 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.2000	.78881	.24944	-.36428	.76428	.802	9	.443

ระยะเวลาทำงาน 60 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	before - after	.0000	.81650	.25820	-.58409	.58409	.000	9	1.000

ระยะเวลาทำงาน 90 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 before - after	.20000	.94112	.24300	-.32118	.72118	.823	14	.424

ผลการทดสอบ

พิจารณา sig(2-tailed) ถ้ามีค่าน้อยกว่า 0.05 จะยอมรับ H_1 พบว่า การใช้สายตาทำงานทุกประเภทที่ระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที มีค่ามากกว่า 0.05 ทั้งหมด แสดงว่า ระดับความเข้มสีผสมก่อนกับหลังการใช้สายตาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2.ทดสอบการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสีผสมหลังจากการพักสายตา 5 และ 15 นาที

วัตถุประสงค์ในการทดสอบ

เพื่อทดสอบว่าการการพักสายตา 5 และ 15 นาที แล้วความล้าของตาลดลงหรือไม่ ถ้าระดับความเข้มสีผสมหลังพักงเปลี่ยนแปลงไปจากหลังการใช้สายตาทำงาน แสดงว่า ความล้าของตาลดลง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทดสอบด้วย t-test dependent ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ระดับความเข้มสีผสมหลังพักกับหลังการใช้สายตาทำงานไม่แตกต่างกัน

H_1 : ระดับความเข้มสีผสมหลังพักกับหลังการใช้สายตาทำงานแตกต่างกัน

1.พิมพ์งาน

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 after - afterrest	-.0666	.96115	.24817	-.59893	.46560	-.269	14	.792

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	after - afterrest	-.4666	.91548	.23637	-.97364	.04031	-1.974	14	.068

2.เล่นเกมสองมิติ

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	after - afterrest	-.5333	.99043	.25573	-1.08182	.01515	-2.086	14	.056

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	after - afterrest	-.3333	1.39728	.36078	-1.10712	.44045	-.924	14	.371

3.เล่นเกมสามมิติ

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	after - afterrest	-.1333	.51640	.13333	-.41930	.15264	-1.000	14	.334

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	after - afterrest	-.3333	.97590	.25198	-.87377	.20710	-1.323	14	.207

4.ดูภาพยนตร์สองมิติ

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	after - afterrest	-.2000	.67612	.17457	-.57442	.17442	-1.146	14	.271

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	after - afterrest	-.3333	.81650	.21082	-.78549	.11883	-1.581	14	.136

5.ดูภาพยนตร์สามมิติ

ระยะเวลาพัก 5 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	after - afterrest	.0666	.79881	.20625	-.37570	.50903	.323	14	.751

ระยะเวลาพัก 15 นาที

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	after - afterrest	-.3333	.61721	.15936	-.67513	.00847	-2.092	14	.055

<u>ผลการทดสอบ</u>

พิจารณา sig(2-tailed) ถ้ามีค่าน้อยกว่า 0.05 จะยอมรับ H_1 พบว่า การใช้สายตาทำงานทุกประเภทที่ระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที มีค่ามากกว่า 0.05 ทั้งหมด แสดงว่า ระดับความเข้มสีผสมหลังการใช้สายตากับหลังพักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความล้าทางสายตาจากระยะเวลาทำงาน

วิเคราะห์ความแปรปรวนของความล้าทางสายตาจากระยะเวลาทำงาน

<u>วัตถุประสงค์ในการทดสอบ</u>

เพื่อทดสอบว่าความล้าของตาที่เกิดขึ้นจากการทำงานเป็นระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที มีความแตกต่างกันหรือไม่

<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

ข้อมูลได้จากการออกแบบการทดลองแบบบล็อก (RBD: Randomized Block Design) ทดสอบสมมติฐานโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

สมมติฐานที่ 1

H_0 : ระยะเวลาทำงานไม่เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตา

H_1 : ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตา

สมมติฐานที่ 2

H_0 : ความแปรปรวนของข้อมูลทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีอย่างน้อย 1 กลุ่มที่มีความแปรปรวนแตกต่างไปจากกลุ่มอื่น

1.พิมพ์งาน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:CFF_UP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	54.206[a]	3	18.069	35.859	.000
Intercept	17.379	1	17.379	34.491	.000
SUB	.620	1	.620	1.231	.277
WT	53.586	2	26.793	53.174	.000
Error	13.101	26	.504		
Total	198.350	30			
Corrected Total	67.307	29			

a. R Squared = .805 (Adjusted R Squared = .783)

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:CFF_UP

F	df1	df2	Sig.
2.301	2	27	.119

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + SUB + WT

Multiple Comparisons

CFF_UP

LSD

(I) WT	(J) WT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30	60	-1.5000*	.31881	.000	-2.1541	-.8459
	90	-3.2700*	.31881	.000	-3.9241	-2.6159
60	30	1.5000*	.31881	.000	.8459	2.1541
	90	-1.7700*	.31881	.000	-2.4241	-1.1159
90	30	3.2700*	.31881	.000	2.6159	3.9241
	60	1.7700*	.31881	.000	1.1159	2.4241

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .508.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการทดสอบ CFF-UP

ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาและจากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value > 0.05 แสดงว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดไม่ต่างกัน ดังนั้นจึงวิเคราะห์แบบ equal variences assumed โดยเลือกใช้ LSD ซึ่งพบว่า ค่าความแตกต่างเฉลี่ยของระยะเวลาในการพิมพ์งานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ 30 กับ 60 นาที, 30 กับ 90 นาที และ 60 กับ 90 นาที

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:CFF_DOWN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	13.139[a]	3	4.380	3.240	.038
Intercept	10.824	1	10.824	8.006	.009
SUB	.081	1	.081	.060	.809
WT	13.058	2	6.529	4.830	.016
Error	35.149	26	1.352		
Total	117.478	30			
Corrected Total	48.288	29			

a. R Squared = .272 (Adjusted R Squared = .188)

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:CFF_DOWN

F	df1	df2	Sig.
6.178	2	27	.006

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + SUB + WT

Multiple Comparisons

CFF_DOWN

Tamhane

(I) WT	(J) WT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30	60	-.6840	.44640	.403	-1.9739	.6059
	90	-1.6100*	.44446	.015	-2.8942	-.3258
60	30	.6840	.44640	.403	-.6059	1.9739
	90	-.9260	.62134	.393	-2.5608	.7088
90	30	1.6100*	.44446	.015	.3258	2.8942
	60	.9260	.62134	.393	-.7088	2.5608

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.305.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการทดสอบCFF-DOWN

ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาและจากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value < 0.05 แสดงว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดต่างกัน ดังนั้นจึงวิเคราะห์แบบ equal variences not assumed โดยเลือกใช้ Tamhane ซึ่งพบว่า ค่าความแตกต่างเฉลี่ยของระยะเวลาในการพิมพ์งานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ 30 กับ 90 นาที

2.เล่นเกมสองมิติ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:CFF_UP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9.103[a]	3	3.034	1.866	.160
Intercept	23.849	1	23.849	14.665	.001
SUB	.101	1	.101	.062	.805
WT	9.002	2	4.501	2.768	.041
Error	42.281	26	1.626		
Total	167.575	30			
Corrected Total	51.384	29			

a. R Squared = .177 (Adjusted R Squared = .082)

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:CFF_UP

F	df1	df2	Sig.
.264	2	27	.770

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + SUB + WT

Multiple Comparisons

CFF_UP

LSD

(I) WT	(J) WT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30	60	-.7760	.56031	.177	-1.9257	.3737
	90	-1.3360*	.56031	.024	-2.4857	-.1863
60	30	.7760	.56031	.177	-.3737	1.9257
	90	-.5600	.56031	.326	-1.7097	.5897
90	30	1.3360*	.56031	.024	.1863	2.4857
	60	.5600	.56031	.326	-.5897	1.7097

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.570.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการทดสอบ CFF-UP

ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาและจากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value > 0.05 แสดงว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดไม่ต่างกัน ดังนั้นจึงวิเคราะห์แบบ equal variences assumed โดยเลือกใช้ LSD ซึ่งพบว่า ค่าความแตกต่างเฉลี่ยของระยะเวลาในการพิมพ์งานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ 30 กับ 90 นาที

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:CFF_DOWN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.598[a]	3	2.199	3.557	.028
Intercept	8.468	1	8.468	13.697	.001
SUB	.018	1	.018	.029	.866
WT	6.580	2	3.290	5.321	.012
Error	16.075	26	.618		
Total	73.217	30			
Corrected Total	22.673	29			

a. R Squared = .291 (Adjusted R Squared = .209)

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:CFF_DOWN

F	df1	df2	Sig.
6.918	2	27	.004

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + SUB + WT

Multiple Comparisons

CFF_DOWN

Tamhane

(I) WT	(J) WT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30	60	-.7680*	.24889	.027	-1.4539	-.0821
	90	-1.1220*	.35643	.029	-2.1311	-.1129
60	30	.7680*	.24889	.027	.0821	1.4539
	90	-.3540	.41065	.786	-1.4509	.7429
90	30	1.1220*	.35643	.029	.1129	2.1311
	60	.3540	.41065	.786	-.7429	1.4509

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .596.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการทดสอบCFF-DOWN

ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาและจากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value < 0.05 แสดงว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดต่างกัน ดังนั้นจึงวิเคราะห์แบบ equal variences not assumed โดยเลือกใช้ Tamhane ซึ่งพบว่า ค่าความแตกต่างเฉลี่ยของระยะเวลาในการพิมพ์งานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 ได้แก่ 30 กับ 60 นาที และ 30 กับ 90 นาที

3.เล่นเกมสามมิติ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:CFF_UP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.948[a]	3	1.316	5.408	.005
Intercept	6.194	1	6.194	25.458	.000
SUB	.004	1	.004	.017	.897
WT	3.944	2	1.972	8.104	.002
Error	6.326	26	.243		
Total	45.961	30			
Corrected Total	10.274	29			

a. R Squared = .384 (Adjusted R Squared = .313)

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:CFF_UP

F	df1	df2	Sig.
1.292	2	27	.291

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + SUB + WT

Multiple Comparisons

CFF_UP

LSD

(I) WT	(J) WT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30	60	-.4960*	.21655	.030	-.9403	-.0517
	90	-.8860*	.21655	.000	-1.3303	-.4417
60	30	.4960*	.21655	.030	.0517	.9403
	90	-.3900	.21655	.083	-.8343	.0543
90	30	.8860*	.21655	.000	.4417	1.3303
	60	.3900	.21655	.083	-.0543	.8343

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .234.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการทดสอบ CFF-UP

ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาและจากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value > 0.05 แสดงว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดไม่ต่างกัน ดังนั้นจึงวิเคราะห์แบบ equal variences assumed โดยเลือกใช้ LSD ซึ่งพบว่า ค่าความแตกต่างเฉลี่ยของระยะเวลาในการพิมพ์งานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ 30 กับ 60 นาที และ 30 กับ 90 นาที

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:CFF_DOWN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9.231[a]	3	3.077	6.138	.003
Intercept	10.034	1	10.034	20.015	.000
SUB	2.621	1	2.621	5.228	.031
WT	6.611	2	3.305	6.593	.005
Error	13.035	26	.501		
Total	140.275	30			
Corrected Total	22.266	29			

a. R Squared = .415 (Adjusted R Squared = .347)

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:CFF_DOWN

F	df1	df2	Sig.
.203	2	27	.817

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + SUB + WT

Multiple Comparisons

CFF_DOWN

LSD

(I) WT	(J) WT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30	60	-1.0560*	.34054	.004	-1.7547	-.3573
	90	-.9220*	.34054	.012	-1.6207	-.2233
60	30	1.0560*	.34054	.004	.3573	1.7547
	90	.1340	.34054	.697	-.5647	.8327
90	30	.9220*	.34054	.012	.2233	1.6207
	60	-.1340	.34054	.697	-.8327	.5647

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .580.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการทดสอบ CFF-DOWN

ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาและจากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value > 0.05 แสดงว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดไม่ต่างกัน ดังนั้นจึงวิเคราะห์แบบ equal variences assumed โดยเลือกใช้ LSD ซึ่งพบว่า ค่าความแตกต่างเฉลี่ยของระยะเวลาในการพิมพ์งานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ 30 กับ 60 นาที และ 30 กับ 90 นาที

4.ดูภาพยนตร์สองมิติ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:CFF_UP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.434[a]	3	1.478	7.915	.001
Intercept	6.362	1	6.362	34.074	.000
SUB	.064	1	.064	.343	.563
WT	4.370	2	2.185	11.702	.000
Error	4.855	26	.187		
Total	38.218	30			
Corrected Total	9.288	29			

a. R Squared = .477 (Adjusted R Squared = .417)

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:CFF_UP

F	df1	df2	Sig.
.991	2	27	.384

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + SUB + WT

Multiple Comparisons

CFF_UP

LSD

(I) WT	(J) WT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30	60	-.6120*	.19088	.003	-1.0036	-.2204
	90	-.9180*	.19088	.000	-1.3096	-.5264
60	30	.6120*	.19088	.003	.2204	1.0036
	90	-.3060	.19088	.121	-.6976	.0856
90	30	.9180*	.19088	.000	.5264	1.3096
	60	.3060	.19088	.121	-.0856	.6976

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .182.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการทดสอบ CFF-UP

ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาและจากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value > 0.05 แสดงว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดไม่ต่างกัน ดังนั้นจึงวิเคราะห์แบบ equal variences assumed โดยเลือกใช้ LSD ซึ่งพบว่า ค่าความแตกต่างเฉลี่ยของระยะเวลาในการพิมพ์งานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ 30 กับ 60 นาที และ 30 กับ 90 นาที

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:CFF_DOWN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	13.047[a]	3	4.349	19.574	.000
Intercept	4.337	1	4.337	19.518	.000
SUB	.557	1	.557	2.506	.126
WT	12.491	2	6.245	28.108	.000
Error	5.777	26	.222		
Total	60.644	30			
Corrected Total	18.824	29			

a. R Squared = .693 (Adjusted R Squared = .658)

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:CFF_DOWN

F	df1	df2	Sig.
1.299	2	27	.289

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + SUB + WT

Multiple Comparisons

CFF_DOWN

LSD

(I) WT	(J) WT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30	60	-.5600*	.21660	.015	-1.0044	-.1156
	90	-1.5600*	.21660	.000	-2.0044	-1.1156
60	30	.5600*	.21660	.015	.1156	1.0044
	90	-1.0000*	.21660	.000	-1.4444	-.5556
90	30	1.5600*	.21660	.000	1.1156	2.0044
	60	1.0000*	.21660	.000	.5556	1.4444

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .235.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการทดสอบ CFF-DOWN

ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาและจากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value > 0.05 แสดงว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดไม่ต่างกัน ดังนั้นจึงวิเคราะห์แบบ equal variences assumed โดยเลือกใช้ LSD ซึ่งพบว่า ค่าความแตกต่างเฉลี่ยของระยะเวลาในการพิมพ์งานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ 30 กับ 60 นาที, 30 กับ 90 นาที และ 60 กับ 90 นาที

5.ดูภาพยนตร์สามมิติ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:CFF_UP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.202[a]	3	1.067	1.695	.193
Intercept	11.138	1	11.138	17.684	.000
SUB	.238	1	.238	.378	.544
WT	2.964	2	1.482	2.353	.015
Error	16.376	26	.630		
Total	98.116	30			
Corrected Total	19.579	29			

a. R Squared = .164 (Adjusted R Squared = .067)

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:CFF_UP

F	df1	df2	Sig.
1.881	2	27	.172

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + SUB + WT

Multiple Comparisons

CFF_UP

LSD

(I) WT	(J) WT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30	60	-.4960	.35081	.169	-1.2158	.2238
	90	-.7580*	.35081	.040	-1.4778	-.0382
60	30	.4960	.35081	.169	-.2238	1.2158
	90	-.2620	.35081	.462	-.9818	.4578
90	30	.7580*	.35081	.040	.0382	1.4778
	60	.2620	.35081	.462	-.4578	.9818

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .615.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการทดสอบ CFF-UP

ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาและจากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value > 0.05 แสดงว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดไม่ต่างกัน ดังนั้นจึงวิเคราะห์แบบ equal variences assumed โดยเลือกใช้ LSD ซึ่งพบว่า ค่าความแตกต่างเฉลี่ยของระยะเวลาในการพิมพ์งานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ 30 กับ 90 นาที

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:CFF_DOWN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18.277[a]	3	6.092	6.665	.002
Intercept	27.556	1	27.556	30.146	.000
SUB	.264	1	.264	.289	.596
WT	18.013	2	9.006	9.853	.001
Error	23.766	26	.914		
Total	167.954	30			
Corrected Total	42.043	29			

a. R Squared = .435 (Adjusted R Squared = .369)

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:CFF_DOWN

F	df1	df2	Sig.
10.014	2	27	.001

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + SUB + WT

Multiple Comparisons

CFF_DOWN

Tamhane

(I) WT	(J) WT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30	60	-1.2720*	.26219	.001	-1.9765	-.5675
	90	-1.8560*	.46587	.007	-3.1720	-.5400
60	30	1.2720*	.26219	.001	.5675	1.9765
	90	-.5840	.49823	.598	-1.9437	.7757
90	30	1.8560*	.46587	.007	.5400	3.1720
	60	.5840	.49823	.598	-.7757	1.9437

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .890.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการทดสอบCFF-DOWN

ระยะเวลาทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาและจากตารางพบว่า Levene Statistic มีค่า p-value < 0.05 แสดงว่า ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละชุดต่างกัน ดังนั้นจึงวิเคราะห์แบบ equal variences not assumed โดยเลือกใช้ Tamhane ซึ่งพบว่า ค่าความแตกต่างเฉลี่ยของระยะเวลาในการพิมพ์งานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 ได้แก่
30 กับ 60 นาที และ 30 กับ 90 นาที

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุชามาศ วรรณภาพร เกิดเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ.2529 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนราชินีบน กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ.2551 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553