การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ

DESIGN AND DEVELOPMENT OF EQUIPMENT WRIST AND FOREARM PHYSICAL THERAPEUTIC IN ELDERLY PERSONS

ศิริพรรณ เพชรน่วม

SIRIPHAN PHETNUAM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2563

KMITL-2020-EN-M-045-010

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ

DESIGN AND DEVELOPMENT OF EQUIPMENT WRIST AND FOREARM PHYSICAL THERAPEUTIC IN ELDERLY PERSONS

ศิริพรรณ เพชรน่วม

SIRIPHAN PHETNUAM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2563
KMITL-2020-EN-M-045-010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND DEVELOPMENT OF EQUIPMENT WRIST AND FOREARM PHYSICAL THERAPEUTIC IN ELDERLY PERSONS

SIRIPHAN PHETNUAM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN BIOMEDICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2020

KMITL-2020-EN-M-045-010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2020
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ
นักศึกษา	นางสาวศิริพรรณ เพชรน่วม
รหัสประจำตัว	60601075
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.สุพันธุ์ ตั้งจิตกุศลมั่น

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ ซึ่งในปี 2552 อัตราจำนวนผู้สูงอายุได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สังคมได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ และผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 80 ปีขึ้นไปนั้นมีอาการป่วย การเสื่อมถอยของอวัยวะ และบางคนมีความพิการ ซึ่งการออกกำลังกายถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะสามารถทำให้ผู้สูงอายุมีสุขภาพที่ดีและลดการพึ่งพิงผู้อื่นได้มากที่สุด แต่ในการออกกำลังกายของผู้สูงอายุไม่สามารถออกกำลังกายที่หักโหมจนเกินไป ซึ่งผู้วิจัยได้เล็งเห็นการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้อายุ เพื่อส่งเสริมให้ผู้สูงอายุออกกำลังกายให้มากขึ้น นอกจากนี้อุปกรณ์นี้ยังสามารถไปประยุกต์ใช้กับการรักษาทางกายภาพบำบัด สำหรับข้อมือและแขนของผู้ป่วยได้อีกด้วยเช่นกัน จากผลของการวัดค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ด้วยโกนิโอมิเตอร์ ผลของการเล่นเกมในแต่ละสัปดาห์ และการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) ส่งผลดีขึ้นแก่ผู้สูงอายุ เนื่องจากกล้ามเนื้อหลักการใช้งานอุปกรณ์และเกม ทำให้กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้นและผู้สูงอายุหันมาสนใจในการออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการบริหารข้อมือและแขนของผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่ต้องการการกายภาพบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Design and Development of Equipment Wrist and Forearm Physical Therapeutic in Elderly Persons
Student	Miss.Siriphan Phetnuam
Student ID.	60601075
Degree	Master of Engineering
Program	Biomedical Engineering
Year	2020
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Supan Tungjitkusolmun

ABSTRACT

This paper describes the design of game and development of exercise device for wrist and forearm of elderly persons. Since 2009, the number of the senior population has increased rapidly. In recent years, The Thai society has entered into an aging society. Many citizens who are more than 80 years old have sickness, organ degeneration, and sometimes with disabilities. Exercise is one of the important things that can keep the elderly to have good health and reduce reliance on others. However, the senior population should not over exercise to avoid injury. The design of game and development of equipment proposed in this thesis is for the exercise of wrist and forearm to the elderly persons in order to encourage older people to exercise more. Also, this device can apply to physical therapy for wrist and forearm of the patient. Results of goniometry, Electromyogram (EMG) and total earning score from playing games have improved due to more flexible effect to muscle after playing games. In the future, an extension of equipment and games will be developed for more exercise or physical therapy in other positions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุพันธุ์ ตั้งจิตกุศลมั่น ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวเกี่ยวกับวงจรเซนเซอร์ อุปกรณ์ เครื่องมือ การวัดโกนิโอมิเตอร์ และการวัดวิเคราะห์ประมวลผลสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการของสาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยนี้ ขอขอบคุณน้อง ๆ ในห้องปฏิบัติการทุกคน

ขอขอบคุณ คุณวรพงษ์ คงทอง นักกายภาพบำบัดประจำทีมตะกร้อชาย ชุดทีมชาติไทย ที่ได้มาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ และดูภาพรวมของอุปกรณ์ให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

ขอขอบคุณ อาจารย์วิจิตรา ประสาทแก้ว อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชามีเดียชีวการแพทย์ โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้มาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับท่าทางการออกกำลังกายและกายภาพบัดบัดในส่วนของข้อมือและแขน

ขอขอบคุณ อาจารย์ศิวัช สุขศรี อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้มาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับตัวฮาร์ดแวร์ ลักษณะของเกม รูปแบบเกม การเชื่อมต่อระหว่างเกมและอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

สุดท้ายต้องขอขอบคุณ น.สพ. ธเนศ ธนพันธ์ และครอบครัวของข้าพเจ้าที่ได้สนับสนุนข้าพเจ้าในทุกด้านตลอดเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่านทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ศิริพรรณ เพชรน่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VII

สารบัญรูป..... IX

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 2

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา..... 2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย..... 2

1.5 ขอบเขตของการศึกษา..... 3

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา..... 4

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์..... 4

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1 ผู้สูงอายุกับการออกกกำลังกาย 6

2.2 โรคที่เกิดจากการใช้งานข้อมือและแขน..... 12

2.3 การออกกำลังกายบริหารข้อมือและแขน..... 24

2.4 พิสัยของการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM)..... 28

2.5 การวัดคลื่นสัญญาณกล้ามเนื้อ (Electromyogram)..... 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 การวิเคราะห์สัญญาณกล้ามเนื้อด้วยฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอย่างเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT)..... 38

2.7 เกมและทฤษฎีการออกแบบเกม..... 55

2.8 เกมการออกกำลังกายเชิงโต้ตอบ (Exergaming)..... 64

2.9 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดและประเมินผล..... 66

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 70

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 73

3.1 แนวทางในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ (Requirement System)..... 73

3.2 การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ (Hardware Design)..... 74

3.3 การออกแบบและพัฒนาเกม (Design and Game Development)..... 83

3.4 การเก็บผลกลุ่มตัวอย่าง..... 88

บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผล..... 105

4.1 ผู้เชี่ยวชาญประเมินอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน..... 105

4.2 ผลการวัดค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM)..... 107

4.3 ผลคะแนนจากการเล่นเกม..... 109

4.4 ผลการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG)..... 115

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ..... 117

เอกสารอ้างอิง..... 119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก..... 123

ประวัติผู้เขียน..... 135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ชนิดศักย์ไฟฟ้าและความถี่ที่ตอบสนองของสัญญาณไฟฟ้าสมอง หัวใจ และกล้ามเนื้อ (ดัดแปลงจาก Goodgold & Eberstein, 1972)..... 36

2.2 ตัวอย่างแบบประเมินผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ แบบทดสอบรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 2..... 69

2.3 การคำนวณและการแปลผลค่า IOC..... 70

3.1 พิสัยการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน (American Medical Association)..... 73

3.2 รายละเอียดภายในอุปกรณ์ของวงจรการทำงาน..... 79

4.1 ตารางวิเคราะห์ความคิดเห็นของแบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อการวิจัย..... 106

4.2 แสดงผลการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ก่อนและหลังการใช้งานอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนด้วยโกนิโอมิเตอร์..... 107

4.3 แสดงผลคะแนนจากการเล่นเกมในโหมดปกติ (Active Mode)..... 110

4.4 แสดงผลคะแนนจากการเล่นเกมในโหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode)..... 112

4.5 แสดงผลจากการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) ระหว่างก่อนการใช้งาน (Before), โหมดปกติ (Active Mode) และ โหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode)..... 115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การรำมวยจีนเป็นการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ	8
2.2 การวิ่งเหยาะ ๆ เป็นการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ	9
2.3 อาการชาที่นิ้วมือ	12
2.4 สาเหตุการชาปลายนิ้วมือ	13
2.5 การใช้งานมือในลักษณะการเกร็งอยู่นาน ๆ ในท่าเดิม	14
2.6 การใช้มือทำงานหนัก จากการเล่นโทรศัพท์มือถือในระยะเวลานาน	14
2.7 การเอาแขนพาดพนักเก้าอี้ในระยะเวลานาน	15
2.8 การวางมือ ขณะพิมพ์คอมพิวเตอร์	18
2.9 โรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ	18
2.10 โรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ	19
2.11 สาเหตุโรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ	19
2.12 การยืดกล้ามเนื้อบริเวณแขนและมือ	20
2.13 การยืดพังผืดบริเวณข้อมือ	21
2.14 การยืดเส้นประสาทด้วยตนเอง	21
2.15 การยืดเส้นประสาทด้วยตนเอง	22
2.16 การผ่าตัดพังผืดทับเส้นประสาทที่ข้อมือ	23
2.17 ท่าที่ 1 ท่าการบริหารกล้ามเนื้อแขนและข้อมือ	25
2.18 ท่าที่ 2 ท่าการบริหารกล้ามเนื้อแขนและข้อมือ	25
2.19 ท่าการยืดกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออ่อนรอบข้อมือ	26
2.20 ท่าที่ 1 การบริหารเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือ	26
2.21 ท่าที่ 2 การบริหารเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือ	27
2.22 ท่าที่ 3 การบริหารเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือ	27
2.23 โกนิโอมิเตอร์ (Goniometer)	28
2.24 การทำ Passive ROM ของแขน	29
2.25 การทำ Self - assisted ROM ของข้อไหล่	29
2.26 การออกกำลังกายแบบ Concentric Exercise (ซ้าย) , Eccentric Exercise (ขวา)	31
2.27 เครื่องมือที่ใช้สำหรับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านคงที่	31
2.28 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้สำรับการออกกำลังกายแบบ Isokinetic	32
2.29 การทำ anterior glide ของ Glenohumeral joint	33
2.30 การทำ distraction ของ Humeroradial joint	33
2.31 การทำ distraction ของ Carpometacarpal joint	33
2.32 การฝึกการทรงตัวด้วยการยืนขาเดียว	34
2.33 การฝึกการทรงตัวด้วยการยืนบน Wobble Board	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.34 การปรับสัญญาณ EMG จาก Raw EMG signal มาเป็น Integrated EMG signal.	35
2.35 ลักษณะสัญญาณ EMG ของ Motor Unite Potential MUP ปกติ ที่วัดจากอิเล็กโทรดบันทึกแบบเข็ม ขณะกล้ามเนื้อหดตัว สัญญาณคลื่นฟ้ากล้ามเนื้อมีลักษณะเป็นคลื่นเฟสสองและสาม มีขนาดความสูง 200 ไมโครโวลต์ – 5 มิลลิโวลต์ ความกว้างประมาณ 5 – 15 มิลลิวินาที ความถี่ 5 – 20 ครั้ง/นาที (น้อยกว่า 60 ครั้ง/วินาที).....	37
2.36 การวิเคราะห์สัญญาณกล้ามเนื้อด้วยฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอย่างเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT).....	38
2.37 แสดงการสุ่มตัวอย่างฟังก์ชัน $f(t)$ ออกเป็นชุดของอิมพัลส์ [5,6].....	40
2.38 แสดงค่าสุ่มตัวอย่างที่ได้จากฟังก์ชันสี่เหลี่ยม.....	43
2.39 แสดงหลักการคำนวณฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มแบบไม่ต่อเนื่อง.....	49
2.40 แสดงหลักการคำนวณฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม แบบไม่ต่อเนื่องเมื่อ N เป็นค่าของ 2 ยกกำลัง.....	50
2.41 หน้าต่างโปรแกรม acknowledge 4.2.....	54
2.42 เกมบันไดงู.....	55
2.43 เกม Dream Girlfriend.....	56
2.44 เกม SimCity BuildIt.....	56
2.45 เกม Tetris.....	57
2.46 หน้าต่างโปรแกรม Unity.....	64
2.47 ผู้สูงอายุเล่นเกมการออกกำลังกายเชิงโต้ตอบ.....	65
2.48 กลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพดีทดลองใช้งาน CR2-Haptic Robot.....	71
2.49 แสดงภาพอุปกรณ์กายภาพบำบัดเคลื่อนที่ทางด้านขวา.....	71
2.50 กลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพดี ทดลองใช้งานอุปกรณ์กายภาพบำบัด.....	72
2.51 อุปกรณการกายภาพบำบัดขณะใช้งาน.....	72
3.1 ท่าบริหารข้อมือและแขน (a) Supination and Pronation for Forearm, (b) Flexion and Extension of Elbow, (c) Supination and Pronation of Wrist and Forearm and (d) Flexion and Extension of Wrist.....	74
3.2 ภาพรวมของอุปกรณ์การบริหารข้อมือและแขน.....	75
3.3 ขนาดของอุปกรณ์สำหรับท่า Supination and Pronation for Forearm.....	76
3.4 ขนาดของอุปกรณ์สำหรับท่า Supination and Pronation of Wrist and Forearm and Flexion and Extension of Wrist.....	76
3.5 ขนาดของอุปกรณ์สำหรับท่า Flexion and Extension of Elbow.....	77
3.6 อุปกรณ์สำหรับท่าบริหารข้อมือและแขน โดย (a) Supination and Pronation for Forearm, (b) Supination and Pronation of Wrist and Forearm and Flexion and Extension of Wrist and (c) Flexion and Extension of Elbow.....	78
3.7 การทำงานของอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนของโหมดปกติ (Active Mode).....	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 การทำงานของอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนของโหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode)	80
3.9 ภายในอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน	80
3.10 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดปกติ (Active Mode)	81
3.11 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode)	82
3.12 ขั้นตอนการทำงานของเกม	84
3.13 เกมเก็บลูกบอล สำหรับ Supination and Pronation for Forearm	85
3.14 เกมกระโดดข้ามรั้ว สำหรับ Flexion and Extension of Elbow	86
3.15 เกมหลบกรวย สำหรับ Supination and Pronation of Wrist and Forearm	87
3.16 เกมเก็บลูกบาสเกตบอล สำหรับ Flexion and Extension of Wrist	88
3.17 Goniometer	90
3.18 การวัด Goniometry สำหรับท่า Supination for wrist and forearm	91
3.19 การวัด Goniometry สำหรับท่า Pronation for wrist and forearm	91
3.20 การวัด Goniometry สำหรับท่า Wrist Flexion	92
3.21 การวัด Goniometry สำหรับท่า Wrist Extension	92
3.22 การวัด Goniometry สำหรับท่า Elbow Flexion	92
3.23 การวัด Goniometry สำหรับท่า Extension for elbow	93
3.24 คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน	94
3.25 หน้าต่างลงทะเบียน เพื่อเข้าเล่นเกม	94
3.26 หน้าต่างเกมสำหรับการเลือกโหมด ซึ่งมีทั้งหมด 2 โหมด ได้แก่ 1) โหมดปกติ (Active Mode) และ 2) โหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode)	95
3.27 หน้าต่างเกมสำหรับการเลือกเกม ทั้งหมด 4 เกม	95
3.28 หน้าต่างเกมสำหรับเกมที่ 1 Supination and Pronation for wrist	96
3.29 หน้าต่างเกมสำหรับเกมที่ 2 Flexion and Extension of Elbow	96
3.30 หน้าต่างเกมสำหรับเกมที่ 3 Supination and Pronation of wrist and forearm	97
3.31 หน้าต่างเกมสำหรับเกมที่ 4 Flexion and Extension of wrist	97
3.32 หน้าต่างเกมในหน้าจบเกม	98
3.33 E-health cooking hack	98
3.34 ตำแหน่งกล้ามเนื้อ สำหรับท่า Supination and Pronation	99
3.35 ตำแหน่งกล้ามเนื้อ สำหรับท่า Flexion and Extension of Wrist and forearm	99
3.36 ตำแหน่งกล้ามเนื้อ สำหรับท่า Flexion and Extension of Elbow	100
3.37 แสดงขณะวัดกล้ามเนื้อก่อนการใช้งานอุปกรณ์ในท่า Flexion and Extension of Wrist and forearm	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.38 แสดงค่า Raw EMG จากการวัดด้วย E-health cooking hack โดยแสดงผลบนโปรแกรม Arduino	101
3.39 Raw EMG ก่อนใช้งานอุปกรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง (ผู้สูงอายุ)	101
3.40 วิเคราะห์ Raw EMG ก่อนใช้งานอุปกรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง (ผู้สูงอายุ) ด้วย FFT	102
3.41 แสดงผลการวิเคราะห์ EMG ก่อนใช้งานอุปกรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง (ผู้สูงอายุ) ด้วย FFT	103
3.42 แสดงผลการหาค่าอินทิกรัล EMG ก่อนใช้งานอุปกรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง (ผู้สูงอายุ)	104
4.1 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 1 ท่า Supination and Pronation of Forearm โหมดปกติ (Active Mode)	111
4.2 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 2 ท่า Flexion and Extension of Elbow โหมดปกติ (Active Mode)	111
4.3 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 3 ท่า Supination and Pronation of wrist and forearm โหมดปกติ (Active Mode)	111
4.4 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 4 ท่า Flexion and Extension of wrist โหมดปกติ (Active Mode)	112
4.5 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 1 ท่า Supination and Pronation of wrist and forearm โหมดช่วยเหลือ (Active-Assist Mode)	113
4.6 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 2 ท่า Flexion and Extension of Elbow โหมดช่วยเหลือ (Active-Assist Mode)	114
4.7 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 3 ท่า Supination and Pronation of wrist and forearm โหมดช่วยเหลือ (Active-Assist Mode)	114
4.8 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 4 ท่า Flexion and Extension of wrist โหมดช่วยเหลือ (Active-Assist Mode)	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางการแพทย์และเทคโนโลยีได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ประชากรมีอายุยืนยาวมากยิ่งขึ้น ทำให้มีจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และสังคมไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ (Aged Society) โดยจากข้อมูลของ United Nations World Population Ageing [1] พบว่า หลังจากปี 2552 ประชากรเด็กและผู้สูงอายุ จะมีจำนวนมากกว่าประชากรในวัยทำงาน และในปี 2560 ที่ผ่านมา ซึ่งเป็นครั้งแรกในประวัติศาสตร์ที่ประชากรเด็กน้อยกว่าผู้สูงอายุ ทั้งนี้ จากรายงานของผู้อำนวยการสำนักงานสถิติแห่งชาติ (สสช.) [2] ได้ประเมินว่า ในปี 2564 จะมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป สัดส่วนสูงถึง 20% และในปี 2574 ประเทศไทยจะมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงถึง 28% ทั้งในปัจจุบันสัดส่วนวัยทำงานดังกล่าวยังสามารถดูแลผู้สูงอายุได้ 1 ต่อ 4 คน ในปี 2574 สัดส่วนการดูแลผู้สูงอายุจะเฉลี่ยที่ 1 : 1 ส่งผลให้ภาครัฐเร่งส่งเสริมด้านแนวทางในการรับมือกับสังคมผู้สูงอายุที่จะเกิดขึ้นอันใกล้นี้ เช่น การขยายการเกษียณอายุ การสนับสนุนให้บริษัทจ้างงานผู้สูงอายุ การเพิ่มทักษะและการจัดหางานให้เหมาะสมกับแรงงาน การมีส่วนร่วมและการประสานงานของหน่วยงานต่าง ๆ และการวางแผนและการยกระดับคุณภาพชีวิต

ซึ่งในผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จะมีการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย ซึ่งทำให้รู้สึกเหนื่อยง่ายและเคลื่อนไหวช้าลง บางคนอาจรู้สึกอ่อนเพลียและทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันลำบากขึ้น อาการเหล่านี้จัดเป็นปัญหาสุขภาพอย่างหนึ่งที่เรียกว่า ภาวะเปราะบางในผู้สูงอายุ (Frailty) ผู้สูงอายุที่ประสบภาวะนี้จะรู้สึกอ่อนแรง เหนื่อย ไม่มีแรง รวมทั้งน้ำหนักลดลง และผู้สูงอายุวัยปลาย เจ็บป่วยบ่อยขึ้น อวัยวะเสื่อมสภาพ อาจมีภาวะทุพพลภาพ ซึ่งการออกกำลังกายเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ผู้สูงอายุสามารถคงไว้ซึ่งภาวะสุขภาพที่ดี ลดการพึ่งพิงผู้อื่น ทำให้ร่างกายมีความแข็งแรง อดทน มีภูมิคุ้มกันที่ดีไม่เจ็บป่วย แต่เนื่องจากวัยผู้สูงอายุวัยปลายนั้นไม่ควรออกกำลังกายหักโหมจนเกินไป ซึ่งการออกกำลังกายของผู้สูงอายุเป็นสิ่งจำเป็นของผู้สูงอายุ ผลดีของการออกกำลังกายคือลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ เพิ่มความแข็งแรงให้กล้ามเนื้อและข้อ [4] ส่งเสริมการลดน้ำหนัก [5] เพิ่มความสามารถในการทำงาน ส่งผลให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น วิธีการออกกำลังกายให้ได้ผลที่ดีนั้น ผู้สูงอายุต้องทราบหลักการออกกำลังกายที่ถูกต้องหรือการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับตนเอง ซึ่งการออกกำลังกายที่ดีนั้นจะต้องไม่ส่งผลกระทบให้เกิดความบาดเจ็บต่อร่างกายหรือทำให้รู้สึกสนุกกับการออกกำลังกาย

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยได้เล็งเห็นวิธีการออกกำลังกายให้ได้ผลที่ดีนั้น ผู้สูงอายุจะต้องออกกำลังกายให้ถูกต้องตามหลักออกกำลังกาย เหมาะสมกับตนเอง และรู้สึกสนุกเพลิดเพลินไปกับการออกกำลังกาย ผู้วิจัยจึงได้คิดวิธีการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ประกอบเกมออกกำลังกายเชิงโต้ตอบ เพื่อช่วยในการบริหารข้อมือและแขนสำหรับผู้สูงอายุ และกระตุ้นให้ผู้สูงอายุต้องการที่จะออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น อีกทั้ง อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับบุคคลกลุ่มอื่นที่มีปัญหาเกี่ยวกับการใช้ข้อมือและแขน เช่น ผู้ป่วยที่ต้องทำการกายภาพบำบัดส่วนข้อมือและแขน หรือใช้มือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในลักษณะเดิม ๆ เป็นระยะเวลานาน รวมถึงทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันแบบซ้ำไปซ้ำมา อย่างเช่น มนุษย์เงินเดือนที่ต้องทำงานหน้าคอมพิวเตอร์ทุกวัน ซึ่งเสี่ยงต่อโรคพังผืดทับเส้นประสาท และโรคอื่น ๆ และทำให้มีอาการปวดมือและปวดร้าวขึ้นไปที่แขน มักจะมีอาการชาที่นิ้วมือ โดยเฉพาะที่นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ นิ้วกลาง และบางส่วนของนิ้วนาง ซึ่งอาการมือชาที่พบโดยส่วนใหญ่ มาจากการกดทับเส้นประสาทที่ฝ่ามือ บางรายถึงขั้นรู้สึกว่าไม่ค่อยมีแรงเวลากำมือ ดังนั้น การป้องไม่ให้เกิดอาการบาดเจ็บ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่เราควรให้ความสำคัญ การป้องกันและรักษาอาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่ออ่อน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้มีความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังต่อไปนี้

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ประกอบเกมการออกกำลังกายเชิงโต้ตอบ สำหรับการบริหารข้อมือและแขนให้แก่ผู้สูงอายุ
2. เพื่อกระตุ้นให้ผู้สูงอายุมีความต้องการในการบริหารข้อมือและแขนมากยิ่งขึ้น

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้มีสมมุติฐานของการศึกษา ดังต่อไปนี้

1. ค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) โดยการวัดจากโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) จากการใช้อุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนของผู้สูงอายุนั้น มีค่าหลังการใช้งานมากกว่าก่อนใช้งาน
2. คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) หลังการใช้งานมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงถึงกล้ามเนื้อมีกำลังมากยิ่งขึ้นหลังจากการใช้งานอุปกรณ์
3. ผลคะแนนจากการใช้งานอุปกรณ์และเล่นเกมมีค่าเพิ่มมากขึ้น

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเอาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ ดังต่อไปนี้

1. ค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM)

ค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) คือการเคลื่อนไหวหรือความสามารถในการเคลื่อนไหวที่ข้อ ตามแนวการเคลื่อนไหวที่ข้อใดข้อหนึ่ง โดยมีการออกกำลังกายเพื่อคงพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ Passive ROM, Active ROM และ Active - Assist Exercise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG)

การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) เป็นวิธีการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าที่สร้างจากเส้นประสาทและกล้ามเนื้อโดยตรง เพื่อใช้ในการวินิจฉัยและพยากรณ์พยาธิสภาพที่เกิดขึ้นในเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ

3. การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้วยการวิเคราะห์ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอย่างเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT) และการอินทิกรัลแบบจำกัดเขต (Definite Integral)

เทคนิคการวิเคราะห์ฟูเรียร์ (Fourier Analysis) เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ระบบและสัญญาณ เครื่องมือสำคัญของการวิเคราะห์ฟูเรียร์คือ อนุกรมฟูเรียร์ (Fourier Series) ที่ใช้กับการวิเคราะห์เมื่อสัญญาณที่เป็นคาบ (Periodic Signals) และการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) ซึ่งใช้กับการวิเคราะห์สัญญาณไม่เป็นคาบแต่มีพลังงานจำกัด (Finite Energy) ตลอดช่วงเวลา และทำการอินทิกรัล (Integral) แบบจำกัดเขต เพื่อการหาพื้นที่ใต้เส้นโค้ง

4. การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เป็นการหาค่าความเที่ยงตรงที่ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาข้อสอบ หรือข้อคำถามแต่ละข้อ วัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัดเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC)

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้มีขอบเขตของการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. สามารถสร้างอุปกรณ์ประกอบกับการเล่นเกมการออกกำลังกายเชิงโต้ตอบ สำหรับบริหารข้อมือและแขนให้แก่ผู้สูงอายุ

2. ในการวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตของประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

2.1 ประชากร

ประชากรที่ 1 ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ทางด้านออกแบบสื่อเทคโนโลยีทางการแพทย์ นักกายภาพบำบัด เวชศาสตร์ฟื้นฟู และเวชศาสตร์ทางการกีฬา เป็นต้น

ประชากรที่ 2 ได้แก่ ผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ไม่จำกัดเพศ

2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มีความสามารถและประสบการณ์ทางด้านออกแบบสื่อเทคโนโลยีทางการแพทย์ นักกายภาพบำบัด เวชศาสตร์ฟื้นฟู และเวชศาสตร์ทางการกีฬา จำนวน 3 คน โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อประเมินคุณภาพของอุปกรณ์ก่อนนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 ผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ไม่จำกัดเพศ โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยแบ่งออกเป็น

1. การเปรียบเทียบผลจากค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) จากการวัดโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) ก่อนและหลังใช้งานอุปกรณ์ จำนวน 5 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเปรียบเทียบผลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) ก่อนและหลังการใช้งานอุปกรณ์ จำนวน 5 คน

3. การเปรียบเทียบผลคะแนนจากการเล่นเกมขณะใช้งานอุปกรณ์ จำนวน 5 คน

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนของการศึกษาการทำวิทยานิพนธ์ มีดังต่อไปนี้

1. กำหนดหัวข้อ เป้าหมาย จุดประสงค์ และขอบเขตการทำวิทยานิพนธ์
2. ศึกษาทฤษฎี และหลักการพื้นฐานที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์
3. ศึกษา ค้นคว้าหาความรู้เกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน โดยใช้เกมในการสร้างแรงจูงใจในการออกกำลังกาย
4. ศึกษาการสร้างเกม เพื่อการสร้างแรงจูงใจในการออกกำลังกาย
5. ศึกษาการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ในการบริหารข้อมือและแขน
6. ออกแบบรูปแบบเกม รูปแบบการเล่นเกม กฎเกณฑ์ และวิธีการเล่นเกม
7. ทำการสร้างเกมและอุปกรณ์ใช้สำหรับบริหารข้อมือและแขน ให้สามารถใช้งานเชื่อมต่อระหว่างเกมและอุปกรณ์ไปมาได้
8. ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลงานก่อนนำไปทดลองใช้และเก็บผลกับกลุ่มตัวอย่าง
9. นำอุปกรณ์ไปทดลองและเก็บผลกลุ่มตัวอย่าง
10. สรุปผลการทดลอง และเสนอแนวทางในการวิจัยครั้งต่อไป
11. จัดทำเอกสารประกอบวิทยานิพนธ์

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอ การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน โดยรายละเอียดต่าง ๆ ภายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาทั้งหมดออกเป็น 5 บท ซึ่งแต่ละบทจะมีหัวข้อและเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ

จะกล่าวถึงลักษณะทั่วไปของวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตการวิจัย ขั้นตอนการศึกษา และโครงสร้างของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อธิบายถึงการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ การบริหารข้อมือและแขน การวัดพิสัยการเคลื่อนไหว การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ การออกแบบเกม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

อธิบายถึงวิธีการดำเนินงานวิจัยในส่วนของการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ การออกแบบอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน การออกแบบและพัฒนาเกม และการเก็บผลกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4 ผลการทดลอง

อธิบายถึงผลการทดลองจากการเก็บผลกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

อธิบายถึงบทสรุปและแนวทางในการพัฒนาในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผู้สูงอายุกับการออกกำลังกาย [3]

การออกกำลังกายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้สูงอายุ ผลดีของการออกกำลังกายคือลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเป็นโรค เพิ่มความแข็งแรงให้กล้ามเนื้อและข้อ [4] ส่งเสริมการลดน้ำหนัก [5] เพิ่มความสามารถในการทำงานส่งผลให้ผู้สูงอายุเลือกวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับตนเอง

2.1.1 หลักการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุควรออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องประมาณ 30 – 45 นาที แต่ควรเริ่มด้วยเวลาน้อย ๆ ก่อน แล้วค่อย ๆ เพิ่มเวลาการออกกำลังกายตามที่กำหนด กิจกรรมการออกกำลังกายอาจจะเป็นการเคลื่อนไหวร่างกายทุกรูปแบบ เช่น เดิน วิ่ง ว่ายน้ำ พายเรือ ทำงานบ้าน เดินขึ้นบันได เป็นต้น ผู้ที่ออกกำลังกายจะต้องประยุกต์รูปแบบออกกำลังกายให้เหมาะสมกับตนเอง การออกกำลังกายจะต้องไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บต่อร่างกาย และทำให้รู้สึกสนุก เพลิดเพลินกับการออกกำลังกายโดยหลักการออกกำลังกาย มีดังนี้

1. **ความหนักของการออกกำลังกาย** ควรออกกำลังกายที่ความหนักร้อยละ 60 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของแต่ละบุคคล และไม่ควรเกินร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ของแต่ละบุคคล
2. **ความบ่อยหรือความถี่ในการออกกำลังกาย** ในช่วงต้นของการออกกำลังกาย ควรปฏิบัติอย่างน้อย สัปดาห์ละ 2 – 3 ครั้ง ทำวันเว้นวัน ให้กล้ามเนื้อมีการพักผ่อน เมื่อร่างกายเริ่มปรับตัวได้แล้วก็สามารถเพิ่มเป็น 4 – 5 ครั้งต่อสัปดาห์
3. **ระยะเวลาในการออกกำลังกาย** การออกกำลังกายควรอยู่ในช่วง 20 – 30 นาที โดยแบ่งเป็นช่วงอบอุ่นร่างกาย ซึ่งรวมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อประมาณ 5 – 10 นาที ช่วงออกกำลังกาย ไม่ต่ำกว่า 12 นาที และช่วงฟื้นร่างกายสู่สภาพปกติ ประมาณ 5 – 10 นาที เวลาในแต่ละช่วงต่าง ๆ สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม
4. **ความก้าวหน้าในการออกกำลังกาย** ควรเริ่มด้วยจำนวนน้อยก่อนแล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มขนาดหรือความหนักของการออกกำลังกาย ในช่วงแรกควรเริ่มด้วยการออกกำลังกายที่ความหนักร้อยละ 55 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด จากนั้นก็อาจค่อย ๆ เพิ่มเป็นร้อยละ 60 ร้อยละ 65 ร้อยละ 70 ไปตามลำดับ
5. **ชนิดของการออกกำลังกาย** การออกกำลังกายควรหลีกเลี่ยงกีฬา ที่ต้องใช้แรงปะทะ หรือกีฬาที่ต้องใช้ความสัมพันธ์ของประสาทสูง เพราะอาจจะทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันตรายต่อร่างกายได้ ถ้าเป็นโรคความดันโลหิต ไม่ควรออกกำลังกายด้วยการยกน้ำหนัก เพราะจะทำให้เกิดอันตรายต่อหลอดเลือดได้ เพราะการออกกำลังกายชนิดนี้ทำให้ความดันโลหิตเพิ่งสูงขึ้นไปอีก

2.1.2 ข้อควรระวังในการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ

1. ปัจจัยด้านผู้สูงอายุ

- **ช่วงอายุระหว่าง 50 – 80 ปี** ผู้สูงอายุที่ไม่เคยออกกำลังกายมาก่อน แนะนำให้เริ่มจากการเดินแล้วค่อยปรับเปลี่ยนต่อไปอย่างช้า ๆ แต่ถ้าผู้สูงอายุออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมออยู่แล้ว สามารถออกกำลังได้เช่นเดิมแต่ควรเพิ่มความระมัดระวังมากขึ้นถ้ามีโรคประจำตัว
- **เพศ** เพศหญิงมีความสามารถในการออกกำลังกายน้อยกว่าเพศชาย เพราะมีกล้ามเนื้อน้อยกว่าและความเข้มข้นของเลือดน้อยกว่า
- **น้ำหนัก** การออกกำลังกายของคนที่อ้วนควรตรวจสุขภาพร่างกายให้แน่ใจเสียก่อน โดยเฉพาะถ้าเป็นชนิดที่ใช้ความรุนแรง
- **การทรงตัว และการเดิน** ถ้ามีปัญหาเรื่องนี้ ควรระมัดระวังมากขึ้น โดยเฉพาะการออกกำลังกายที่มีการเดินหรือวิ่ง ร่วมด้วยเพราะอาจจะเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย
- **โรคประจำตัว** ยาบางตัวมีผลลดระดับน้ำตาลในเลือด อาจทำให้ผู้สูงอายุเป็นลมจากจากระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ ขณะออกกำลังกาย หรือยากล่อมประสาทสำหรับผู้ที่มีความดันโลหิตสูงหรือมีอาการเครียดอาจทำให้เกิดอาการง่วงนอน จึงควรเพิ่มความระมัดระวังขณะออกกำลังกาย

2. ปัจจัยด้านการออกกำลังกาย

- **ระยะเวลา** ประมาณครั้งละ 30 นาที
- **ความถี่** สัปดาห์ละ 3 – 5 วัน
- **ความรุนแรง** ประมาณร้อยละ 55, 60, 65, 70 ตามลำดับ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

2.1.3 ภาวะที่ผู้สูงอายุควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกาย

ภาวะที่ผู้สูงอายุควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกาย ได้แก่ อาการเจ็บแน่นหน้าอก ที่ยังควบคุมไม่ได้ มีความดันโลหิตสูงขณะออกกำลังกาย การเต้นของหัวใจไม่สม่ำเสมอ อาการเวียนศีรษะ สภาวะแวดล้อม และภูมิอากาศไม่เหมาะสม และหลังรับประทานอาหารมื้อหลัก ซึ่งอาการแสดงขณะออกกำลังกายที่บ่งบอกถึงการออกกำลังกายที่มากเกินไป ได้แก่ อาการเจ็บหรือแน่นหน้าอกมึนงง เวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดน่อง หน้าซีด หรือ แดงคล้ำ หายใจลำบากหรือหายใจเร็วเกิน 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังหยุดพัก ชีพจรเต้นช้าลง ปวดข้อ และน้ำหนักขึ้นอย่างชัดเจน การออกกำลังกายในผู้สูงอายุ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. การออกกำลังกายเฉพาะส่วน เช่น การบริหารข้อไหล่ ในผู้ป่วยโรคไหล่ติด การบริหารกล้ามเนื้อหลังในผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลัง และการบริหารกล้ามเนื้อรอบข้อเข่า ในกรณีข้อเข่าเสื่อม
2. การออกกำลังกายโดยทั่วไป ซึ่งจะมีผลทำให้จิตใจแจ่มใสร่างกายแข็งแรง และมีผลดีต่อโดยอ้อมทำให้ผู้สูงอายุมีการทรงตัวที่ดีขึ้นลดอุบัติการณ์การหกล้ม ซึ่งเป็นสาเหตุของกระดูกหัก รวมทั้งการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงอื่น ๆ เช่น ภาวะปอดบวม ภาวะติดเชื้อ เป็นต้น

การออกกำลังกายในผู้สูงอายุ ควรเป็นการออกกำลังกายที่ใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ เช่น การวิ่งเหยาะ ๆ ในกรณีที่ไม่มีข้อเข่าเสื่อม การเดิน การเต้นแอโรบิค การรำมวยจีน การรำไม้พลอง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.1 – 2.2

รูปที่ 2.1 การรำมวยจีนเป็นการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ [17]
(ที่มา : https://www.thaihealth.or.th/tag/ไทเก๊ก/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 การวิ่งเหยาะ ๆ เป็นการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ [18]
(ที่มา : http://www.bangkokhealth.com/health/article/การออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ-689)

2.1.4 แนวทางในการป้องกันการหกล้มในผู้สูงอายุ

1. การส่งเสริมสุขภาพ ได้แก่ การฝึกเดินที่ถูกต้อง รวมถึงการสวมรองเท้าที่เหมาะสม การออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้าง กำลังของกล้ามเนื้อฝึกการทรงตัว การสร้างเสริมภาวะโภชนาการที่ดีการรับประทานอาหารให้ครบ 5 หมู่ หลีกเลี่ยง การใช้ยาที่ไม่จำเป็น หรือมากเกินไป หรือเมื่อต้องใช้ยาควรที่จะปรึกษาแพทย์หรือเภสัชกร การทรงตัวและความคล่องตัว ผู้สูงอายุมักจะสูญเสียการทรงตัวและความคล่องตัว เมื่อสูญเสียการทรงตัวอาจจะทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะ ผู้ป่วยไม่อยากเดินผลทำให้กล้ามเนื้อไม่มีแรง การออกกำลังจะช่วยให้ภาวะดังกลาวดีขึ้น

2. การใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน เช่น โครงเหล็ก 4 ขา (Walker) ไม้เท้า เป็นต้น

3. การปรับพฤติกรรมส่วนตัว เช่น การค่อย ๆ ลุกยืนอย่างช้า ๆ การหาราวสำหรับเกาะเดิน

4. ปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อม เช่น ควรมีวัสดุกันลื่นในห้องน้ำ ไม่วางของระเกะระกะ ควรมีแสงสว่างเพียงพอ โดยเฉพาะตรงราวบันได ติดตั้งหลอดไฟบริเวณมุมมืดที่เดินผ่านบ่อย ๆ โดยปุ่มสวิทซ์อยู่ใกล้มือเอื้อม มีอุปกรณ์เครื่องเรือนบริเวณที่อยู่เท่าที่จำเป็น และต้องแข็งแรงมั่นคงอยู่สูงจากพื้นมองเห็นได้ง่าย ไม่ย้ายที่บ่อย ๆ เตียงนอน เก้าอี้ และ โถส้วมมีความสูงพอเหมาะ ไม่เตี้ยเกินไป ทางเดินและบันได ควรมีราวจับตลอด และขั้นบันไดสม่ำเสมอ พื้นห้อง สม่ำเสมอและเป็นวัสดุที่ไม่ลื่นโดยเฉพาะในห้องน้ำ บริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างห้องควรอยู่ในระดับเดียวกันหลีกเลี่ยง ธรณีประตู ไม่ควรมีสิ่งของเกะกะ เช่น พรมเช็ดเท้า สายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การเตรียมตัวออกกำลังกาย

ผู้สูงอายุจะช่วงอายุเท่าใดและไม่ได้ออกกำลังกายในระยะเวลานาน การออกกำลังกายที่เหมาะสมจะช่วยให้ท่านมีสุขภาพที่ดีขึ้น แต่การออกกำลังให้ได้ผลจะต้องค่อย ๆ สร้างต้องใช้เวลา เนื้อหาที่จะกล่าวจะแบ่งการออกกำลังกายเป็น 3 ชนิด คือ ความยืดหยุ่น (Flexibility), ความแข็งแรง (Strength) และความทนทาน (Endurance) โดยเรียงเป็นระดับเบาจนถึงระดับหนัก และหากผู้สูงอายุไม่เคยออกกำลังกายให้ปรึกษาแพทย์ที่ดูแล การออกกำลังกายที่ดี ประกอบไปด้วย

1. การอบอุ่นร่างกาย ก่อนออกกำลังกายทุกครั้งต้องอบอุ่นร่างกายเสียก่อนอาจจะใช้วิธีเดินรอบบ้านหากอากาศไม่ร้อนหรือหนาวเกินไป หรือเดินในบ้านหรือเดินบนสายพานขี่จักรยาน เป็นต้น ปกติเราจะใช้เวลาในการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5 - 10 นาที การอบอุ่นร่างกายจะทำให้เลือดไปเลี้ยงอวัยวะส่วนต่างๆ ได้มากขึ้นหัวใจและหลอดเลือดมีการเตรียมพร้อมมากขึ้นป้องกันการบาดเจ็บจากการออกกำลังกายหลังจากนั้นจึงเริ่มการยืดกล้ามเนื้อ

2. การอบอุ่นร่างกายใช้เวลา 5 – 10 นาที การยืดกล้ามเนื้อควรจะทำอย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ครั้งละ 20 นาที ความทนทานของกล้ามเนื้อ ควรจะออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อ เช่น การยกน้ำหนัก Sit-up Push-up ควรจะออกครั้งละ 30 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ การออกกำลังกายเพื่อให้หัวใจแข็งแรง ควรจะออกประมาณ 30 – 60 นาที ต่อวันสัปดาห์ละอย่างน้อย 3 ครั้ง ตัวอย่างการออกกำลังกาย ได้แก่ การเดินเร็ว การวิ่ง การขี่จักรยาน การว่ายน้ำ การเดินขึ้นบันได การยืดหยุ่นเพื่อความคล่องตัว

3. การยืดหยุ่น การยืดหยุ่นจะเป็นการยืดกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นที่จะออกกำลังเพื่อป้องกันการบาดเจ็บการอบอุ่นร่างกาย (Warm up) การยืดเอ็นและกล้ามเนื้อ (Stretching) การออกกกำลังกาย (Exercise) การอบอุ่นร่างกาย (Cool down) และการยืดกล้ามเนื้อก่อนหยุดการออกกำลังกาย (Stretching) สำหรับการ Cool down ก็ไม่มีอะไรยากเพียงแต่เดิน 5 - 10 นาทีหลังออกกำลังกายเท่านั้น ส่วนการยืดเอ็นทั้งก่อนและหลังออกกำลังกายมีความสำคัญเพราะจะเป็นการป้องกันกล้ามเนื้อ หรือเอ็นได้รับอุบัติเหตุขณะออกกำลังกายจึงถือเป็นส่วนสำคัญของการออกกำลังกาย

2.1.6 การออกกำลังกายที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ

การออกกำลังกายที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุมี 3 ประเภท คือ

1. **การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มสมรรถภาพปอดและหัวใจ**

ควรทำต่อเนื่องกัน 30 – 40 นาที วิธีการออกกำลังกายแบบนี้มีอยู่หลายวิธี ควรเลือกให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุแต่ละราย ดังนี้

1.1 การเดิน ควรเริ่มเดินช้า ๆ หรือยืดกล้ามเนื้อก่อนเพื่ออบอุ่นร่างกาย แล้วเดินตามปกติให้ร่างกายตื่นตัวแล้วเริ่มเดินให้เร็วขึ้นจนรู้สึกเหนื่อยชีพจรเต้นเร็วแล้วจึงค่อย ๆ เดินช้าลงเพื่อผ่อนคลายร่างกาย

1.2 การถีบจักรยาน ให้เริ่มถีบช้า ๆ แล้วเพิ่มความเร็ว ความแรงขึ้นจนรู้สึกว่าชีพจรเต้นเร็วแล้วค่อย ๆ ถีบช้าลง เพื่อผ่อนคลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การวิ่ง วิธีนี้ต้องระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากอาจจะทำให้ผู้สูงอายุหกล้ม และเกิดแรงกระแทกที่ส่งผลเสียต่อข้อเข่าและข้อเท้า

1.4 การว่ายน้ำ วิธีการออกกำลังกายที่ดี เพราะไม่เกิดแรงกระแทก ควรเริ่มว่ายน้ำช้า ๆ หรือยืดกล้ามเนื้อก่อนเพื่ออบอุ่นร่างกาย และว่ายน้ำตามปกติให้ร่างกายตื่นตัวแล้วเริ่มว่ายให้เร็วขึ้นจนรู้สึกเหนื่อย ชีพจรเต้นเร็วขึ้น แล้วค่อย ๆ ว่ายน้ำช้าลง

1.5 การเต้นแอโรบิค ควรใช้ท่าเต้นที่เหมาะสม ท่านเต้นควรเป็นแบบแรงกระแทกต่ำ ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวในวงกว้าง มีการยกเข่าสูงโดยเท้าข้างใดข้างหนึ่งอยู่กับพื้นตลอดเวลา ไม่มีการกระโดด วิ่ง เตะเท้าสูง เป็นต้น

2. การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและการผ่อนคลาย

วิธีการออกกำลังกายเพื่อยืดกล้ามเนื้อและข้อต่อต่างๆ เพิ่มความยืดหยุ่น คล่องตัว ส่งผลต่อการเคลื่อนไหวในการทรงตัว เช่น การบริหารร่างกายแบบยืด เหยียด หรือการรำมวยจีน สิ่งที่ต้องพึงระวังคือต้องพยายามยืดกล้ามเนื้ออย่างช้า ๆ จนรู้สึกตึงโดยไม่รู้สึกเจ็บ เมื่อถึงจุดที่เริ่มจะไม่เจ็บให้ยืดกล้ามเนื้อค้างไว้แล้วผ่อนคลายกลับสู่ท่าเดิม

3. การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ

วิธีนี้จะทำให้ผู้สูงอายุสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ดีขึ้น ได้แก่

3.1 การใช้ท่าบริหาร

เน้นการเคลื่อนไหวของข้อต่อเป็นหลัก เช่น การบริหารคอด้วยท่าก้มเงย เอียง หมุนคอ การบริหารแขนโดยการเหยียดแขน กางและหุบแขน หมุนเข้าออกหรือหมุนออก การบริหารลำตัวด้วยการก้มเงย เอียงด้านข้าง หมุนตัว สิ่งที่พึงระวังคือในผู้สูงอายุบางรายที่มีปัญหาเกี่ยวกับการทรงตัวสายตา ควรใช้ท่านั่ง ท่านอน มากกว่าท่ายืน ท่าที่บริหารไม่ควรเร็วเกินไป และต้องไม่มีการออกแรงในการเหวี่ยง เพราะอาจเกิดการบาดเจ็บฉีกขาดของกล้ามเนื้อข้อต่อต่าง ๆ ได้

3.2 การออกกำลังกายโดยใช้อุปกรณ์ช่วย

การออกกำลังกายแบบนี้จะใช้ในผู้สูงอายุที่มีกล้ามเนื้ออ่านแรงซึ่งต้องอาศัยอุปกรณ์ เช่น เชือกและรอก ซึ่งสามารถใช้เป็นอุปกรณ์ประจำบ้านที่ช่วยผู้สูงอายุฟื้นฟูความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขานที่อ่อนแรงได้ด้วยตนเอง การประดิษฐ์อุปกรณ์ควรปรับให้เหมาะสม ถ้าผู้สูงอายุมีร่างกายสูงใหญ่และอ้วนมากอาจจะต้องใช้รอกและเชือกที่มีขนาดใหญ่ไว้รับน้ำหนักและช่วยผ่อนแรงขณะออกกำลังกาย[6]

3.3 การออกกำลังกายโดยการต้านแรง

โดยใช้แรงด้านจากภายนอกมาต้านการเคลื่อนไหว เช่น การยกเมือขึ้นต้านแรงกับแรงจากมือผู้อื่น วิธีนี้จะเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ดีแต่ควรค่อย ๆ ออกกำลังอย่างไม่หักโหม ควรเริ่มต้นเพียงเล็กน้อยแล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ควรทำอย่างน้อยสัปดาห์ละ 3 ครั้ง สิ่งที่พึงระวังคือการออกกำลังกายวิธีนี้อาจทำให้ความดันโลหิตสูง ในการออกกำลังกายวิธีนี้ไม่ควรออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อค้างไว้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะอาจทำให้การไหลเวียนโลหิตไม่ดีส่งผลให้เลือดไปเลี้ยงสมองได้น้อยลง เกิดอาการมึนงงและหมดสติได้

2.2 โรคที่เกิดจากการใช้งานข้อมือและแขน

ข้อมือเป็นอวัยวะหนึ่งที่มีการใช้งานอยู่เป็นประจำในชีวิตประจำวันของมนุษย์ และสามารถที่จะเกิดพังผืดได้ง่าย โดยเฉพาะกับคนที่ใช้มือในลักษณะเดิม ๆ เป็นระยะเวลานาน รวมถึงทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันแบบซ้ำไปซ้ำมา ทำให้มีอาการปวดมือและปวดร้าวขึ้นไปที่แขน ซึ่งเสี่ยงต่อมีอาการชาที่นิ้วมือ ซึ่งอาการมือชาที่พบโดยส่วนใหญ่ มาจากการกดทับเส้นประสาทที่ฝ่ามือ โรคพังผืดทับเส้นประสาท และโรคอื่น ๆ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับโรค ดังต่อไปนี้

2.2.1. อาการชาที่นิ้วมือ [20]

อาการชาตามนิ้วมือ เป็นอาการที่พบได้บ่อย โดยเฉพาะผู้ที่ใช้มือและแขนในการทำงานอย่างหนัก โดยลักษณะอาการของการชาตามนิ้วมือนั้น จะรู้เจ็บแปลบที่บริเวณปลายนิ้ว คล้ายถูกเข็มแทงหรือไฟฟ้าช็อต บางคนอาจรู้สึกปวดแสบปวดร้อนภายใน ซึ่งถ้าหากมีความรุนแรงมาก ก็อาจจะทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถหยิบจับสิ่งของได้ตามปกติ หากเกิดขึ้นแบบนานครั้ง ครั้งละไม่กี่วินาทีก็ไม่มีอะไรน่าเป็นห่วง เพราะอาจเกิดจากการขาดเลือดมาหล่อเลี้ยงแบบชั่วคราว แต่ถ้าเกิดขึ้นบ่อย ๆ จนไม่สามารถใช้งานมือได้ตามปกติ ก็แสดงว่าอาจจะมีปัญหาเกี่ยวกับเส้นประสาทที่ควบคุมการทำงานของมือและนิ้วมือแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 อาการชาที่นิ้วมือ [19]
(ที่มา : https://www.vejthani.com/th/มือเท้าชา/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

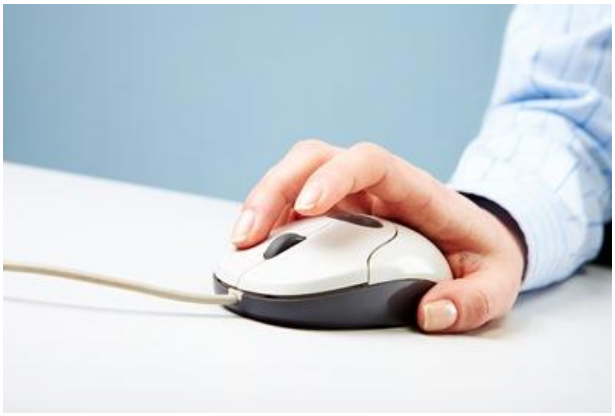
1. สาเหตุการชาปลายนิ้วมือ [21]

อาการชาปลายนิ้วมือนิ้วเท้าสามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น อาจเกิดจากการอยู่ในท่าเดิม ๆ เป็นเวลานาน การทำกิจกรรมที่ต้องใช้มือซ้ำ ๆ ซึ่งอาจทำให้เลือดไปเลี้ยงร่างกายไม่ทั่วถึง หรือการที่ร่างกายมีระดับธาตุและวิตามินผิดปกติ รวมทั้งอาจเป็นอาการข้างเคียงของบางโรค เช่น โรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท โรคเบาหวาน งูสวัด ลมชัก โรคหลอดเลือดสมอง อาการผิดปกติของปลายประสาท เป็นต้น ซึ่งอาการชาปลายนิ้วมือนิ้วเท้า สามารถแบ่งแยกสาเหตุได้จากอาการชาที่เกิดกับร่างกาย ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ดังนี้

รูปที่ 2.4 สาเหตุการชาปลายนิ้วมือ [21]
(ที่มา : https://health.kapook.com/view139914.html

1.1 ชาเฉพาะนิ้วโป้ง นิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วนางครึ่งซีก (ซีกที่อยู่ติดกับนิ้วกลาง) นอกนั้นไม่มีอาการชา อาจเป็นสัญญาณของโรคเส้นประสาทมือถูกบีบรัด เนื่องจากเยื่อหุ้มเอ็นที่อยู่ในช่องใต้กระดูกมือบวม หรือกระดูกมือโตทำให้ช่องใต้กระดูกมือแคบ เลือดไหลเวียนไม่สะดวก หรืออาจเกิดจากแผ่นพังผืดเสื่อม และหนาตัวขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การใช้งานมือในลักษณะการเกร็งอยู่นาน ๆ ในท่าเดิม[21]
(ที่มา : https://health.kapook.com/view139914.html

1.2 ชานิ้วโป้ง นิ้วชี้ นิ้วกลาง และอาจมีอาการปวดมือ ปวดร้าวไปถึงแขนด้วย นั่นอาจหมายถึงสัญญาณของโรคเส้นประสาทกดทับที่ฝ่ามือ โดยเกิดจากการใช้งานมือในลักษณะการเกร็งอยู่นาน ๆ ในท่าเดิม เช่น การจับมีด กรรไกร ไดร์เป่าผม คอมพิวเตอร์ ซึ่งมักจะมีอาการปวดในเวลากลางคืนหรือตื่นนอนตอนเช้า ดังแสดงในรูปที่ 2.5

1.3 ชาที่นิ้วก้อย อาจเกิดจากเส้นประสาทบริเวณรักแร้ที่ยาวไปถึงนิ้วก้อย สาเหตุจากงอและเกร็งข้อศอกเพื่อถือหูโทรศัพท์เป็นเวลานาน

1.4 ชาปลายเท้าและปลายมือ อาจเกิดจากอาการปลายประสาทอักเสบหรือเสื่อม หรือภาวะขาดวิตามินบี 1 บี 6 หรือบี 12 ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากโรคไต โรคมะเร็ง และจากยาหรือสารพิษ เป็นต้น

รูปที่ 2.6 การใช้มือทำงานหนัก จากการเล่นโทรศัพท์มือถือในระยะเวลานาน [21]
(ที่มา : https://health.kapook.com/view139914.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ชาปลายนิ้วมือเกือบทุกนิ้ว แต่ไม่มีอาการชาปลายเท้า และมักจะชาช่วงกลางคืนหรือก่อนนอน อาจเกิดจากการใช้มือทำงานหนัก เช่น ขี่มอเตอร์ไซค์ต่อเนื่องนาน ๆ เล่นโทรศัพท์บ่อย ๆ ครั้งละนาน ๆ ซึ่งอาจทำให้เอ็นกดทับเส้นประสาทตรงข้อมือได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

1.6 ชานิ้วก้อย นิ้วนาง และด้านข้างฝ่ามือ (สันมือ) อาจเกิดจากเส้นประสาทบริเวณข้อศอกถูกกดทับ ทำให้เลือดไหลเวียนไม่สะดวก ซึ่งก็ควรเปลี่ยนท่านั่งหรือท่านอนเพื่อหลีกเลี่ยงอาการชาดังกล่าว

1.7 ชาง่ามนิ้วระหว่างนิ้วโป้งและนิ้วชี้ อาจเกิดจากเส้นประสาทกดทับที่ต้นแขน แนะนำให้เปลี่ยนท่านั่งบ่อย ๆ และหลีกเลี่ยงการเอาแขนพาดพนักเก้าอี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 การเอาแขนพาดพนักเก้าอี้ในระยะเวลานาน [21]
(ที่มา : https://health.kapook.com/view139914.html)

1.8 ชาทั้งแถบ ตั้งแต่แขนลงไปถึงนิ้วมือ อาจเกิดจากกระดูกต้นคอเสื่อมและกดทับเส้นประสาท ซึ่งควรรีบไปพบแพทย์นะคะ เพราะน่าเป็นห่วงมากเลยทีเดียว

นอกจากนี้อาการมือเท้าชายังเป็นอาการที่เกิดจากภาวะของโรคบางอย่าง ดังนี้

1. โรคเบาหวาน อาการชาปลายมือปลายเท้าจะบอกให้ทราบถึงภาวะของโรคเบาหวานที่รุนแรงขึ้น ดังนั้นผู้ป่วยอาจต้องควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้เข้มงวดมากกว่านี้ หรือหากอาการชาไม่หาย หนำซ้ำยังทวีความชามากขึ้น ก็ควรรีบปรึกษาแพทย์เพื่อหาสาเหตุของความผิดปกติที่แท้จริงโดยเร็ว

2. ภาวะขาดไทรอยด์ ซึ่งอาจมีอาการตะคริวเกิดขึ้นบ่อย ๆ ร่วมกับอาการเหนื่อยง่าย ปวดตามกล้ามเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โรครูมาตอยด์ หรือโรคเกี่ยวกับไขข้อกระดูก เกาต์ ซึ่งอาจส่งผลให้มีอาการชาบริเวณมือและเท้าได้ เนื่องจากภาวะบกพร่องของกระดูกและข้อ ซึ่งอาจขัดขวางการไหลเวียนของเลือดได้

4. โรคประจำตัวเรื้อรัง เช่น โรคไต โรคตับ โรคหลอดเลือด ภาวะอักเสบเรื้อรัง และภาวะขาดฮอร์โมนในวัยหมดประจำเดือน ซึ่งความผิดปกติของร่างกายทั้งหมดนี้อาจส่งผลกระทบกับการทำงานของระบบประสาท และทำให้เกิดอาการชาปลายมือปลายเท้าได้

5. พิษสุราเรื้อรัง มักจะมีสาเหตุจากการรับประทานอาหารไม่ครบ 5 หมู่ ทำให้ร่างกายขาดวิตามินและสารอาหารที่เป็นประโยชน์ ก่อให้เกิดอาการชาปลายมือปลายเท้าได้

6. ภาวะติดเชื้อต่าง ๆ เช่น การติดเชื้อไวรัสเรื้อรัง หรือภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง ซึ่งอาจทำให้ร่างกายเกิดอาการขาดวิตามินบีได้

ทั้งนี้อาการชาปลายมือปลายเท้ามักเกิดขึ้นกับผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย เนื่องจากเพศหญิงมีแนวโน้มจะใช้งานข้อมือบ่อยกว่าเพศชาย ทั้งการทำหน้าที่แม่บ้าน ปัด กวาด เช็ด ถู ดูแลเสื้อผ้า เป็นแม่ครัว ช่างทำผม เป็นต้น อีกทั้งในภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนอย่างช่วงก่อนเป็นประจำเดือน ระหว่างตั้งครรภ์ หรือช่วงหมดประจำเดือน ปัจจัยนี้อาจทำให้ร่างกายเพศหญิงขาดวิตามินได้เช่นกัน

2. วิธีรักษาอาการชาตามนิ้วมือ

การรักษาอาการชาปลายนิ้วมือนิ้วเท้าสามารถจำแนกได้ตามอาการดังต่อไปนี้

1. ผู้ป่วยที่อาการไม่รุนแรง

หากมีอาการชาแปลบ ๆ เป็นระยะ สะบัดข้อมือหรือเปลี่ยนอิริยาบถก็หายได้ อาจรักษาได้ด้วยการให้ยาต้านการอักเสบของเส้นเอ็นและเส้นประสาท หรือให้วิตามินบีเสริมเพื่อเติมเต็มส่วนที่ขาด เป็นต้น

2. ผู้ป่วยที่มีอาการชารุนแรงและต่อเนื่อง

ในผู้ป่วยที่มีอาการชารุนแรงและต่อเนื่องนั้น อาจต้องรักษาอาการชาปลายมือปลายเท้าด้วยการให้ยาต้านการอักเสบของเส้นประสาทก่อน หากยังไม่ดีขึ้นอาจต้องผ่าตัดเอ็นที่กดรัดเส้นประสาทนั้นออก

3. รักษาตามอาการป่วยที่เป็นอยู่

เนื่องจากอาการชาปลายมือปลายเท้าอาจมีสาเหตุมาจากโรคเดิมที่เป็นอยู่ ดังนั้นหากแพทย์วินิจฉัยแล้วว่าอาการชาเป็นผลจากโรค ก็อาจให้การรักษาตามโรคที่เป็นอยู่ก่อน ยกตัวอย่างเช่น หากอาการชาเกิดจากโรคเบาหวาน ก็ให้ผู้ป่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดลง หรืออาการชาจากคุณแม่ตั้งครรภ์ ในกรณีนี้อาการชาจะหายไปเองได้หลังคลอดเด็กออกมาแล้ว หรือสำหรับหญิงวัยหมดประจำเดือน แพทย์อาจให้วิตามินเสริมแก่ร่างกาย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การป้องกันอาการชาปลายนิ้วมือ [22]

1. ดูแลสุขภาพร่างกายให้แข็งแรงสมบูรณ์ รักษาสุขอนามัย และตรวจเช็คสุขภาพเป็นประจำ

2. ควบคุมอาหาร รับประทานอาหารที่มีประโยชน์ มีคุณค่าทางโภชนาการ และให้สารอาหารครบถ้วน เพื่อป้องกันการขาดสารอาหารที่ทำให้เกิดอาการชาปลายนิ้วอย่างวิตามิน B12 หรืออาจรับประทานอาหารเสริมต่าง ๆ หากมีภาวะขาดวิตามินและธาตุต่าง ๆ โดยควรใช้อาหารเสริมอย่างถูกต้องเหมาะสมภายใต้การดูแลและคำแนะนำของแพทย์เสมอ

3. หากต้องนั่งทำงานหรือกิจกรรมใดเป็นเวลานาน ๆ ให้อยู่ในท่าและตำแหน่งที่เหมาะสมเสมอ เพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บจากการทำงานหรือการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ

4. ควรหยุดพักจากการทำงาน การอยู่ในท่าเดิม หรือการทำกิจกรรมซ้ำ ๆ เป็นระยะทุก 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง

5. ใช้อุปกรณ์ช่วยเหลือ เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอาการบาดเจ็บบริเวณมือและข้อมือ เช่น ใช้หมอนรองข้อมือในขณะพิมพ์งานด้วยคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์

6. ขยับ เคลื่อนไหวร่างกาย ยืดหยุ่นกล้ามเนื้อ เพื่อลดความตึงของกล้ามเนื้อ เช่น การออกกำลังกาย การทำกิจกรรมยืดหยุ่นกล้ามเนื้อ อย่างโยคะ หรือ พิลาทิส เป็นต้น

7. ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บบริเวณกระดูกคอ เช่น ไม่ยกของหนัก ไม่เคลื่อนไหวท่าเดิมซ้ำ ๆ ไม่นั่งหรืออยู่ในท่าที่เสี่ยงต่อการเกิดปัญหาสุขภาพ

8. หากกำลังเจ็บป่วยหรือมีโรคประจำตัว ต้องเข้ารับการรักษา รับประทานยา และปฏิบัติตามคำแนะนำของแพทย์อย่างเคร่งครัด โดยไปตรวจเช็คสุขภาพเป็นประจำ และไปพบแพทย์ตามนัดหมายเสมอ

9. งดดื่ม หรือไม่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในปริมาณมากเกินไป

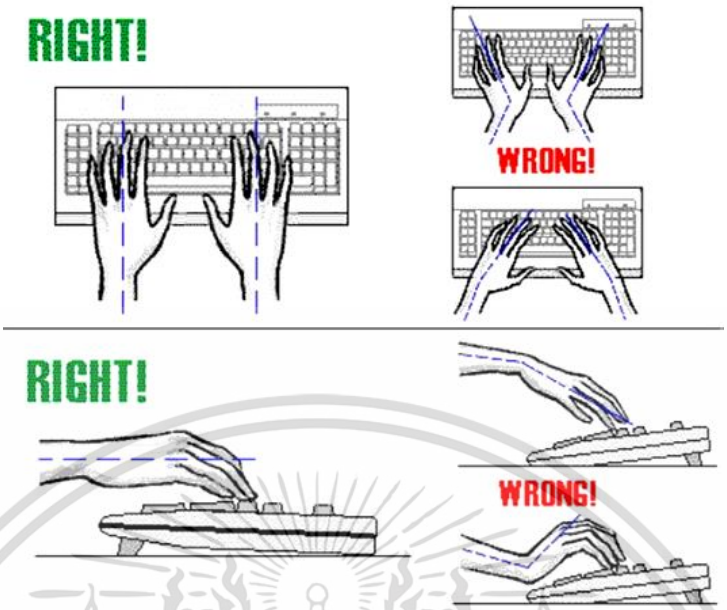
10. หากเกิดอาการชาปลายนิ้วที่ไม่รุนแรง ผู้ป่วยจะยังสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ตามปกติ แต่หากมีอาการรุนแรง หรืออาการที่เกิดขึ้นสร้างความวิตกกังวลเป็นอย่างมาก ควรรีบไปพบแพทย์เพื่อตรวจรักษา ขอความช่วยเหลือจากผู้อื่นในการขับรถ หรือใช้บริการรถสาธารณะแทนการขับขี่ยานพาหนะด้วยตนเอง

11. ปรึกษาแพทย์หรือไปพบแพทย์เพื่อตรวจวินิจฉัยเมื่อมีข้อสงสัยเกี่ยวกับอาการป่วยใด ๆ ที่เกิดขึ้น

2.2.2. โรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ (Carpal tunnel syndrome: CTS) [23]

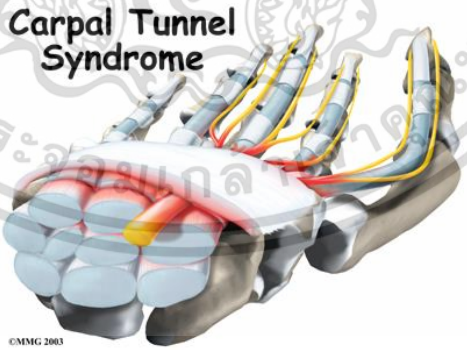
กลุ่มอาการนี้เกิดขึ้นมากในกลุ่มคนทำงานที่ใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งการทำงานในปัจจุบันนี้คอมพิวเตอร์ถือเป็นอุปกรณ์ออฟฟิตที่ทุกคนมีความจำเป็นต้องใช้งานและมีการใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ และรวมถึงการใช้อุปกรณ์เสริมของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น เมาส์ เป็นเวลานานด้วยเช่นกัน โดยการใช้เมาส์จะทำให้เราอยู่ในท่ากระดกข้อมือขึ้นเป็นเวลานาน ซึ่งนำไปสู่การกดทับของเส้นประสาทบริเวณข้อมือได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



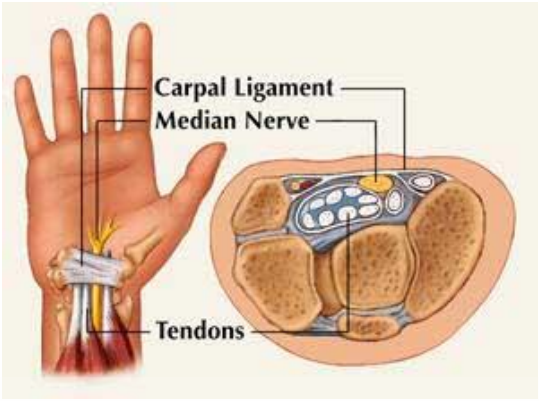
รูปที่ 2.8 การวางมือ ขณะพิมพ์คอมพิวเตอร์ [23]
(ที่มา : http://www.pt.mahidol.ac.th/knowledge/?p=196)

จะเห็นได้ว่ามีการกระดกขึ้นของข้อมือค้างไว้ ร่วมกับเกิดการกดทับบริเวณข้อมือ ช่องทางเดินของเส้นประสาทแคบ และจากการเสียดสีกันในช่องแคบ ๆ ดังกล่าว ทำให้เส้นประสาทบริเวณข้อมืออักเสบได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 – 2.10



รูปที่ 2.9 โรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ [23]
(ที่มา : http://www.pt.mahidol.ac.th/knowledge/?p=196)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 โรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ [23]
(ที่มา : http://www.pt.mahidol.ac.th/knowledge/?p=196)

1. อาการแสดงและการเกิดโรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ

1. ปวด ชาบริเวณฝ่ามือและนิ้วมือจะมีอาการข้างเคียงหรือทั้ง 2 ข้าง มักจะมีอาการเด่นชัดในมือข้างที่ถนัด โดยเฉพาะนิ้วโป้ง ชี้ กลาง และนิ้วนางครึ่งนิ้ว ดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 สาเหตุโรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ [23]
(ที่มา : http://www.pt.mahidol.ac.th/knowledge/?p=196)

2. อาการอ่อนแรงของมือ และนิ้วมือ เช่น กำมือได้ไม่แน่น หยิบจับของแล้วหล่นง่าย ถ้าไม่รีบรักษา จะสังเกต เห็นกล้ามเนื้อในมือฝ่อลีบ บางครั้ง อาจพบว่ามีอาการมากขึ้นในตอนกลางคืน บางครั้งผู้ป่วยอาจตื่นขึ้นมาเนื่องจากอาการปวด แต่เมื่อสะบัดข้อมือ แล้วมีอาการดีขึ้น

3. เพศหญิงพบได้บ่อยกว่าเพศชาย

4. อายุที่พบบ่อยคือประมาณ 35 - 40 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผู้ที่มีข้อมือค่อนข้างกลม

6. สตรีอาจมีอาการขณะตั้งครรภ์

7. ผู้ที่ใช้ข้อมือกระดกขึ้นลงบ่อยๆ หรือทำงานที่มีการสั่นสะเทือน ของมือและแขนอยู่เป็นเวลานาน ดังนั้นจะพบโรคนี้ได้บ่อยในกลุ่มแม่บ้านที่ทำกับข้าว ซักผ้า พนักงานโรงงาน พนักงานขุดเจาะถนน1

8. กระดูกหักหรือเคลื่อนบริเวณข้อมือ

9. ข้ออักเสบรูมาตอยด์

10. โรคเบาหวาน โรคธัยรอยด์

2. การรักษาโรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ

การรักษาทางกายภาพบำบัด โดยการประคบร้อน, กดนวดบริเวณพังผืดที่กดทับเส้นประสาท, การยืดเส้นประสาท หรือใช้การรำไทยมาใช้เพื่อให้เส้นประสาทแขนมีความยืดหยุ่น, การขยับกระดูกข้อมือ เพื่อให้ทางเดินของเส้นประสาทดีขึ้น, การใช้เครื่องมือทางกายภาพเพื่อลดการอักเสบของเส้นประสาทและคลายพังผืดที่รัดบริเวณข้อมือร่วมกับการออกกำลังกาย ดังตัวอย่าง ท่าออกกำลังกายดังต่อไปนี้

1. การยืดกล้ามเนื้อบริเวณแขนและมือ ดังแสดงในรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 การยืดกล้ามเนื้อบริเวณแขนและมือ [23]
(ที่มา : http://www.pt.mahidol.ac.th/knowledge/?p=196)

การแสดงท่ายืดกล้ามเนื้อบริเวณแขนและข้อมือทางด้านหลัง

2. การยืดพังผืดบริเวณข้อมือ ดังแสดงในรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 การยืดพังผืดบริเวณข้อมือ [23]
(ที่มา : http://www.pt.mahidol.ac.th/knowledge/?p=196)

3. การยืดเส้นประสาทด้วยตนเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 การยืดเส้นประสาทด้วยตนเอง [23]
(ที่มา : http://www.pt.mahidol.ac.th/knowledge/?p=196)

2.2.3. โรคพังผืดทับเส้นประสาท [24]

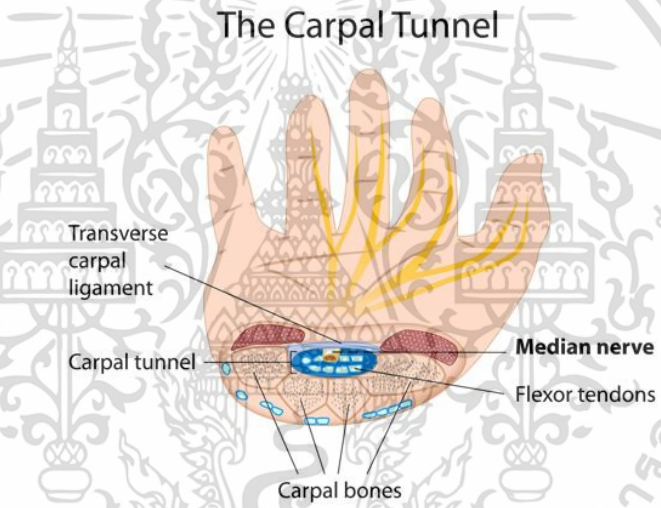
โรคพังผืดกดทับเส้นประสาทที่ข้อมือนี้ไม่ใช่โรคติดต่ออะไร แต่สาเหตุที่ทำให้มันระบาดไปทั่วนั้นก็เกิดขึ้นจากพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ และการกดโทรศัพท์มือถือเล่นเป็นเวลานานของคนในยุคนี้ต่างหาก ที่ทำให้คนในยุคปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะเกิดโรคนี้มากขึ้น

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีคนจำนวนมากที่ใช้เวลาส่วนมากไปกับการทำงาน การแชท และการเล่นเกม ในคอมพิวเตอร์และในโทรศัพท์ที่นับวันก็ยิ่งออกโปรแกรมใหม่ ๆ มาให้เราลองเล่นกันไม่หยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนบางครั้งเราอาจจะเผลอลืมย้อนมองถึงสุขภาพและร่างกายของเราว่าเกิดอะไรขึ้นกับตัวของเราบ้าง โดยมารู้สึกตัวอีกทีก็ตอนที่มีอาการผิดปกติเกิดขึ้น อย่างเช่น ปวดข้อมือ ปวดแขน นิ้วชา หรือแม้แต่ปวดแปลบ ๆ ที่นิ้วมือ มีผู้คนไม่น้อยที่ต้องตกใจเมื่อพบว่าตนเองได้กลายเป็นหนึ่งในคนที่เป็นโรคพังผืดกดทับเส้นประสาทที่ข้อมือ และต้องทนกับความเจ็บปวดที่ไม่พึงประสงค์จากโรคนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.15

สำหรับโรคพังผืดกดทับเส้นประสาทที่ข้อมือ เป็นโรคในกลุ่มการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ หรือ Carpal Tunnel Syndrome (CTS) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากเกิดพังผืดที่หนาตัวขึ้นบริเวณข้อมือด้านฝ่ามือ และไปกดทับถูกเส้นประสาทมีเดียน (median nerve) ซึ่งอยู่ผ่านช่องข้อมือแขนงไปยังนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วหัวแม่มือ โดยเมื่อเส้นประสาทถูกกดทับ จะทำให้มีอาการปวดและชาตามนิ้ว และถ้าเส้นประสาทถูกกดทับนานๆ ก็จะทำให้กล้ามเนื้อบริเวณ ฝ่ามือด้านนิ้วหัวแม่มือจะลีบเล็กลง



รูปที่ 2.15 การยึดเส้นประสาทด้วยตนเอง [24]
(ที่มา : https://health.kapook.com/view54414.html)

จากการวิจัยทั้งในและต่างประเทศพบว่า ผู้ที่มีความเสี่ยงในการเกิดโรคนี้สูงที่สุด ก็คือกลุ่มผู้ที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน มากกว่า 7 ชั่วโมงต่อวัน ทั้งยังพบมากในผู้ที่ใช้มือทำงานมาก ๆ เช่น กลุ่มแม่บ้านที่ทำกับข้าว ซักผ้า และถักนิตติ้ง อีกด้วย โรคนี้จะพบในเพศหญิงบ่อยกว่าเพศชาย โดยเฉพาะในช่วงวัยประมาณ 35-40 ปี นอกจากนี้ผู้ที่มีข้อมือค่อนข้างกลมก็มีโอกาสเกิดโรคสูง บางครั้งอาจจะพบได้ในสตรีที่กำลังตั้งครรภ์ แต่ก็สามารถหายได้เองหลังจากที่คลอดแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สาเหตุของโรคพังผืดกดทับเส้นประสาทที่ข้อมือ

1. การใช้งานข้อมือในท่าเดิม ๆ อย่างเช่นคนที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ที่ต้องใช้เมาส์ โดยใช้ข้อมือเป็นจุดหมุน การกดแป้นคีย์บอร์ด การเย็บผ้า การถักนิตติ้ง

2. การใช้ข้อมือที่มีการงอมือเป็นเวลานาน เช่น การกวาดบ้านนาน ๆ การรีดผ้า การหิ้วถุงที่มีการงอข้อมือ

3. การทำงานที่มีการใช้ข้อมือกระดกขึ้นและการสั่นกระแทก เช่น ช่างฝีมือประเภทต่าง ๆ พนักงานโรงงาน งานที่เกี่ยวกับการก่อสร้างหรืองานคอนกรีต

4. การที่พังผืดหนาตัวมากขึ้น จากสภาพร่างกายที่มีอายุมากขึ้น

2. การรักษาเบื้องต้นโรคพังผืดกดทับเส้นประสาทที่ข้อมือ

1. หากพังผืดยังไม่หนามากนัก แพทย์จะทำการลดความดันข้อมือโดยทำการดามข้อมือของผู้ป่วย เพื่อให้ข้อมืออยู่นิ่ง ๆ ทำให้มีความดันในโพรงข้อมือต่ำที่สุด

2. ปรับการใช้ข้อมือในการทำงานและชีวิตประจำวัน โดยการปรับอุปกรณ์การทำงานให้ถูกตามหลักสุขลักษณะ และหลีกเลี่ยงการใช้งานมือในลักษณะเกร็งนาน ๆ ในงานที่ต้องใช้ข้อมือกระดกขึ้นงอข้อมือนาน ๆ รวมถึงงานที่มีการสั่นกระแทกจนทำให้ความดันในโพรงข้อมือสูงขึ้นด้วย

3. การฉีดยาซึ่งทำจากยาชาผสมกับยาสเตียรอยด์เข้าไปในโพรงข้อมือรอบ ๆ เส้นประสาท จะช่วยลดการอักเสบและบางรายอาจหายได้ วิธีนี้พบว่าได้ผลดีเฉลี่ยประมาณ 40 - 50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะของโรค และปัจจัยอื่น ๆ

แต่หากการรักษาเบื้องต้นไม่ประสบความสำเร็จ และผู้ป่วยมีอาการชามากขึ้น รวมถึงในรายที่มีอาการมากหรือกล้ามเนื้อเริ่มอ่อนแรงหรือลีบลง และไม่ตอบสนองต่อการรักษาด้วยยา อาจจำเป็นต้องรับการรักษาด้วยวิธีผ่าตัด ซึ่งจะรักษาให้โรคนี้หายขาดได้ โดยเข้าไปตัดพังผืดที่พาดผ่านบริเวณด้านหน้าข้อมือออก ซึ่งจะทำให้ช่องว่างในโพรงข้อมือเพิ่มขึ้น ทำให้ความดันในโพรงข้อมือลดลง และเลือดสามารถมาเลี้ยงเส้นประสาทได้ดีขึ้น

รูปที่ 2.16 การผ่าตัดพังผืดทับเส้นประสาทที่ข้อมือ[24]
(ที่มา : https://health.kapook.com/view54414.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการผ่าตัดพังผืดทับเส้นประสาทที่ข้อมือ แบ่งเป็น 3 วิธี ดังแสดงในรูปที่ 2.16 คือ

1. การผ่าตัดแบบเปิด (Open carpal tunnel release) วิธีนี้จะเปิดให้เห็นเส้นประสาทได้โดยตรง โอกาสบาดเจ็บต่อเส้นประสาทน้อยกว่า และสามารถทำการผ่าตัดอื่นร่วมด้วยได้ เช่น ตัดเยื่อหุ้มเอ็นออกได้ด้วย โดยแพทย์จะทำการผ่าตั้งแต่ข้อมือถึงฝ่ามือ ซึ่งจะทำให้เกิดแผลจะยาวประมาณ 5 – 6 ซม. และหลังจากการผ่าตัดผู้ป่วยมักจะมีอาการปวดแผล มือบวม ต้องใช้เวลาประมาณ 2 - 3 สัปดาห์ แผลจึงจะหายพอที่จะทำงานเบา ๆ ได้ และใช้เวลาประมาณ 3 เดือน แผลจึงจะหายกลับมาเป็นปกติ

2. การผ่าตัดแบบเปิดแผลจำกัด (Limited open carpal tunnel release) วิธีนี้จะเปิดแผลประมาณ 1.5 เซนติเมตร และต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการตัดนำพังผืดออกมา วิธีนี้จะมีแผลที่เล็กกว่าและผู้ป่วยกลับไปทำงานได้เร็วขึ้น

3. การผ่าตัดผ่านกล้อง (Arthroscopic carpal tunnel release) วิธีนี้จะใช้กล้องส่องเข้าไปใต้พังผืดข้อมือ และตัดพังผืดออกจากด้านใน วิธีนี้จะทำให้ผู้ป่วยกลับไปทำงานตามปกติได้เร็วขึ้น โดยสามารถทำกิจวัตรประจำวันได้หลังจากผ่าตัดประมาณ 3 วัน และสามารถไปทำงานได้ภายใน 7 วัน เนื่องจากแผลมีขนาดเล็กมากและหายเร็วกว่า และเมื่อแผลหายสนิทดีแล้วรอยแผลก็จะหายไปในรอยพับ ผู้ป่วยจึงไม่เกิดการปวดที่ฝ่ามือหลังผ่าตัด

ทั้งนี้การรักษาทุก ๆ แบบนั้นสามารถทำการรักษาได้โดย นอกจากแพทย์จะพิจารณาการรักษาจากระดับความรุนแรงของโรคแล้ว ยังต้องพิจารณาเรื่องความสามารถของศัลยแพทย์ผู้ทำการรักษาด้วย

2.3 การออกกำลังกายบริหารข้อมือและแขน

ข้อมือเป็นอีกจุดหนึ่งที่จะเกิดพังผืดได้ง่าย โดยเฉพาะกับคนที่ใช้มือในลักษณะเดิม ๆ เป็นระยะเวลานาน รวมถึงทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันแบบซ้ำไปซ้ำมา อย่างเช่นมนุษย์เงินเดือนที่ต้องทำงานหน้าคอมพิวเตอร์ทุกวัน ซึ่งเสี่ยงต่อโรคพังผืดทับเส้นประสาท และโรคอื่น ๆ

การใช้งานมือในลักษณะเกร็งอยู่นาน ๆ หรือใช้มือทำงานอยู่ท่าเดิมนาน ๆ เป็นประจำ อาจทำให้มีอาการปวดมือและปวดร้าวขึ้นไปที่แขน ซึ่งมักจะมีอาการชาที่นิ้วมือ โดยเฉพาะที่นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ นิ้วกลาง และบางส่วนของนิ้วนาง ซึ่งอาการมือชาที่พบโดยส่วนใหญ่ มาจากการกดทับเส้นประสาทที่ฝ่ามือ บางรายถึงขั้นรู้สึกว่าไม่ค่อยมีแรงเวลากำมือ โดยเฉพาะการใช้มือหยิบของเล็กๆ จะทำได้ลำบาก ดังนั้น จะขอแนะนำวิธีบริหารมือสำหรับผู้ที่ต้องใช้มือลักษณะเดิมซ้ำ ๆ นาน ๆ และเริ่มมีอาการชาบริเวณมือ นิ้วมือ และข้อมือ เพื่อป้องกันโรคมือชา ดังนี้

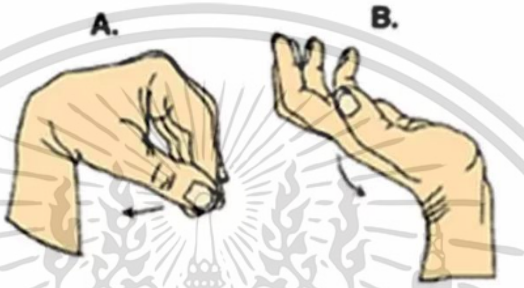
หลังจากการใช้งานของข้อมือและนิ้วมาก เช่น การใช้คอมพิวเตอร์ต่อเนื่องนานหลายชั่วโมง การเขียนหนังสือ การทำงานจับเครื่องมือ มีด กรรไกร นาน ๆ ฯลฯ จะพบว่าเราจะมีอาการปวดเมื่อยบริเวณข้อมือ ปวดนิ้วมือ หรือบางครั้งอาจจะมีอาการชาบริเวณนิ้วมือร่วมด้วย นั่นแสดงว่าเนื้อเยื่ออ่อนของมือและแขนเรามีความผิดปกติเกิดขึ้น ถ้าปล่อยไว้จนเกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเนื้อเยื่ออ่อน จะมีผลทำให้เกิดการบาดเจ็บจนนำไปสู่อาการที่รุนแรงขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น การป้องมิให้เกิดอาการบาดเจ็บ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่เราควรให้ความสำคัญ การป้องกันและรักษาอาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่ออ่อนสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การออกกำลังเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การใช้กล้ามเนื้อมือและแขนที่เหมาะสม การยืดกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการผ่อนคลาย หรือการรักษาด้วยเครื่องมือกายภาพบำบัด เป็นต้น

การบริหารกล้ามเนื้อแขนและข้อมือ [15]

1.ท่าที่ 1 ทำการกระดกข้อมือขึ้นและลง โดยพยายามเคลื่อนไหวให้ได้ช่วงการเคลื่อนไหวที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทำช้า ๆ 20 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ท่าที่ 1 ท่าการบริหารกล้ามเนื้อแขนและข้อมือ [15]
(ที่มา : https://www.thairath.co.th/lifestyle/woman/138003)

2. ท่าที่ 2 บิดข้อมือไปด้านซ้ายและขวา ทำช้า ๆ เช่นกัน โดยทำสลับกัน 20 ครั้ง ข้อควรระวังในการบริหารจะต้องไม่ฝืน จนทำให้มีอาการบาดเจ็บเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.18

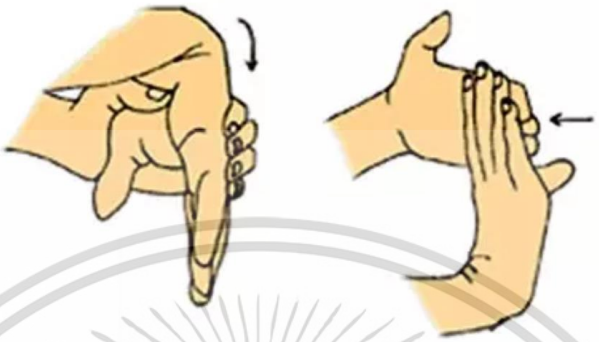
รูปที่ 2.18 ท่าที่ 2 ท่าการบริหารกล้ามเนื้อแขนและข้อมือ[15]
(ที่มา : https://www.thairath.co.th/lifestyle/woman/138003)

การยืดกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออ่อนรอบข้อมือ

การยืดกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออ่อนรอบข้อมือ โดยเริ่มจากจับมือข้างที่ต้องการจะยืดบริเวณหลังมือ แล้วค่อย ๆ กดหลังมือลงช้า ๆ จนรู้สึกตึงบริเวณข้อมือ ค้างไว้ 5 วินาที สลับมือ โดยเลื่อนมือมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จับบริเวณนิ้วมือทั้ง 4 นิ้วของมือข้างที่ต้องการจะยืด แล้วค่อยๆยืดในทิศทางที่ข้อมือกระดกขึ้น โดยที่นิ้วทั้ง 4 เหยียดตรง ยืดจนรู้สึกตึงบริเวณข้อมือ ค้างไว้ 5 วินาที ทั้งสองท่าทำสลับกันช้า ๆ 10 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ท่าการยืดกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออ่อนรอบข้อมือ[15]
(ที่มา : https://www.thairath.co.th/lifestyle/woman/138003)

การบริหารเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือ

1. ท่าที่ 1 งอนิ้วมือโดยให้ปลายนิ้วแตะบริเวณโคนนิ้วทั้งสี่ช้า ๆ ซึ่งอุ้งมือจะต้องไม่กำเข้ามาจนสุด แล้วค่อย ๆ คลายออกให้นิ้วเหยียดตรง ทำ 20 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.20

รูปที่ 2.20 ท่าที่ 1 การบริหารเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือ[15]
(ที่มา : https://www.thairath.co.th/lifestyle/woman/138003)

2. ท่าที่ 2 วางลูกบอลขนาดเท่าลูกเทนนิสไว้ในอุ้งมือ ค่อย ๆ ออกแรงบีบมากเท่าที่ทำได้ แล้วคลายออก ทำซ้ำ 20 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.21 ท่าที่ 2 การบริหารเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือ[15]
(ที่มา : https://www.thairath.co.th/lifestyle/woman/138003)

3. คว่ำมือลง โดยในมือถือถุงทรายหรือวัตถุที่มีน้ำหนัก ประมาณ 0.5 กิโลกรัม จากนั้นค่อย ๆ กระดกข้อมือขึ้นให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ ค้างไว้ 2 วินาที แล้วค่อย ๆ กระดกข้อมือลงในทิศทางตรงกันข้าม ค้างไว้ 2 วินาที ทำซ้ำ 20 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.22

รูปที่ 2.22 ท่าที่ 3 การบริหารเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือ[15]
(ที่มา : https://www.thairath.co.th/lifestyle/woman/138003)

สำหรับผู้ที่มีอาการมากแล้ว อาจต้องรักษาด้วยเครื่องมือทางกายภาพบำบัด

1. การรักษาด้วยคลื่นความถี่เหนือเสียง (Ultrasound)
2. การอบประคบด้วยแผ่นประคบความร้อน (Hot pack)

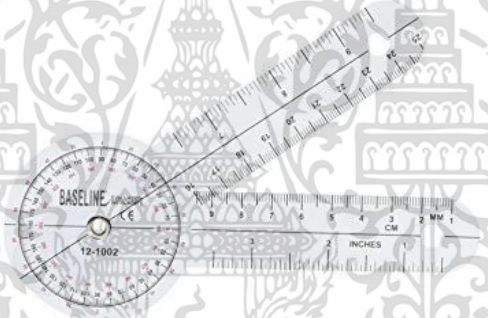
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การลดปวดโดยใช้เครื่องผลิตกระแสกระตุ้นประสาทผ่านผิวหนัง (Tens)

สำหรับผู้ที่มีความจำเป็นต้องทำงานเกร็งมือในท่าเดิมนาน ๆ ควรหมั่นบริหารข้อมือ นิ้วมือ อยู่เสมอ เพื่อการป้องกันโรคมือชาจากเส้นประสาทโดนกดทับ ซึ่งหากเป็นแล้ววิธีที่ดีที่สุดคือการปรึกษาแพทย์เฉพาะทาง เพื่อหาแนวทางในการรักษาที่เหมาะสมต่อไป

2.4 พิสัยของการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM)

การเคลื่อนไหวหรือความสามารถที่จะเคลื่อนไหวของข้อตามแนวการเคลื่อนไหวที่ข้อใดข้อหนึ่ง โรคระบบกล้ามเนื้อกระดูกหลายอย่าง ทำให้หรือมีส่วนร่วมทำให้การเคลื่อนไหวข้อเสียไป ในการตรวจสอบการเคลื่อนไหวที่ข้อแพทย์ต้องเปรียบเทียบกับการเคลื่อนไหวเป็นปรกติที่แต่ละข้อด้วยเสมอ สิ่งที่ใช้วัดพิสัยการเคลื่อนไหวที่ข้อนี้เรียกว่า โกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) และใช้หน่วยวัดเป็นองศา [7]



รูปที่ 2.23 โกนิโอมิเตอร์ (Goniometer)

2.2.1 ตัวอย่างประเภทของการออกกำลังกาย

1. Range of motion exercise [8]

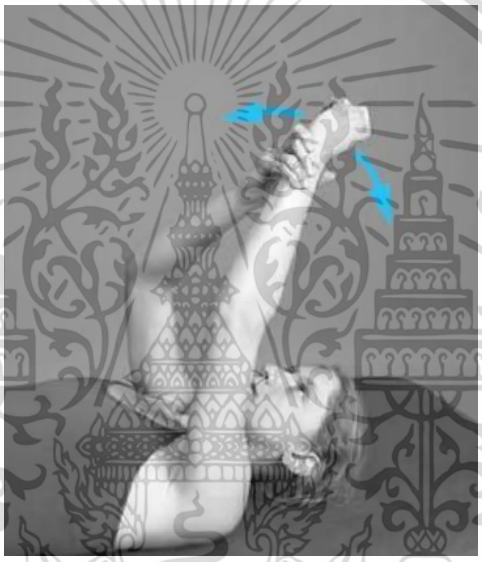
Range of motion (ROM) คือ พิสัยของข้อ

Range of motion exercise (ROME) คือ การออกกำลังกายเพื่อคงการพิสัยของการเคลื่อนไหวของข้อ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. Passive ROM เป็นการเคลื่อนไหวตามพิสัยของข้อโดยมีแรงจากภายนอกมากระทำผู้ป่วยไม่ได้ออกแรงที่กล้ามเนื้อมัดนั้นด้วยตัวเอง เช่น แรงจากผู้บำบัด แรงโน้มถ่วง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ หรือแรงจากมืออีกข้างหนึ่ง หากผู้ป่วยมีพิสัยของข้อลดลง ข้อฝืด หรือกล้ามเนื้อยืดหด จะต้องทำการยืดกล้ามเนื้อหรือยืดข้อต่อร่วมด้วย เรียกว่า Passive Stretching ดังแสดงในรูปที่ 2.24 – 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 การทำ Passive ROM ของแขน [8]
(ที่มา: http://www.med.cmu.ac.th/dept/rehab/2017/images/Study_guide/08_1MSKExercise_JR.pdf)



รูปที่ 2.25 การทำ Self - assisted ROM ของข้อไหล่ [8]
(ที่มา: http://www.med.cmu.ac.th/dept/rehab/2017/images/Study_guide/08_1MSKExercise_JR.pdf)

2. Active ROM เป็นการเคลื่อนไหวตามพิสัยของข้อโดยผู้ออกแรงทำเองทั้งหมดไม่มีแรงจากภายนอกมากระทำ

3. Active-Assistive exercise เป็นการเคลื่อนไหวโดยผู้ออกแรงกระทำเองก่อน หลังจากนั้นจึงมีแรงจากภายนอกมาช่วยให้ครบพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อนั้น ๆ

2. Stretching exercise

Stretching เป็นวิธีการเพิ่มพิสัยของข้อ เพิ่มความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่ออ่อนต่างๆ ซึ่งอาจเกิดการหดสั้น ข้อฝืด หรือข้อติด ทำให้พิสัยการเคลื่อนไหวของข้อลดลง สาเหตุมาจากการไม่ได้ขยับข้อนั้น ๆ เป็นเวลานาน มีอาการปวด กล้ามเนื้อไม่สมดุลหรือมีภาวะอ่อนแรง ลักษณะการทรงท่า (Posture) ไม่เหมาะสม เป็นต้น ซึ่งการเพิ่มความยืดหยุ่นสามารถทำได้หลายวิธีได้แก่

- Static Stretching
- Manual Stretching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Cyclic/intermittent Stretching
- Ballistic Stretching
- Proprioceptive neuromuscular facilitation Stretching procedures (PNF Stretching)
- Mechanical Stretching
- Self-Stretching
- Passive stretching
- Active stretching

3. Resistance exercise

Resistance exercise เป็นการออกกำลังกายที่ผู้ป่วยออกแรงต้านกับแรงภายนอก ทำให้ความทนทาน (Endurance) ความแข็งแรง (Strength) และมีกำลัง (Power) เพิ่มขึ้นได้ อาจเรียกอีกอย่างว่า
Resistance training ชนิดของ Resistance exercise มีดังนี้

3.1 Manual & Mechanical Resistance Exercise

Manual Resistance Exercise เป็นการออกกำลังกายแบบ active-resistive โดยผู้ป่วยออกแรงต้านกับผู้บำบัด หรือต้านแรงของตนเองก็ได้ แต่แรงที่ใช้ด้านจะไม่สามรถระบุเป็นน้ำหนักได้ชัดเจน

Mechanical Resistance Exercise เป็นการออกกำลังกายแบบ active-resistive โดยผู้ป่วยออกแรงต้านกับอุปกรณ์หรือเครื่องมือทางกายภาพ มีประโยชน์เมื่อต้องใช้แรงต้านมากกว่าแรงของผู้บำบัดและสามารถระบุแรงต้านเป็นน้ำหนักได้ชัดเจน

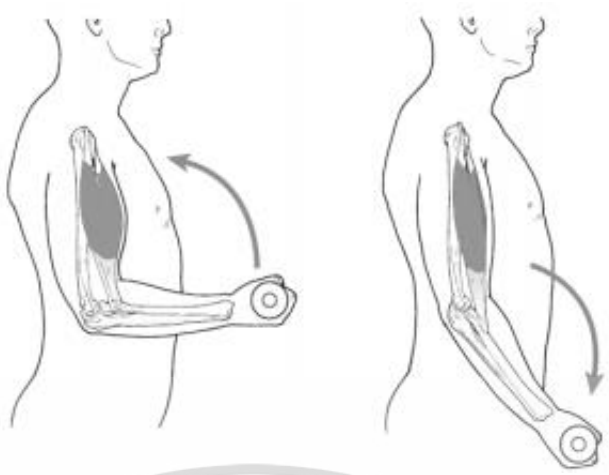
3.2 Isometric exercise (static exercise)

Isometric exercise (Static exercise) เป็นการออกกำลังกายโดยไม่มีการเคลื่อนไหวของข้อความยาวกล้ามเนื้อคงที่ ใช้ในกรณีที่ต้องการป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อฝ่อลีบ แต่ไม่สามารถขยับข้อได้ เช่น มีอาการปวดข้อ การใส่เฝือก การทำ skin traction เป็นต้น

3.3 Dynamic exercise – Concentric & Eccentric

Dynamic exercise เป็นการออกกำลังกายโดยข้อมีการเคลื่อนไหว มี 2 ประเภท ได้แก่
- Concentric exercise เป็นการออกแรงขณะที่ใยกล้ามเนื้อหดสั้น เช่น ท่า Bicep curls
- Eccentric exercise เป็นการออกแรงขณะที่ใยกล้ามเนื้อถูกยืด ดังแสดงในรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 การออกกำลังกายแบบ Concentric Exercise (ซ้าย) , Eccentric Exercise (ขวา) [8]
(ที่มา: http://www.med.cmu.ac.th/dept/rehab/2017/images/Study_guide/08_1MSKExercise_JR.pdf)

3.4 Dynamic exercise – Constant & Variable exercise

เป็นการออกกำลังที่ใช้บ่อยที่สุด โดยมีการต้านน้ำหนักที่คงที่ หรือเพิ่มน้ำหนักตามลำดับ เรียกอีกอย่างว่า Progressive Resistance Exercise (PRE)

การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อต้านน้ำหนักที่คงที่ เรียกอีกอย่างว่า Isotonic exercise แรงต้านมาจากแรงโน้มถ่วง อุปกรณ์ เช่น NK table เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.27

รูปที่ 2.27 เครื่องมือที่ใช้สำหรับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านคงที่[8]
(ที่มา: http://www.med.cmu.ac.th/dept/rehab/2017/images/Study_guide/08_1MSKExercise_JR.pdf)

3.5 Isokinetic Exercise

Isokinetic exercise เป็นการออกกำลังกายที่ความเร็วในการเคลื่อนไหวคงที่ มีการกำหนดองศาการเคลื่อนไหวที่แน่นอน จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม และยุ่งยากกว่าการออกกำลังกายแบบ Isometric และ Isotonic ดังแสดงในรูปที่ 2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.28 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้สำรับการออกกำลังกายแบบ Isokinetic[8]
(ที่มา: http://www.med.cmu.ac.th/dept/rehab/2017/images/Study_guide/08_1MSKExercise_JR.pdf)

4. Peripheral Joint Mobilization หรือ Manipulation

Mobilization และ Manipulation เป็นการบำบัดรักษา โดยผู้บำบัดขยับข้อต่อ หรือเนื้อเยื่อรอบ ๆ ข้อด้วยมือแบบเป็นจังหวะสม่ำเสมอตามทิศทางการเคลื่อนไหวของข้อ หรือทิศทางเสริมอื่น ๆ นอกเหนือจากปกติ (Accessory Motion) ทำให้เกิดการผ่อนคลายของข้อ ลดอาการปวด และเพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อได้

Accessory movement เป็นการเคลื่อนไหวของข้อและเนื้อเยื่อรอบ ๆ ที่จำเป็นสำหรับพิสัยของข้อปกติที่ผู้ป่วยไม่สามารถขยับได้เอง มี 2 ประเภท ได้แก่

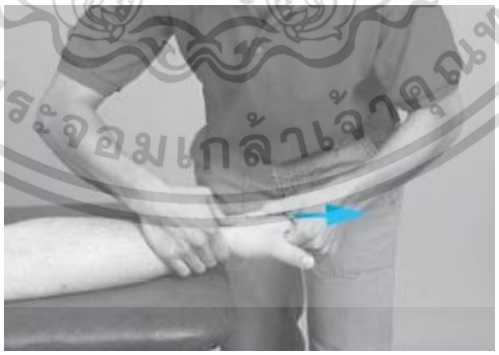
- Component motions เป็นการเคลื่อนไหวร่วมกันขณะทำ active movement แต่ไม่สามารถควบคุมให้ขยับโดยตัวผู้ป่วยเองได้ เช่น การหมุนของกระดูก fibula ซึ่งเกิดร่วมกับการขยับข้อเท้า

- Joint play เป็นการขยับของข้อต่อที่มีผิวสัมผัส 2 ด้าน และไม่สามารถขยับแบบ Active ได้ เช่น การดึง การกด การกลิ้ง หรือการปั่น เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.29 – 2.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.29 การทำ anterior glide ของ Glenohumeral joint [8]
(ที่มา: http://www.med.cmu.ac.th/dept/rehab/2017/images/Study_guide/08_1MSKExercise_JR.pdf)

รูปที่ 2.30 การทำ distraction ของ Humeroradial joint [8]
(ที่มา: http://www.med.cmu.ac.th/dept/rehab/2017/images/Study_guide/08_1MSKExercise_JR.pdf)



รูปที่ 2.31 การทำ distraction ของ Carpometacarpal joint [8]
(ที่มา: http://www.med.cmu.ac.th/dept/rehab/2017/images/Study_guide/08_1MSKExercise_JR.pdf)

5. Balance Exercise

Balance Exercise เป็นการออกกำลังกายเพื่อฝึกการทรงตัว จุดสมดลของร่างกายมีทั้งแบบ Static และ dynamic ซึ่งการทรงตัวจะดีที่สุดเมื่อ Center of Mass (COM) หรือ Center of Gravity

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(COG) อยู่ภายในฐานของร่างกาย (Base of support: BOS) ซึ่งการทรงตัวมีความสำคัญในการประกอบกิจวัตรต่างๆ หากการทรงตัวไม่ดีจะทำให้เกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ ได้ง่าย เช่น การล้ม เป็นต้น การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความสามารถในการทรงตัวต้องอาศัยการฝึกหลายๆ อย่างประกอบกัน เช่น การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การยืดกล้ามเนื้อ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการฝึกการทรงตัวเป็นการฝึกที่ท้าทายความสามารถของผู้ป่วย สิ่งที่ต้องคำนึงในการฝึก คือ ความปลอดภัยของผู้ป่วย เพื่อไม่ให้ได้รับบาดเจ็บขณะทำการบำบัดรักษา ดังแสดงในรูปที่ 2.32 – 2.33

รูปที่ 2.32 การฝึกการทรงตัวด้วยการยืนขาเดียว[8]
(ที่มา: http://www.med.cmu.ac.th/dept/rehab/2017/images/Study_guide/08_1MSKExercise_JR.pdf)

รูปที่ 2.33 การฝึกการทรงตัวด้วยการยืนบน Wobble Board[8]
(ที่มา: http://www.med.cmu.ac.th/dept/rehab/2017/images/Study_guide/08_1MSKExercise_JR.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การวัดคลื่นสัญญาณกล้ามเนื้อ (Electromyogram) [9]

2.5.1 ความหมายของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ หมายถึง ระดับความตึงตัวของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการกระตุ้นอย่างรุนแรง กล้ามเนื้อประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีลักษณะเหมือนเส้นด้ายจำนวนหลายล้านเส้นเมื่อเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดอาการเกร็งนั้น เกิดจากการกระทำของเซลล์ประสาททางกลไก (Motor neuron) ที่ส่งกระแสประสาทไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อนั้น ๆ ไม่ว่าจะเวลาใดก็ตามที่เส้นใยกล้ามเนื้อ 2 - 3 เส้นที่อยู่ในขณะพักตัวซึ่งดูเหมือนจะมีการเกร็งอยู่ภายใต้สภาวะปกติ การกระตุ้นที่เกิดขึ้นที่กล้ามเนื้อจะถูกกระตุ้นจนกระทั่งเกิดการตอบสนองทั้งหมด หรืออาจจะเพียงบางส่วนของกล้ามเนื้อรวมเข้าด้วยกันเพื่อทำให้เกิดการตอบสนองของกล้ามเนื้อทั้งชิ้น (Pinel,1993, pp. 135-136)

การเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในการส่งกระแสไฟฟ้ามาที่พื้นผิวด้านนอกของผิวหนังไม่ใช่จะถูกวัดได้ในทุกสภาวะอารมณ์และความรู้สึกที่เกิดขึ้นจากจิตใจกิจกรรมของกล้ามเนื้อระดับพื้นผิวนี้สามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เรียกว่า Electromyography (EMG) ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมทางไฟฟ้าของกล้ามเนื้อในขณะที่กล้ามเนื้อเกิดอาการเกร็ง (Pinel,1993, p. 584)

รูปที่ 2.34 การปรับสัญญาณ EMG จาก Raw EMG signal มาเป็น Integrated EMG signal (Pinel, 1993, p. 136)

2.5.2 เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography หรือ Electromyogram) คือเครื่องที่ใช้สำหรับบันทึกสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการทำงานของ Motor unit ซึ่ง Motor unit นั้นเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งถูกควบคุมโดยเซลล์ประสาทสั่งการ (Motor neuron) อยู่ที่ไขสันหลังสำหรับกล้ามเนื้อแขน ขาลำตัวและจะอยู่ที่ก้านสมอง สำหรับกล้ามเนื้อศีรษะและคอ 1 Motor unit คือเซลล์ประสาท 1 ตัวกับ Muscle fiber จำนวนหนึ่งที่เซลล์ประสาทตัวนั้นไปเลี้ยงกล้ามเนื้อที่ทำงานละเอียดจะมี Motor unitขนาดเล็กเช่น กล้ามเนื้อมือการทำลาย Motor neuron ทำให้เกิดอาการอัมพาต และผลที่ได้จากการบันทึก เรียกว่า Electromyography หรือที่เรียกกันโดยย่อว่า EMG

การตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า สมองเส้นประสาท และกล้ามเนื้อเป็นเนื้อเยื่อที่ไวต่อสิ่งเร้า สามารถสร้างสัญญาณไฟฟ้าและส่งผ่านสัญญาณเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าดังกล่าวไปตามเส้นประสาทใยกล้ามเนื้อการตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคที่ใช้ตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าที่สร้างจากเส้นประสาทและกล้ามเนื้อโดยตรง ซึ่งคล้ายกับการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจและคลื่นไฟฟ้าสมองแตกต่างเฉพาะขนาดของความถี่และศักย์ไฟฟ้า ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดศักย์ไฟฟ้าและความถี่ที่ตอบสนองของสัญญาณไฟฟ้าสมอง หัวใจ และกล้ามเนื้อ (ดัดแปลงจาก Goodgold & Eberstein, 1972)

ชนิดของสัญญาณไฟฟ้า	ศักย์ไฟฟ้า (mV)	ความถี่ตอบสนอง (Hz)
สมอง (EEG)	0.001 – 0.10	0.02 - 100
หัวใจ (ECG, EKG)	0.02 – 3.0	0.1 - 30
กล้ามเนื้อ (EMG)	0.003 – 5.0	2 – 10,000

เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ประกอบด้วยตัวเครื่องและอิเล็กโทรดบันทึกสัญญาณเข้า ตัวเครื่องมักมีอุปกรณ์หรือวงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่กรองขยายสัญญาณและส่วนแสดงผล

อิเล็กโทรด หรือขั้วไฟฟ้าที่ใช้สำหรับตรวจวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ นั้นแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ขั้วไฟฟ้าสำหรับกระตุ้น และขั้วไฟฟ้าสำหรับบันทึกสัญญาณไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าสำหรับกระตุ้นมักเป็นตัวกระตุ้นขนาดเล็กและเป็นชนิดสองขั้ว (Bipolar electrode) ยึดติดกับส่วนอิเล็กโทรด สำหรับบันทึกสัญญาณไฟฟ้านั้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ อิเล็กโทรดแบบเข็ม (Needle electrode) มักใช้แทงเข้าไปในกล้ามเนื้อเพื่อบันทึกสัญญาณหรือศักย์ไฟฟ้าที่ใยกล้ามเนื้อโดยตรงใช้สำหรับวินิจฉัยโรคทางคลินิก และอิเล็กโทรดแบบวางที่ผิวหนัง (Surface electrode) เป็นแผ่นขั้วไฟฟ้าที่วางบนผิวหนังบริเวณที่วัด มักนิยมใช้บันทึกสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เพื่อแสดงถึง ความหนักเบาของการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ส่วนแสดงและบันทึกผล สัญญาณไฟฟ้าจากเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ หรือคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีความถี่ที่ตอบสนองค่อนข้างสูง ไม่นิยมใช้แสดงผลด้วยการบันทึกลงบนแผ่นกระดาษ (Tracing) เพราะจะทำให้ผลของคลื่นไฟฟ้าผิดรูปร่างแต่มักจะแสดงผ่านจอภาพออสซิลโลสโคป (ตอบสนองต่อความถี่ได้สูง) และผ่านสัญญาณเสียง (คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ อยู่ในย่านความถี่เสียง) ทำให้การแปลผลเที่ยงตรงมากขึ้นและลดความเมื่อยล้า ดูจากสัญญาณไฟฟ้าบนจอออสซิลโลสโคปด้วยสายตา นอกจากนั้นในปัจจุบันยังสามารถบันทึกผลออกมาเป็นไฟล์ข้อมูล รูปภาพและค่าเฉลี่ยของขนาดของคลื่นไฟฟ้าได้อีกด้วย

วิธีการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยเริ่มจากการจัดท่าให้ผู้ถูกวัด ทำความสะอาดผิวหนังและกล้ามเนื้อ บริเวณที่ต้องการวัดด้วยแอลกอฮอล์ (Identified) กล้ามเนื้อที่ต้องการวัดจุดเกาะต้นจุดเกาะปลาย การวัดโดยใช้ขั้วติดที่ผิวหนัง (Surface electrode) มักนิยมติดตรงกับตำแหน่งของจุดมอเตอร์และสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้ จะมีลักษณะการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อไม่ใช่ใยกล้ามเนื้อเหมือนกับการบันทึกจากขั้วบันทึกแบบเข็ม

สัญญาณที่วัดและการแปลผล ศาสตราจารย์นายแพทย์ชูศักดิ์ เวชแพศย์ กล่าวว่า ในการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้านั้นมักตรวจหาความผิดปกติใน 3 สภาวะคือ (1) ขณะเคลื่อนไหวอิเล็กโทรดคลื่นไฟฟ้าที่บันทึกได้เรียก Insertion activity (2) ขณะพักคลื่นไฟฟ้าที่บันทึกได้เรียกว่า

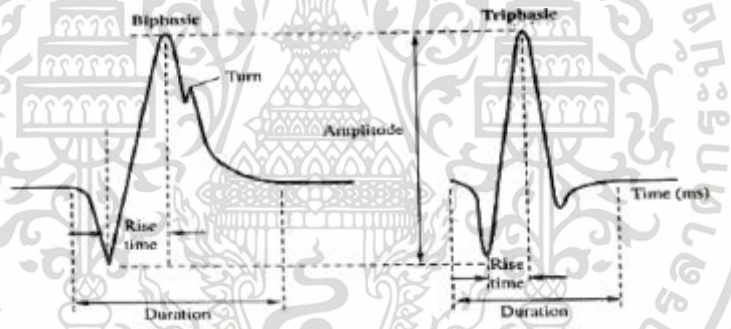
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Spontaneous activity และ (3) ขณะออกแรงใช้กล้ามเนื้อ หรือกล้ามเนื้อหดตัวสูงสุด คลื่นไฟฟ้าที่บันทึกได้เรียก Voluntary activity

หลักการวิเคราะห์ความผิดปกตินั้นพิจารณาจาก (1) คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ได้นั้น บันทึกในสภาวะใดเช่น Spontaneous insertion หรือ Voluntary (2) ลักษณะของคลื่นไฟฟ้านั้นเป็นอย่างไร จากนั้นพิจารณาเปรียบเทียบ ความสูง (Amplitude) ความกว้าง (Duration) พร้อมทั้งรายละเอียดของ ลักษณะคลื่น เช่น Phase initial deflection และความถี่ (Frequency) เป็นต้น จากนั้นนำมาพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อปกติ

ขณะทำการตรวจ นอกจากจะพิจารณาจากคลื่นหรือสัญญาณไฟฟ้าบนจอออสซิลโลสโคปแล้ว การฟังเสียงของคลื่นไฟฟ้าผ่านลำโพงขยายเสียงจะช่วยให้ลดความเมื่อยล้าสายตาจากการเพ่งมองบนจอออสซิลโลสโคป เพราะการฟังเสียงทำให้ทราบความผิดปกติของคลื่นไฟฟ้าอย่างคร่าว ๆ

สัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อปกติในกล้ามเนื้อปกติมักไม่พบสัญญาณ Spontaneous activity เมื่อแทงเข็มอิเล็กโทรดเข้าไปยังกล้ามเนื้อขณะพัก จอออสซิลโลสโคปที่บันทึกได้จะมีลักษณะเรียบ ไม่มีสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electrical silence) เมื่อให้ผู้ถูกวัดออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อนั้นจะได้คลื่นไฟฟ้าที่เรียกว่า Motor unit potential และเป็น Motor unit ที่มีลักษณะปกติ จึงเรียกว่า Normal motor unit potential MUP

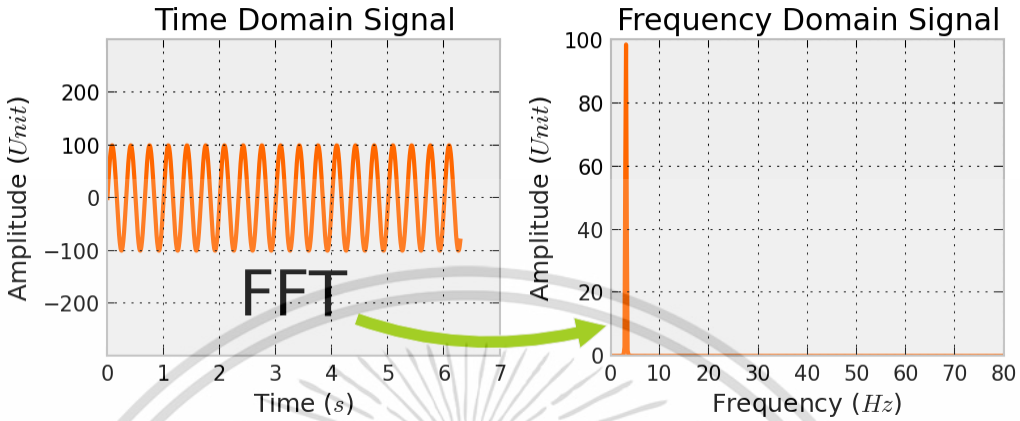


รูปที่ 2.35 ลักษณะสัญญาณ EMG ของ Motor Unite Potential MUP ปกติ ที่วัดจากอิเล็กโทรดบันทึกแบบเข็ม ขณะกล้ามเนื้อหดตัว สัญญาณคลื่นฟ้ากล้ามเนื้อมีลักษณะเป็นคลื่นเฟสสองและสาม มีขนาดความสูง 200 ไมโครโวลต์ – 5 มิลลิโวลต์ ความกว้างประมาณ 5 – 15 มิลลิวินาที ความถี่ 5 – 20 ครั้ง/นาที (น้อยกว่า 60 ครั้ง/วินาที) (ดัดแปลงจาก Robinson & Snyder-Mackler,2008)

ลักษณะสำคัญของ MUP สัญญาณไฟฟ้ามีลักษณะเป็นคลื่นสองหรือสามเฟส (Biphase or triphasic) มียอดลบนำมาก่อน ความถี่ 5 - 20 ครั้งต่อวินาทีมีความสูงของคลื่นประมาณ 200 ไมโครโวลต์ -5 มิลลิโวลต์ ซึ่งความกว้างประมาณ 5 - 15 มิลลิวินาที ซึ่งขนาดความสูงของคลื่นขึ้นกับขนาดความแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อ ยิ่งออกแรงมากขนาดก็จะสูงมากและจำนวน EMG จะเพิ่มมากขึ้น (สมชาย รัตนทองคำ , 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การวิเคราะห์สัญญาณกล้ามเนื้อด้วยฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอย่างเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT) [32]



รูปที่ 2.36 การวิเคราะห์สัญญาณกล้ามเนื้อด้วยฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอย่างเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT)
ที่มา https://www.cbcity.de/die-fft-mit-python-einfach-erklaert

2.6.1 ทฤษฎีพื้นฐาน

อนุกรมฟูเรียร์เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับฟังก์ชันคาบ แต่เนื่องจากว่าในทางปฏิบัติปัญหาส่วนใหญ่ไม่ได้เกี่ยวกับฟังก์ชันคาบ ซึ่งจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ฟูเรียร์ที่ใช้กับฟังก์ชันที่ไม่ใช่คาบ [35]

ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม (Fourier Transform) ใช้สำหรับการวิเคราะห์ระบบเชิงเส้นไม่แปรตามค่าตัวแปรใด ๆ ในแต่ละอาณาบริเวณของการทรานส์ฟอร์ม เช่น ตัวแปรทางเวลา, ตัวแปรทางความถี่ เป็นต้น โดยสามารถนิยามฟูเรียร์ทรานส์ฟรอ์ม $F(s)$ ของฟังก์ชัน $f(t)$ [5,6] ได้ดังนี้

$$F(s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j2\pi st}dt \qquad (2.1)$$

ซึ่งค่าทรานส์ฟอร์มของฟังก์ชันที่ขึ้นกับตัวแปร t โดยอาศัยการทำอินทิกรัล (Integral) เทียบกับตัวแปร t จะทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นฟังก์ชันที่ขึ้นกับตัวแปรตัวใหม่คือ s จึงสามารถกำหนดสัญลักษณ์ให้กับฟังก์ชันใหม่เป็น $F(s)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มต้องมีคุณสมบัติผกผัน นั่นคือ หลังจากการทำฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มของฟังก์ชันใด ๆ จำนวน 2 ครั้งติดต่อกันนั้น ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจะหมือนกับฟังก์ชันเริ่มแรก โดยสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$F(s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j2\pi st}dt \tag{2.2}$$

$$F(s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(s)e^{j2\pi st}ds \tag{2.3}$$

จากการทรานส์ฟอร์มตามสมการที่ (2.2) เรียกว่า ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มและการทรานส์ฟอร์มตามสมการที่ (3.3) เรียกว่า ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มผกผัน

ถ้า $F(s)$ เป็นค่าฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มของฟังก์ชัน $f(t)$ สามารถเรียก $F(s)$ และ $f(t)$ เป็นคู่ของการทรานส์ฟอร์มแบบฟูเรียร์ โดยมีสัญลักษณ์ ดังนี้

$$f(t) \leftrightarrow F(s) or F(s) = \Im[f(t)] \tag{2.4}$$

และ

$$f(t) = \Im^{-1}[F(s)] \tag{2.5}$$

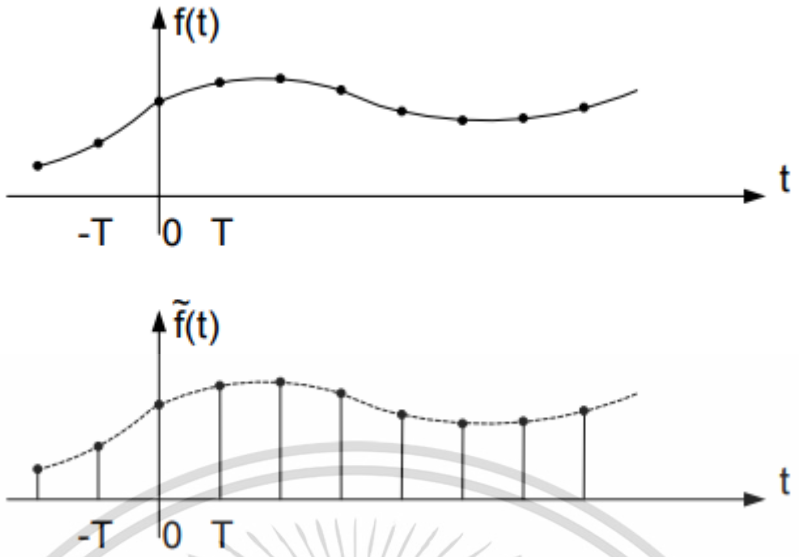
โดยที่ $\Im$ และ $\Im^{-1}$ เป็นสัญลักษณ์แสดงการทำฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม และแสดงการทำฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มผกผัน ตามลำดับ

2.6.2 ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Fourier Transform) [32]

ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มแบบไม่ต่อเนื่อง มีวิธีการคำนวณค่าฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มของสัญญาณที่มีรูปแบบที่สลับซับซ้อน โดยอาศัยเทคนิคของการสุ่มตัวอย่างฟังก์ชันออกเป็นชุดของอิมพัลส์ขนาดต่าง ๆ โดยมีระยะ

ระหว่างอิมพัลส์แต่ละคู่เท่า ๆ กันมาแทนฟังก์ชันเดิม ผลของการทรานส์ฟอร์มนั้นถือว่าเป็นค่าทรานส์ฟอร์มของฟังก์ชันที่อยู่ในลักษณะรายคาบ ซึ่งในแต่ละคาบนั้นขึ้นอยู่กับช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37 แสดงการสุ่มตัวอย่างฟังก์ชัน $f(t)$ ออกเป็นชุดของอิมพัลส์ [5,6] [32]

จากรูปที่ 2.38 ข้างต้น ระยะระหว่างอิมพัลส์แต่ละจุดมีช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างเท่ากับค่า T โดยสมมติได้ว่าชุดของค่าสุ่มตัวอย่างของฟังก์ชัน $f(t)$ คือ $\tilde{f}(t)$ที่โยงจุดยอดของอิมพัลส์แต่ละคู่ด้วยเส้นตรง รูปโครงร่างที่เกิดจากเส้นตรงที่เชื่อมต่อจุดยอดของอิมพัลส์ทั้งหลายจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับ $f(t)$ เดิมมากน้อยเพียงใดนั้นจะขึ้นกับช่วงห่างการสุ่มตัวอย่าง ทำให้สามารถมั่นใจได้ว่า ถ้าช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างแคบเข้าไปถึงขีดจำกัดขีดหนึ่ง $\tilde{f}(t)$ ก็สามารถแทน $f(t)$ ได้อย่างถูกต้อง

จากชุดของค่าสุ่มตัวอย่าง $\tilde{f}(t)$ ที่ได้มานั้นไม่สามารถใช้เทคนิคการทำฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มในรูปแบบธรรมดาอีกต่อไป จึงต้องพัฒนาการดัดแปลงหาวิธีทรานส์ฟอร์ม โดยอาศัยค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ในอนุกรมฟูเรียร์เข้าช่วย รูปแบบของการทรานส์ฟอร์มจึงมีลักษณะทางเชิงเลขมากกว่าจะเป็นการอินทิกรัล จึงเรียกการทรานส์ฟอร์มในรูปแบบนี้ว่า อนุกรมฟูเรียร์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Fourier Transform) สำหรับการทรานส์ฟอร์มฟังก์ชันทั่วไป สามารถเรียกโดยย่อว่า DFS และ DFT ตามลำดับ

DFS และ DFT ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นใช้นี้ในช่วงแรก ๆ ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากมีปัญหาทางด้านเวลาในการคำนวณเสียเวลามากถึงแม้ว่าจะมีการนำเอา ดิจิตอลคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณก็ตาม ขั้นตอนหรือวิธีการในการคำนวณของ DFS และ DFT แบบต่าง ๆ จึงถูกคิดค้นขึ้นมา เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการคำนวณ ทั้งนี้ แบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเรียกว่า ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอย่างรวดเร็ว (The Fast Fourier Transform)

ทฤษฎีของฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มและทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างได้กำหนดคุณสมบัติและลักษณะของชุดของค่าสุ่มตัวอย่างที่จะทำการทรานส์ฟอร์มว่า ต้องเป็นการทรานส์ฟอร์มค่าสุ่มตัวอย่างจำนวนจำกัดและถ้าเป็นชุดของฟังก์ชันรายคาบ จะถูกนำมาพิจารณาเพียงคาบเดียว และผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดของค่าสุ่มตัวอย่างจำนวนจำกัดเช่นกัน ทั้งนี้ชุดของค่าสุ่มตัวอย่างที่ได้รับจากการทรานส์ฟอร์มแบบ DFS หรือ DFT ก็ตาม จะใช้แทนฟังก์ชันต่อเนื่องธรรมดาที่เป็นผลจากการทำฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มของฟังก์ชันเดิมตามปกติได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่ง DFS และ DFT ที่ได้รับการพัฒนานี้จะอยู่ในรูปผลรวมของพจน์ต่าง ๆ จึงทำให้การคำนวณอยู่ในรูปเชิงเลขที่สามารถใช้เครื่องดิจิตอลคอมพิวเตอร์เข้าช่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6.3 ฟังก์ชันรายคาบ [32]

สมมติว่าฟังก์ชัน $f(t)$ ที่เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องที่มีค่านัยสำคัญอยู่ในช่วงจำกัด $|t|<t_0$ มีฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม $F(s)$ เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องที่มีค่านัยสำคัญอยู่ในช่วงจำกัด $|s|<s_0$ เช่นเดียวกัน

เมื่อ $F(s)$ ถูกสุ่มตัวอย่างจะมีจำนวนของค่าสุ่มตัวอย่างเป็น N ซึ่งระยะระหว่างค่าเท่ากับ $\frac{1}{2t_0}=\frac{2s_0}{N}$ ทำให้ได้ว่า ที่ค่าสุ่มตัวอย่างที่เป็น k จะอยู่ในตำแหน่ง $s=\frac{k}{2t_0}$ และเพื่อให้การวิเคราะห์ทำได้สะดวกขึ้นจะกำหนดสัญลักษณ์ของ $e^{-j2\pi/N}$ เป็น W_N ดังนี้

$$W_N = e^{-j2\pi/N} \tag{2.6}$$

สามารถสรุปได้ว่า การทำอนุกรมฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มได้ ดังนี้

$$F(k)=\sum_{n=0}^{N-1} f(n)W_N^{nk} \qquad \text{ที่ } k=0\pm1\pm2,...,\pm\infty \tag{2.7}$$

และการทำอนุกรมฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มผกผันแสดงได้ ดังนี้

$$F(k)=\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} f(k)W_N^{-nk} \qquad \text{ที่ } k=0\pm1\pm2,...,\pm\infty \tag{2.8}$$

จากสมการที่ 2.7 และสมการที่ 2.8 นั้นสามารถทรานส์ฟอร์มฟังก์ชันรายคาบเฉพาะคาบเดียวที่ได้รับการสุ่มตัวอย่าง โดยอาศัยอนุกรมฟูเรียร์ที่มีสัมประสิทธิ์คือ ค่าสุ่มตัวอย่าง ไปเป็นฟังก์ชันรายคาบที่อยู่ในรูปชุดของค่าสุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ฟังก์ชันไม่ใช่รายคาบ [32]

จากในข้อ 2.6.3 ฟังก์ชันรายคาบที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า DFS ของชุดค่าสุ่มตัวอย่างแบบรายคาบคือ ชุดของค่าสุ่มตัวอย่างแบบรายคาบเช่นกัน ซึ่งเป็นผลให้เกิดปัญหาว่า ถ้าทำการทรานส์ฟอร์มชุดของค่าสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช่รายคาบ ที่ใช้แทนฟังก์ชันที่มีนัยสำคัญอยู่ในช่วงจำกัด ค่าที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มจะยังคงเป็นชุดของค่าสุ่มตัวอย่างที่สามารถแทนค่าฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มของฟังก์ชันเดิมได้อย่างสมบูรณ์หรือไม่ และรูปแบบของการทรานส์ฟอร์มจะเป็นอย่างไร

สมมติว่ามีฟังก์ชันไม่ใช่รายคาบ $f(t)$ ที่มีนัยสำคัญอยู่ในช่วงจำกัด $|t|<t_0$ ถูกสุ่มตัวอย่างออกเป็น N ได้ชุดของค่าสุ่มตัวอย่างเป็น $\tilde{f}(t)$ ที่แทน $f(t)$ ได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้

$$\tilde{f}(t)=\sum_{n=0}^{N-1} f(n)\delta\left(t-\frac{n}{2s_0}\right) \tag{2.9}$$

โดยที่ $F(n)$ เป็นค่าสุ่มตัวอย่างจาก $f(t)$ ที่ $t=\frac{n}{2s_0}$ และ $\frac{1}{2s_0}=\frac{2t_0}{N}$

s_0 เป็น s สุดขอบของ $F(s)$ ซึ่งเป็นฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มของ $f(t)$ อาจจะเปลี่ยนจากการพิจารณาฟังก์ชันไม่ใช่รายคาบไปเป็นฟังก์ชันรายคาบได้ ดังนี้

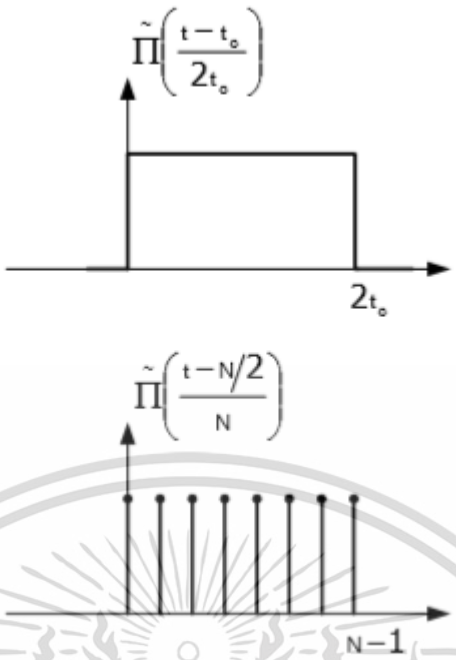
$$\tilde{f}_p(t)=\sum_{m=-\infty}^{\infty}\tilde{f}(t-mN) \tag{2.10}$$

หรือ

$$\tilde{f}(t)=\tilde{f}_p(t)\tilde{\Pi}\left(\frac{t}{N}\right) \tag{2.11}$$

โดยที่ $\tilde{\Pi}\left(\frac{t}{N}\right)$ เป็นชุดของค่าสุ่มตัวอย่างที่ได้จากฟังก์ชันสี่เหลี่ยม $\tilde{\Pi}\left(\frac{t}{2t_0}\right)$ ดังแสดงในรูปที่ 2.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.38 แสดงค่าสุ่มตัวอย่างที่ได้จากฟังก์ชันสี่เหลี่ยม [32]

โดยที่

$$\tilde{\Pi}\left(\frac{t}{N}\right) = \sum_{n=0}^{N-1}\delta(t-n) \tag{2.12}$$

ถ้า $F(s)$ ถูกสุ่มตัวอย่างออกเป็น N ที่รวมเป็นชุด $\tilde{F}(s)$ แทน $F(s)$ ได้อย่างสมบูรณ์ในทำนองเดียวกันจะสามารถเขียนได้ว่า

$$\tilde{F}(s) = \overset{s}{F}_p(s)\tilde{\Pi}\left(\frac{s}{N}\right) \tag{2.13}$$

โดยที่ $\tilde{\Pi}\left(\frac{s}{N}\right)$ มีนิยามคล้าย $\tilde{\Pi}\left(\frac{t}{N}\right)$ คือ

$$\tilde{\Pi}\left(\frac{s}{N}\right) = \sum_{k=0}^{N-1}\delta(s-k) \tag{2.14}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก $\tilde{f}_p(t)$ และ $\tilde{\mathrm{F}}_p(s)$ มีความสัมพันธ์กันผ่านทางค่าสุ่มตัวอย่างของในแบบเชิงเส้นที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

พิจารณา $\tilde{f}(t)$ และ $\tilde{\mathrm{F}}(s)$ ในสมการที่ 2.11 และสมการที่ 2.13 เมื่อค่าสุ่มตัวอย่างของแต่ละชุดจำนวน N ถูกนำไปวางเรียงรายบนเส้นรอบวงของวงกลมวงหนึ่ง ด้วยระยะห่างตามแนวเส้นรอบวงเท่าเดิม กำหนดจุดสังเกตให้หยุดนิ่งที่จุดใดจุดหนึ่ง และหมุนวงกลมไปเรื่อย ๆ ในทิศทางเดียวกัน สิ่งที่ปรากฏ จะเห็นเป็นแถวของค่าสุ่มตัวอย่างในแบบรายคาบหมายความว่าถ้านำสมการที่ 2.11 และสมการที่ 2.13 มาใช้กับกรณี ดังกล่าว จะต้องเปลี่ยนเป็นการทรานส์ฟอร์มเชิงมุม และจำนวนของค่าสุ่มตัวอย่างก็จะเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้

$$F(k) = \begin{cases} \sum_{n=0}^{N-1} f(n) w_N^{kn} & 0 \le k \le N-1 \\ 0 & other \end{cases} \tag{2.15}$$

และ

$$F(k) = \begin{cases} \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(k) w_N^{-kn} & 0 \le n \le N-1 \\ 0 & other \end{cases} \tag{2.16}$$

การทรานส์ฟอร์มเชิงมุมตามสมการที่ 2.15 และสมการที่ 2.16 มีชื่อเรียกตามลำดับว่า ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มไม่ต่อเนื่อง (DFT) ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มผกผันไม่ต่อเนื่อง (IDFT) ซึ่งต่างไปจากชื่อที่ใช้เรียกการทรานส์ฟอร์มของชุดค่าสุ่มตัวอย่างแบบรายคาบ ซึ่งคล้ายคลึงกับการทำฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มต่อเนื่องทั่วไป ผิดกับการทำ DFS ที่ใช้ค่าการทรานส์ฟอร์มเป็นจำนวนอนันต์เข้าลักษณะของอนุกรม

2.6.5 ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอย่างเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT) [32]

เมื่อสามารถพัฒนาเทคนิคการทรานส์ฟอร์มฟังก์ชันที่ได้รับการสุ่มตัวอย่างคือ DFT ให้ใช้กับการคำนวณเชิงเลข โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ ซึ่งเท่ากับเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มเป็นอย่างมาก เพราะทำให้การวิเคราะห์และจัดสรรข้อมูลในงานด้านต่าง ๆ เป็นไปอย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตาม ยังประสบกับปัญหาอันเนื่องจากการคำนวณ DFT ตามนิยามโดยตรงนั้นต้องสิ้นเปลืองเวลามาก เพราะต้องทำการคูณและบวกกันในปริมาณที่เป็นพหุคูณ (ยกกำลัง 2) ของจำนวนของค่าสุ่มตัวอย่างของการกระจายแต่ละชุด (ซึ่งมีจำนวนครั้งของการคูณกันโดยประมาณเท่ากับ N^2) จึงมีผู้คิดค้นเทคนิคในการคำนวณ DFT ที่มีประสิทธิภาพสูงอยู่ตลอดเวลา และในปัจจุบันการทรานส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์มที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือการทำฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอย่างเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT) ซึ่งลดปริมาณการคูณและการบวกลงเหลือเพียง $N\log_2(N)$ ครั้งแทนที่จะเป็น N^2 ครั้งตามปกติ โดยที่ N คือจำนวนของค่าสุ่มตัวอย่าง

เพื่อให้ความเข้าใจใน Fast Fourier Transform: FFT สามารถคำนวณ DFT อย่างมีประสิทธิภาพขึ้น โดยพิจารณาถึงคุณสมบัติของพจน์ w_N เป็นสำคัญดังต่อไปนี้

กำหนดให้ $\tilde{f}(t)$ เป็นชุดของค่าสุ่มตัวอย่างจำนวนจำกัดแบบไม่ใช่รายคาบ (ถ้าเป็นรายคาบสามารถพิจารณาเฉพาะช่วงคาบเดียว) ที่มีค่าสุ่มตัวอย่างจำนวน N ค่า DFT ของ $\tilde{f}(t)$ คือ $\tilde{\mathrm{F}}(s)$ ที่มีค่าสุ่มตัวอย่างที่ k ดังสมการที่ 3.15 และสมการที่ 3.16 ในหัวข้อที่ 2.6.4 แต่ถ้า $f(n)$ อยู่ในรูปเชิงซ้อน สามารถเขียนสมการที่ 2.15 ใหม่ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} F(k) = \sum_n \{ & \mathrm{Re}[f(n)]\mathrm{Re}[w_N^{kn}] - lm[f(n)]lm[w_N^{kn}] \\ & + j[\mathrm{Re}[f(n)]lm[w_N^{kn}] + lm[f(n)\,\mathrm{Re}[w_N^{kn}]\}.k.n = 0,\ldots, N-1 \end{aligned} \tag{2.17}$$

โดยที่ $\mathrm{Re}[*]$ และ $\mathrm{Im}[*]$ คือส่วนจริงและส่วนจินตนาการของค่าเชิงซ้อน การคำนวณค่า $f(k)$ ตามสมการที่ 2.17 ในแบบตรง ๆ แต่ละค่า ต้องการการคูณจริง $4N$ ครั้ง และการบวกจริงอีก $(4N-2)$ ครั้ง ซึ่งทำให้การหา $\tilde{\mathrm{F}}(s)$ ทั้งชุดที่มี N จำนวนครั้งของการคูณจริงและการบวกจริงเป็น $4N^2$ และ $N(4N-2)$ ครั้งตามลำดับ

การลดปริมาณการคูนและบวกกันลง จะทำให้ปัญหาหลักของการคำนวณ DFT ลดลงไปได้ ดังนั้น ถ้าพิจารณาคุณสมบัติของพจน์ w_N^{kn} ทางสมมาตรที่ว่า

$$w_N^{K(N-n)} = (w_N^{Kn})^* = w_N^{-Kn} \tag{2.18}$$

และ

$$w_N^{Kn} = (w_N^{Kn})^* = w_N^{-Kn} \tag{2.19}$$

โดยที่ $k, n = 0,\ldots, N-1$

จะทำให้สมการที่ 2.17 สามารถรวมพจน์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันได้และลดจำนวนครั้งของการคูณกันเพื่อหาค่า $f(k)$ ลดลงไปเกือบครึ่งหนึ่ง นั่นคือ

$$\mathrm{Re}[f(n)]\mathrm{Re}[w_N^{kn}] + \mathrm{Re}[f(N-n)]\mathrm{Re}[w_N^{k(N-n)}] = \{\mathrm{Re}[f(n)] + \mathrm{Re}[f(N-n)]\}\mathrm{Re}[w_N^{kn}] \tag{2.20}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

$$-lm[f(n)]lm[w_N^{kn}]+-lm[f(N-n)]lm[w_N^{k(N-n)}]=\{lm[f(n)]-lm[f(N-n)]\}lm[w_N^{kn}] \quad (2.21)$$

จากเทคนิคการลดจำนวนครั้งในการคูณกันอย่างง่าย ๆ โดยอาศัยคุณสมบัติสมมาตรของ w_N ได้เช่นนี้ จึงเป็นแนวทางอย่างดีต่อการศึกษาและพัฒนาวิธีการคำนวณ DFT ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป นอกจากคุณสมบัติทางสมมตราของ w_N แล้ว ยังมีการพิจารณาและนำเอกข้อดีของ w_N^{kn} ที่มีค่า 0 และ 1 ปรากฏอยู่ด้วยไปลดจำนวนครั้งในการคูณกันลงได้ เพราะถ้ารู้ว่าค่าของ w_N^{kn} เป็น 0 หรือ 1 จะสามารถกำหนดผลลัพธ์ทันทีโดยไม่จำเป็นต้องทำการคูณและบวก อีกทั้งยังอาศัยคุณสมบัติรายคาบของ w_N^{kn} อีกด้วย เพื่อลดปริมาณการคำนวณลงได้มากขึ้น

ลักษณะสำคัญของ FFT คือค่าของ N ต้องไม่มีเลขที่ไม่มีตัวประกอบ (Prime) ในเมื่อ N แยกตัวประกอบได้เป็นเลขจำนวนเล็ก ๆ หลายจำนวนคูณกัน (หรือในรูปของเลข 2 คูณกันหมด จะเป็นลักษณะที่ดีที่สุด) ทำให้สามารถแบ่งชุดของค่าสุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ แต่ละกลุ่มมีจำนวนของค่าสุ่มตัวอย่างเท่ากับค่าของเลขที่เป็นตัวประกอบของ N ตามลำดับ จากนั้นจะทำให้คำนวณ DFT ของแต่ละกลุ่มย่อย เพื่อนำไปคำนวณ DFT ของทั้งหมด ดังจะได้อธิบายโดยละเอียดในลำดับถัดไป เทคนิคในการแบ่งกลุ่มนี้มีชื่อว่า การแบ่งกลุ่มในทางเวลา (Decimation in time) ถ้าค่าสุ่มตัวอย่างที่นำมาแบ่งกลุ่มเป็นค่าในทางเวลา

2.6.6 ขั้นตอนของการคำนวณ DFT (FFT) ที่ใช้การแบ่งกลุ่มในทางเวลา [32]

สมมติว่า $\tilde{f}(t)$ เป็นชุดค่าสุ่มตัวอย่างที่มีอยู่ N ค่าที่สามารถแยกออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ $\frac{N}{2}$ ค่าเท่า ๆ กัน ได้เป็นชุดของค่าสุ่มตัวอย่างย่อย 2 ชุดคือ $\tilde{g}(t)$ และ $\tilde{h}(t)$ จะเป็นค่าที่ถูกเลือกมาจากค่าของ $\tilde{f}(t)$ ในตำแหน่งคู่และคี่ตามลำดับ ซึ่งสามารถได้ดังนี้

$$\tilde{g}(t)=\{f(0),f(2),f(4),....\}=\{g(0),g(1),g(2),...\} \quad (2.22)$$

และ

$$\tilde{h}(t)=\{f(1),f(3),f(5),....\}=\{h(0),h(1),h(2),...\} \quad (2.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ระกว่างค่าสุ่มตัวอย่างที่ r ของ $\tilde{g}(t)$ และ $\tilde{h}(t)$ ได้ ดังนี้

$$g(r) = f(2r) \qquad .r = 0,1,..., \frac{N}{2} - 1 \tag{2.24}$$

และ

$$h(r) = f(2r+1) \qquad .r = 0,1,..., \frac{N}{2} - 1 \tag{2.25}$$

เมื่อแบ่ง $\tilde{f}(t)$ออกเป็น $\tilde{g}(t)$และ $\tilde{h}(t)$ เรียบร้อย จะสามารถคำนวณ DFT ของ $\frac{N}{2}$จุด สำหรับ $\tilde{g}(t)$และ $\tilde{h}(t)$ แต่ละชุดได้ หลังจากนั้นนำมารวมเข้าเป็นค่าทรานส์ฟอร์มสำหรับ DFT ของ $\tilde{f}(t)$โดยอาศัยคุณสมบัติเชิงเส้นของ DFT แล้วทำการแยกผลรวมทางขวามือของสมการที่ 2.15 ออกเป็น 2 ส่วนที่ขึ้นกับค่า n ดังนี้

$$f(k) = \sum_{n=odd} f(n) w_N^{nk} + \sum_{n=event} f(n) w_N^{nk} \tag{2.26}$$

ให้ n ที่เป็นเลขคู่ $= 2r$ และ n ที่เป็นเลขคี่ $= 2r+1$ โดยที่ $r = 0,1,..., \frac{N}{2} - 1$ ดังนั้นสมการที่ 2.26 จะเปลี่ยนเป็น

$$f(k) = \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} f(2r) w_N^{2rk} + \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} f(2r+1) w_N^{(2r+1)k} \tag{2.27}$$

และจากความสัมพันธ์ของ $w_N^2 = w_{\frac{N}{2}}$ จะสามารถเขียนสมการที่ 2.27 ใหม่ได้ ดังนี้

$$f(k) = \sum_r g(r) w_{\frac{N}{2}}^{rk} + w_N^k \sum_r h(r) w_{\frac{N}{2}}^{rk} \tag{2.28}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

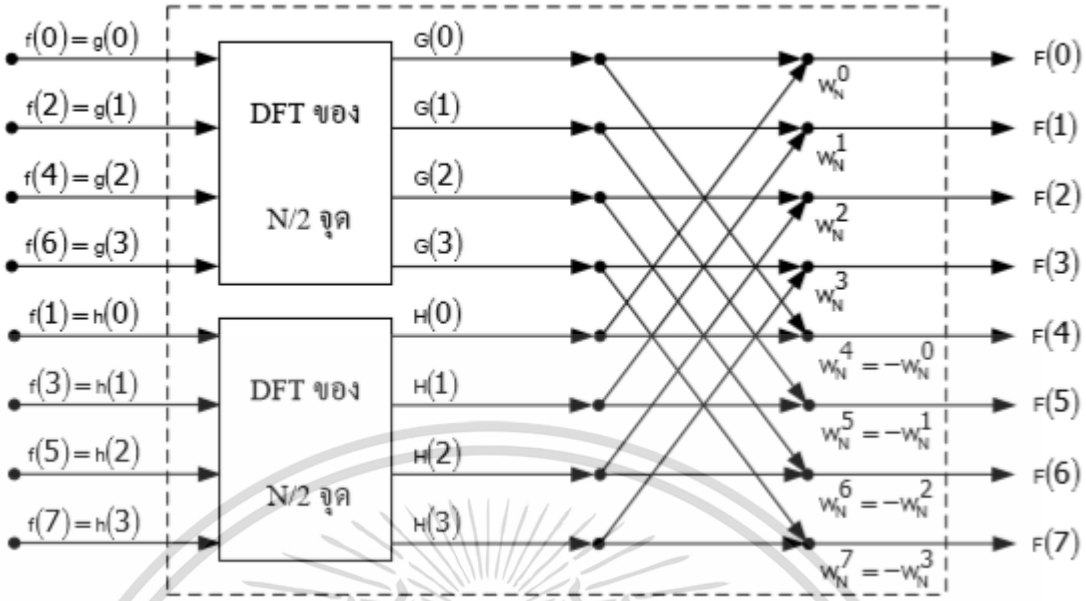
จากความสัมพันธ์ของการเป็นรายคาบของ $w_{\frac{N}{2}}^{rk} = w_{\frac{N}{2}}^{r(k+\frac{N}{2})}$ กับ $w_N^k = -w_N^{\left(k+\frac{N}{2}\right)}$ ทั้งนี้ ขณะที่ k เปลี่ยนค่าตั้งแต่ 0 ถึง $N-1$ ทำให้ $\sum_r g(r)w_{\frac{N}{2}}^{rk}$ และ $\sum_r h(r)w_{\frac{N}{2}}^{rk}$ มีการกระจายของแต่ละชุดเป็นคาบ 2 คาบที่มีลักษณะเหมือนกัน คาบแต่ละคาบมีจำนวนของค่าสุ่มตัวอย่างเป็น $\frac{N}{2}$ หมายความว่านิยามของ DFT นำมาใช้กับการทรานสีฟอร์มที่ปรากฏทางขวามือของสมการที่ 2.28 ได้ ซึ่งทำการทรานส์ฟอร์มเพียง $\frac{N}{2}$ ค่าก็พอ จึงเรียกขั้นตอนนี้ว่า การคำนวณ DFT ของ $\frac{N}{2}$ จุดของ $\tilde{g}(t)$ และ $\tilde{h}(t)$

ถ้ากำหนดให้ $\tilde{G}(s)$ และ $\tilde{H}(s)$ เป็น DFT ของ $\frac{N}{2}$ จุดของ $\tilde{g}(t)$ และ $\tilde{h}(t)$ ตามลำดับ $G(k)$ และ $H(k)$ เป็นค่าสุ่มตัวอย่างที่ k ของ $\tilde{G}(s)$ และ $\tilde{H}(s)$ สมการที่ 2.28 จะเขียนอยู่ในรูป

$$f(k) = G(k) + w_N^k H(k) \tag{2.29}$$

จากสมการที่ 2.29 จะเห็นได้ว่า เวลาที่ใช้คำนวณ DFT ของ N จุดโดยเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบขั้นเดียวดังกล่าวนี้ เท่ากับสองเท่าของการคำนวณ DFT ของ $\frac{N}{2}$ จุดรวมกับจำนวนครั้งในการคูณกันของ $H(k)$ และ w_N^k อีก N ครั้ง จึงเป็น $N+2\left(\frac{N}{2}\right)^2$ แทนที่จะเป็น N^2 ซึ่ง $N^2 > N+2\left(\frac{N}{2}\right)^2$ ถ้า $N>2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



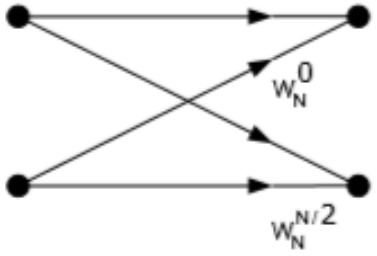
รูปที่ 2.39 แสดงหลักการคำนวณฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มแบบไม่ต่อเนื่อง [32]

รูปที่ 2.40 เป็นกราฟของสัญญาณที่แสดงขั้นตอนของการคำนวณ DFT แบบแบ่งกลุ่มในทางเวลา ที่เปลี่ยนจากการคำนวณ DFT ของ N จุดเป็นการคำนวณ DFT ของ $\frac{N}{2}$ จุด 2 ชุดแทน (ในรูปใช้ $N=8$) เส้นกราฟใดไม่มีค่าอัตราขยายกำกับ แสดงว่ามีค่าเท่ากับ 1 ในขณะที่จุดรวมแต่ละจุดภายในกราฟคือ จุดที่สัญญาณวิ่งมาพบและรวมกัน อัตราขยายที่กำกับอยู่บนกราฟเส้นใดจะกลายเป็นตัวคูณของสัญญาณที่วิ่งไปบนกราฟเส้นนั้น ๆ

ในทำนองเดียวกัน ถ้า $\frac{N}{2}$ มีค่าเป็นเลขคู่เช่นกัน จะสามารถแยกกลุ่ม $\tilde{g}(t)$ และ $\tilde{h}(t)$ ออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ลงไปได้อีก การคำนวณ DFT ของ N จุดจึงเปลี่ยนเป็นการคำนวณ DFT ของ $\frac{N}{4}$ จุด 4 ชุดแทน ซึ่งจะเห็นได้ว่า การแบ่งกลุ่มจะถูกทำไปเรื่อยตราบเท่าที่ N ยังสามารถแยกตัวประกอบได้

ในกรณีพิเศษที่ N เป็นค่าของ 2 ยกกำลังเท่านั้น $(N=2^{\alpha})$ จะสามารถทอนการคำนวณ DFT ของ N จุดลงไปเหลือเพียงการคำนวณ DFT ของจุดทั้งหมด $2^{\alpha-1}$ ชุด และมีการคูณเชิงซ้อนรวม $\alpha 2^{\alpha}$ หรือ $N\log_2 N$ ครั้ง ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนในการคำนวณที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด (ใช้เวลาในการคำนวณน้อยมาก) และสามารถพิจารณาได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.40 แสดงหลักการคำนวณฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม แบบไม่ต่อเนื่องเมื่อ N เป็นค่าของ 2 ยกกำลัง [32]

ถ้าจะคำนวณค่าของ w_N^{kn} บางค่าที่เป็น 0, 1 และ -1 ซึ่งทำให้ไม่มีความจำเป็นต้องทำการคูณนั้น จะทำให้จำนวนของการคูณลดลงไปได้อีกมาก

2.6.7 การแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) [35]

ฟังก์ชัน $F(\omega)$ ในสมการ $F(\omega)=\int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t}dt$ ถูกเรียกว่าการแปลงฟูเรียร์และการอินทิกรัล (Intergral) จะใช้สัญลักษณ์ F นั่นคือ

$$F(\omega)=F[f(t)]=\int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t}dt \tag{2.30}$$

ในทำนองเดียวกันสัญลักษณ์ F^{-1} เป็นสัญลักษณ์แทนขบวนการที่กลับกันเพื่อให้ได้ $f(t)$ จาก $F(\omega)$ นั่นคือ

$$f(t)=F^{-1}[F(\omega)]=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{j\omega t}d\omega \tag{2.31}$$

และ $f(t)$ ถูกเรียกว่าเป็นการแปลงฟูเรียร์ย้อนกลับของ $F(\omega)$ สมการ (2.30) และ สมการ (2.31) ถูกเรียกว่าเป็นคู่การแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform Pair)

เงื่อนไขสำหรับการหาค่าได้ของ $F(\omega)$ คือ

$$\int_{-\infty}^{\infty}|f(t)|dt<\infty \tag{2.32}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือ $f(t)$ สามารถถูกอินทิเกรตได้แบบแอบโซลูท (Absolute)

2.6.8 การอินทิกรัลของฟังก์ชัน (Integral of Function)

อินทิกรัล (Intergral) คือ ผลลัพธ์ของการคำนวณแบบอินทิเกรต (Intergration) คือการคำนวณฟังก์ชันโดยทั่ว ๆ ไป เช่น การคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟ การหาแรงกระทำต่อวัตถุ เป็นต้น โดยอินทิกรัลสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ อินทิกรัลจำกัดเขต (Definite Integral) และ อินทิกรัลไม่จำกัดเขต (Indefinite Integral)

1. อินทิกรัลไม่จำกัดเขต (Indefinite Integral) [33]

ในกระบวนการที่จะหา $f(x)$ จากอนุพันธ์ $f'(x)$ ที่กำหนด พร้อมทั้งค่าคงที่อีกหนึ่งค่าของ $f(x)$ นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน ซึ่งขั้นตอนแรกเป็นการหาปฏิยานุพันธ์ของ f (Anti-Derivative) ทั้งหมด สำหรับขั้นตอนที่สองเป็นการหาอนุพันธ์ที่สอดคล้องกับค่าที่กำหนดให้

นิยาม กำหนดฟังก์ชัน $f(x)$ และอนุพันธ์ของ $f(x)$ หรือ $f'(x)$ สำหรับทุกค่า x ที่อยู่ในโดเมนของ f ทั้งหมดจะเรียกว่าเป็นอินทิกรัลไม่จำกัดของ f เทียบกับ x เขียนแทนด้วย $\int f(x)dx$

ทฤษฎีบท กำหนดฟังก์ชัน $f(x)$ และ $F(x)$ เป็นปฏิยานุพันธ์ของ $f(x)$ อินทิกรัลไม่จำกัดของ f เทียบกับ x จะเท่ากับผลบวกของ $F(x)$ กับค่าคงที่ นั่นคือ $\int f(x)dx = F(x) + C$

ค่า C เรียกว่าเป็นค่าคงที่ของการอินทิเกรชัน (Constant of Integration) หรือค่าคงที่ไม่เจาะจง (Arbitrary Constrant)

1.1 กฎของอินทิกรัลไม่จำกัด

- กฎการคูณด้วยค่าคงที่ $\int kf(x)dx = k\int f(x)dx, k$ เป็นจำนวนจริง
- กฎการบวกและลบ $\int f(x) \pm g(x)dx = \int f(x)dx \pm \int g(x)dx$

เทคนิคของการอินทิกรัล (Integration Technique)

การหาอินทิกรัลไม่จำกัดสำหรับบางฟังก์ชัน เช่น $\ln x$ การที่จะหาปฏิยานุพันธ์ของ $\ln x$ หรือหาว่า $f(x)$ ใดที่มีอนุพันธ์คือ $\ln x$ ไม่ใช่เป็นสิ่งที่ง่าย ดังนั้น การหาอินทิกรัลไม่จำกัดของเขตสำหรับบางฟังก์ชันจำเป็นต้องมีเทคนิคหรือวิธีการโดยเฉพาะ คือ วิธีการเปลี่ยนตัวแปร (Substitution Method), วิธีเศษส่วนย่อย (Partial Fraction Method), วิธีแยกส่วน (By Part Technique) และวิธีการแทนค่าด้วยฟังก์ชันตรีโกณมิติ (Trigonometric Substitution)

1. วิธีการเปลี่ยนตัวแปร (Substitution Method)

สำหรับอินทิกรัลไม่จำกัดที่อยู่ในรูปของ $\int f(g(x))g'(x)dx$ โดยที่ f และ g' เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องนั้นมีวิธีการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 กำหนดให้ $u = g(x)$ และ $du = g'(x)$ ซึ่งจะทำให้ได้ว่า
$\int f(g(x))g'(x)dx = \int f(u)du$

1.2 หาอินทิกรัลไม่จำกัดเทียบกับตัวแปร u

1.3 แทนค่า u ด้วย $g(x)$

2. วิธีเศษส่วนย่อย (Partial Fraction Method)

วิธีนี้จะอาศัยหลักการที่เศษส่วนของฟังก์ชันที่จะหาอินทิกรัลที่ประกอบด้วยหลายเทอมคูณกันอยู่นั้น สามารถแยกย่อยออกเป็นผลบวกของฟังก์ชันที่มีเศษส่วนย่อย ดังนั้น แทนที่จะหาอินทิกรัลของฟังก์ชันที่มีเศษส่วนเดิม ก็จะหาอินทิกรัลของฟังก์ชันที่เป็นเศษส่วนย่อย ๆ เหล่านั้น

3. วิธีแยกส่วน (By Part Technique)

วิธีแยกส่วน เป็นเทคนิคของการหาอินทิกรัลของฟังก์ชันที่อยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันที่ค่อนข้างมีความซับซ้อนหรือไม่สามารถหาอินทิกรัลได้โดยตรง ซึ่งทั้งนี้การใช้วิธีนี้ต้องจัดรูปแบบอินทิกรัลให้เป็นแบบ $\int udv$ โดยที่ u และ v เป็นฟังก์ชันของ x ทั้งนี้จากวิธีแยกส่วนจะได้ว่า

$$\int udv = uv - \int vdu \tag{2.33}$$

4. วิธีการแทนค่าด้วยฟังก์ชันตรีโกณมิติ (Trigonometric Substitution)

สำหรับการหาอินทิกรัลของฟังก์ชันที่อยู่ในรูปของ $\sqrt{a^2+x^2}, \sqrt{a^2-x^2}$ หรือ $\sqrt{x^2-a^2}$ สามารถหาค่าอินทิกรัลโดยการเปลี่ยนตัวแปร x ให้อยู่ในฟังก์ชันตรีโกณมิติ กล่าวคือถ้าอยู่ในรูปของ

$\sqrt{a^2+x^2}$ จะให้ $x = \tan\theta$ (2.34)

$\sqrt{a^2-x^2}$ จะให้ $x = \sin\theta$ (2.35)

$\sqrt{x^2-a^2}$ จะให้ $x = \sec\theta$ (2.36)

2. อินทิกรัลจำกัดเขต (Definite Integral) [33]

นิยาม กำหนด f เป็นฟังก์ชันที่หาปฏิยานุพันธ์ได้ช่วง $[a,b]$ และ $F(x)$ เป็นปฏิยานุพันธ์ของ f จะกล่าวได้ว่าอินทิกรัลแบบจำกัดของ f ในช่วง $[a,b]$ เขียนแทนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a) \tag{2.37}$$

ทฤษฎีบท กฎของอินทิกรัลแบบจำกัด

1. $\int_a^b f(x)dx = -\int_b^a f(x)dx$ (2.38)

2. $\int_a^a f(x)dx = 0$ (2.39)

3. $\int_a^b kf(x)dx = k\int_a^b f(x)dx, k$ เป็นจำนวนจริง (2.40)

4. $\int_a^b f(x) \pm g(x)dx = \int_a^b f(x)dx \pm \int_a^b g(x)dx$ (2.41)

5. $\int_a^b f(x)dx + \int_b^c f(x)dx = \int_a^c f(x)dx$ (2.42)

2.6.9 การประยุกต์ใช้อินทิกรัล (Application of Integrals) [33]

ในการนำเอาอินทิกรัลไปประยุกต์ใช้นั้นมีในหลากหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น การหาค่าความยาวของเส้นโค้ง การหาพื้นที่ระหว่างเส้นโค้ง การหาปริมาตรของรูปทรงต่าง ๆ เป็นต้น

1. การหาพื้นที่ใต้เส้นโค้ง

ในการหาพื้นที่ที่อยู่ระหว่างเส้นโค้ง เส้นโค้ง $y = f(x)$ ในช่วงที่ n มีค่าอยู่ในช่วง $[a,b]$ นั้น สามารถนำเอาการอินทิกรัลแบบจำกัดเขตไปประยุกต์ใช้ได้ ทั้งนี้ พื้นที่ดังกล่าวจะหาได้จาก

$$\int_a^b f(x)dx \tag{2.43}$$

2. การหาพื้นที่ระหว่างเส้นโค้ง

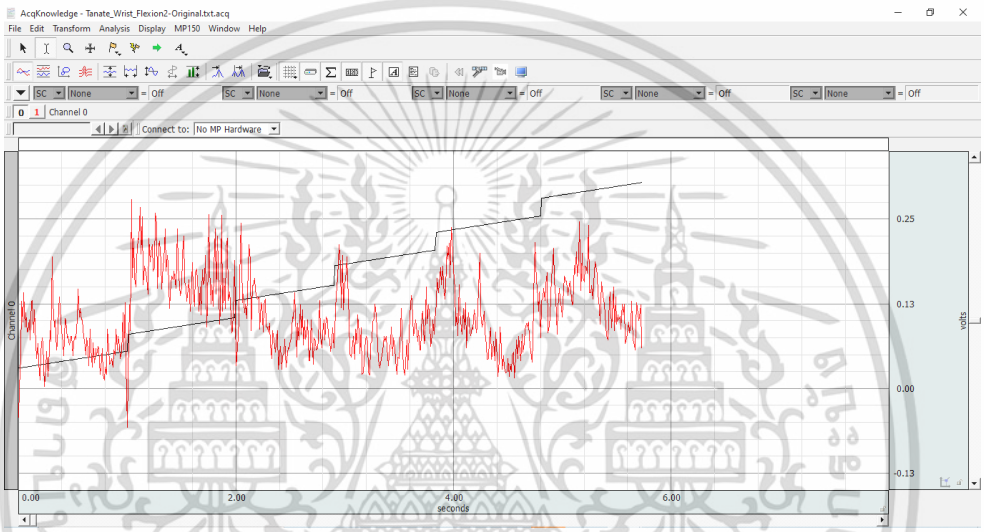
การหาพื้นระหว่างเส้นโค้ง $y = f(x)$ กับเส้นโค้ง $y = g(x)$ โดยที่ $f(x) \geq g(x)$ ในช่วง $[a,b]$ นั้น หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\int_a^b f(x) - g(x)dx \tag{2.44}$$

2.6.9 โปรแกรม Acknowledge 4.2 [34]

โปรแกรม acknowledge 4.2 เป็นหนึ่งโปรแกรมในการวัดสัญญาณ วิเคราะห์สัญญาณ และแปลงข้อมูลได้ทันที ซึ่งในการวัดสัญญาณสามารถเชื่อมต่อกับเครื่อง BIOPAC และสามารถนำเข้าข้อมูลสัญญาณจากเครื่องอื่น ๆ เพื่อสามารถนำมาวิเคราะห์ภายในโปรแกรมได้



รูปที่ 2.41 หน้าต่างโปรแกรม acknowledge 4.2

โดยโปรแกรม acknowledge 4.2 มีคุณลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

- คุณลักษณะของหน้าต่างของโปรแกรม (Display Features) — ระบบตารางแบบกริด, journal facility for note taking, textual event markers, และเครื่องมือในการวัด

- คุณลักษณะในการวิเคราะห์ (Analysis Features) — ค่าเฉลี่ยของสัญญาณ, การกรองสัญญาณ, การวิเคราะห์ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอย่างเร็ว (FFT), ฮิสโตแกรม, รูปแบบการวิเคราะห์, การหาจุดพีคของสัญญาณ, และการคำนวณเพื่อสร้างสัญญาณ เป็นต้น

- คุณลักษณะของส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (User-Interface Features)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 เกมและทฤษฎีการออกแบบเกม [10]

เกม เป็นลักษณะของกิจกรรมของมนุษย์เพื่อประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น เพื่อความสนุกสนานบันเทิง ฝึกทักษะ และการเรียนรู้ เป็นต้น ในบางครั้งอาจใช้เพื่อประโยชน์ทางการศึกษา ซึ่งเกมประกอบด้วยเป้าหมาย กฎเกณฑ์ การแข่งขันและปฏิสัมพันธ์ เกมมักจะเป็นการแข่งขันทางจิตใจหรือด้านร่างกาย หรือทั้งสองอย่างรวมกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดพัฒนาการของทักษะ ใช้เป็นรูปแบบของการออกกำลังกาย หรือการศึกษา บทบาทสมมุติและจิตศาสตร์ เป็นต้น

2.7.1 กลเกม

กลเกม คือ ข้อกำหนดวิธีการเล่นของเกม เพื่อให้ผู้เล่นปฏิบัติตามและบรรลุเป้าหมายของเกมนั้น ๆ ซึ่งโดยปกติแล้ว กลเกมจะเป็นตัวกำหนดวิธีการเล่น ซึ่งมีพื้นฐานดังนี้

1. การเสี่ยงโชค คือการสุ่มโอกาสการ เกิดของผลลัพธ์ที่ผู้เล่นไม่สามารถควบคุมได้ ส่วนใหญ่จะใช้การทอดลูกเต๋า การจั่วไพ่ ซึ่งมักจะใช้ในการเคลื่อนตำแหน่ง หรือเพื่อการต่อสู้ ระหว่างผู้เล่นและเพื่อการแก้ปัญหาในเกม ดังแสดงในรูปที่ 2.42

รูปที่ 2.42 เกมบันไดงู [10]
(ที่มา: https://sites.google.com/site/kittikasrijeam/2-game-design)

2. ทักษะการเจรจา คือการแสดงออกโต้ตอบระหว่างผู้เล่นว่า ควรร่วมมือกันเพื่อให้ความช่วยเหลือกันในสถานการณ์ใด และเมื่อไหร่ที่ควรหันมาต่อสู้กัน เพื่อเป็นผู้ชนะในเกม ดังแสดงในรูปที่ 2.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.43 เกม Dream Girlfriend [25]
(ที่มา : http://dreamgirlf.com/pc/?)

3. การจัดการทรัพยากร การจัดการทรัพยากร เป็นเกมที่ผู้เล่นจะได้รับสินทรัพย์มาโดยจะต้องรู้จักใช้เพื่อบรรลุ เป้าหมาย ผู้เล่นที่ใช้สินทรัพย์หมดเร็วก็จะหมดโอกาส ในการเล่นต่อ ดังแสดงในรูปที่ 2.44

รูปที่ 2.44 เกม SimCity BuildIt [26]
(ที่มา: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ea.game.simcitymobile_row&hl=th)

4. การควบคุมอาณาเขต การควบคุมอาณาเขตนั้น ผู้เล่นต้องรู้จักปกป้องและพัฒนาพื้นที่ที่ครอบครอง ผู้เล่นคนใดมี อาณาเขตมาก ก็จะมีโอกาสชนะในเกมนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เป้าหมายและรางวัล

เป้าหมายในเกมอาจจะหมายถึง การขจัดผู้เล่นอื่นให้ออกจากเกมไป การเก็บแต้ม การชนะการประลอง หรือการเก็บชิ้นส่วนวัตถุที่หายไปจนครบ

เกมในยุคสมัยใหม่ทั้งดิจิตอลและไม่ใช่ดิจิตอล จะมีหลักการที่ไม่ใช้การเอาชนะด้วยการได้รางวัลเพียงอย่างเดียว แต่ถูกออกแบบเพื่อให้ผู้เล่นทั้งหมดในเกมได้ สนุกสนานขณะเล่น ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก เพราะผู้เล่นมักต้องการประสบการณ์ที่สนุก และมีความท้าทายจากการเล่นเกมเป็นหลัก มากกว่าการคำนึงถึงผลลัพธ์ของการเล่น

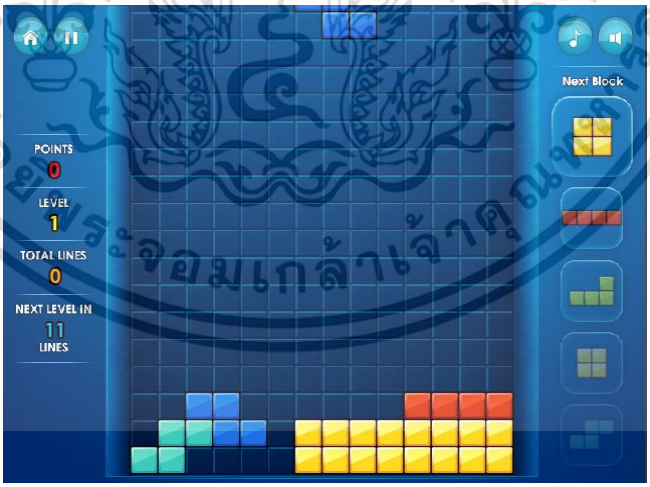
2.7.2 ประเภทเกม

เกมไขปริศนา (Puzzle Game)

อาจจะเป็นเกมที่มีการเล่นอย่างแพร่หลายมากที่สุดเกมหนึ่ง เช่น เกม Solitaire (เกมไพ่) หรือ เกม Tetris เกมไขปริศนาเป็นเกมที่สามารถเล่นได้ง่ายแม้เล่นเพียงคนเดียว อีกทั้งยังเหมาะ ที่จะเป็นกิจกรรมสำหรับเวลาว่าง แม้กระทั่งสำหรับช่วงพักจากการทำงาน เกมประเภทนี้ยังคงเป็น ที่นิยมในสังคม ไม่ว่าความสามารถของเกมดิจิตอลจะพัฒนาไปอย่างก้าวกระโดดแค่ไหนก็ตาม แม้ ในปัจจุบันจะมีการปรับแต่งเกมไขปริศนาให้มีความหลากหลาย แต่ก็สามารถแบ่งเกมไขปริศนาเป็น ประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. **การไขปริศนาจากการเชื่อมโยงรูปร่าง (Shape association puzzle)**

ตัวอย่างที่เป็นที่รู้จักของเกมประเภท นี้ ได้แก่ เกม Tetris ที่ถูกสร้างขึ้นโดย Alxey Pajitnoy ในปี ค.ศ. 1985 ด้วยคอมพิวเตอร์ของ บริษัท IBM โดย Tetris ได้สร้างปรากฏการณ์ ของเกมประเภทนี้ไปทั่วโลก มีการเลียนแบบ ดัดแปลงมากมาย ดังแสดงในรูปที่ 2.45



รูปที่ 2.45 เกม Tetris [27]
(ที่มา : https://th.y8.com/games/box_blocks)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เกมไขปริศนาจากสิ่งก่อสร้าง (Building Puzzles)

ในปี ค.ศ. 1989 เกม Pipe mania เป็น เกมแรกที่นำเสนอวิธีการเล่นที่ผู้เล่นต้องไขปริศนาจากการสร้างท่อส่งน้ำ โดยเริ่มจากการสุ่มทิศทาง เริ่มของท่อในเกม เพื่อให้ผู้เล่นต่อท่อจากจุดเริ่ม ต้นให้ของเหลวไหลผ่านไปยังจุดสิ้นสุดในแต่ละ ด่าน และได้มีการดัดแปลงเป็นเกมอื่น ๆ มากมาย

3. เกมเขาวงกต (Maze games)

เกมเขาวงกตและความซับซ้อนท่ามกลางรูปแบบที่เก่าแก่ที่สุดของเกมไขปริศนา เริ่มต้นเกม Sokoban โดย Hiroyuki Imabayashi ที่เผยแพร่ในปี ค.ศ. 1982 ซึ่งเป็นเกมเกี่ยวกับผู้ดูแลคลังสินค้า ในการเล่น ผู้เล่นจะต้องเลื่อนกล่องไปตามทางของเขาวงกตให้ไปในทางที่ถูกต้อง ซึ่งการ เลื่อนกล่องจะสามารถทำให้ผู้เล่นพลาดด้วยการเลื่อนกล่องไปติดตามมุมต่าง ๆ ได้ง่าย ซึ่งในการ แก้ปัญหาของเกม ผู้เล่นจะต้องเลื่อนกล่องได้อย่างถูกต้อง โดยในปัจจุบันได้มีเกมประเภทนี้ออก วางขายในตลาดมากมาย จากตัวอย่างข้างล่าง เป็นตัวอย่างของเกมที่ตัวละครหลักคือกบ จะต้อง หนีออกจากใบบัวที่อาศัยอยู่

4. เกมยิง (Shooting games)

เป็นเกมที่เล่นด้วยการยิงเป็นหลัก เช่น เกมยานยิง ที่ผู้เล่นจะเน้นการยิงที่เกิดขึ้นรวดเร็ว ในขณะที่ฝ่ายศัตรูก็มักจะพุ่งมาโจมตีผู้เล่นโดยตรง ซึ่งต่างก็มีเป้าหมายเดียวกัน คือ ทำลายทั้งสองฝ่ายให้เร็วที่สุด เกมแรกของเกมประเภทนี้ คือ เกม Space War ที่จำหน่ายครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1962 บน เครื่องเกม DEC PDP-1 ซึ่งเป็นระบบของคอมพิวเตอร์ในยุคแรกๆ ที่สร้างโดย Stephen “Slug” Russell

นอกจากนี้ เกม Space War ยังเป็นเกมประเภท Shooting เกมแรกและยังเป็นเกมคอมพิวเตอร์เกมแรกของโลกอีกด้วย

5. แพลตฟอร์มเกม (Platform games)

แพลตฟอร์มเกมเป็นอีกประเภทหนึ่งของเกมคอมพิวเตอร์ที่ยังคงได้รับความนิยมอย่าง มาก ไม่ว่าจะเป็นเกมเก่าตั้งแต่ Donkey Kong หรือ Sonic ซึ่งตัวละครเอกที่เป็นสัญลักษณ์ของ เกม (Mascot) เช่น Sonic และ Mario ซึ่งอาศัยการบุกตะลุยใน ฉากที่ดูมีชีวิตชีวา กระโดดข้าม สิ่งกีดขวางที่มี และหลบหลีกอุปสรรคต่างๆ ที่โดยทั่วไปของเนื้อเรื่องมักจะมีสิ่งของที่ตัวละครฝ่าย ร้ายขโมยไป หรือเป็นการช่วยเหลือตัวละครหลักที่อยู่ในอวกาศให้กลับมายังโลกอย่างปลอดภัย

6. เกมวางแผน (Strategy games)

เกมวางแผนมักจะกำหนดให้ผู้เล่นเป็นผู้ควบคุมตัวละครและพื้นที่แหล่งทรัพยากร เช่น แร่ทอง เพชร หรือป่าไม้ และสร้างกองกำลังของตนเองเพื่อรบในสงครามกับประเทศหรือเมือง คู่แข่ง ผู้เล่นจะต้องวิเคราะห์ทรัพยากรหรือยูนิตต่าง ๆ ของคู่แข่ง พร้อมสร้างยูนิตที่ได้เปรียบคู่แข่ง ประกอบกับต้องรู้จักการกักตุนและการใช้ทรัพยากรที่เหมาะสม เกมประเภทนี้นั้นจะต้องอาศัยระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่ฉลาด เพื่อทำให้ผู้เล่นรู้สึกเกิดความสนุกในการบังคับยูนิตในการเดิน หรือ หลบหลีกศัตรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เกมกีฬา (Sporting games)

เป็นเกมจำลองการเล่นกีฬา เช่น เกมฟุตบอล เกมสเก็ตบอร์ด เกมชกมวย และเกมแข่งรถ เกมประเภทนี้จะมีลักษณะคล้ายกับการจำลองหรือการทำ Simulation ผู้เล่นมักจะชอบความเหมือนจริง เพื่อสร้างอารมณ์ร่วมกับเกม นอกจากประเภทของเกมที่แบ่งตามวิธีการเล่นแล้ว เรายังสามารถแบ่งเกมตามจำนวน ผู้เล่นได้อีก ได้แก่

8. เกมสำหรับหนึ่งผู้เล่น (Single Player)

เกมที่สร้างสำหรับผู้เล่นแบบหนึ่งคน จะพุ่งประเด็นไปที่การออกแบบที่ให้ความบันเทิงแก่ ผู้เล่น ซึ่งอาจจะต้องมีเนื้อเรื่องที่น่าสนใจ เช่น การต่อสู้ การผจญภัย ทำให้ผู้เล่นไม่รู้สึกเบื่อหน่าย

9. เกมสำหรับหลายผู้เล่น (Multi Player Game)

เกมสำหรับหลายผู้เล่นทำให้ผู้เล่นสามารถเล่นกับตัวละครที่ถูกควบคุมด้วยผู้เล่นอีกคน ทำให้เกมมีรูปแบบที่หลากหลายกว่าเล่นกับศัตรูด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์

เกม Ragnarok เป็นตัวอย่างของเกมประเภทนี้ ซึ่งผู้เล่นสามารถสวมบทบาทของตัวละคร ที่มีความสามารถและพลังที่แตกต่างกันออกไป โดยถูกกำหนดจากค่าประสบการณ์ของผู้เล่น ส่วนคอมพิวเตอร์จะมีหน้าที่ควบคุมปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในเกม เพื่อเติมให้โลกของเกมสมบูรณ์ สร้างเควส การซื้อขาย และทำหน้าที่โจมตีผู้เล่น

2.7.3 การออกแบบเกม (Game Design)

ในการออกแบบเกมจะประสบความสำเร็จนั้น นอกจากจะมีเทคนิคที่ดีแล้ว หลักการออกแบบเกมนั้นก็เป็นส่วนสำคัญที่สุดส่วนหนึ่งเลยทีเดียว ซึ่งตามหลักการทำเกมแล้ว การออกแบบเกมจะประกอบไป ด้วยส่วนสำคัญ 6 ส่วน ดังนี้

1. เนื้อเรื่อง (Story)

เนื้อเรื่อง เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่ง กล่าวคือ เนื้อเรื่องเป็นการกำหนดขององค์ประกอบทั้งหมดในเกมเข้าด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นอาร์ตเวิร์ก อินเตอร์เฟซ วิธีการเล่น ฯลฯ ดังนั้น เนื้อเรื่องที่ดีควรทำให้ผู้เล่นเกิดความรู้สึกร่วมกับตัวละคร โดยเราสามารถจิตนาการเนื้อเรื่อง เสมือนกับว่าเรากำลังเขียนบทภาพยนตร์ ซึ่งเนื้อเรื่องที่ดีจะทำให้เกมมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

2. อาร์ตเวิร์ก (Artwork)

การสร้างแนวคิด หรือรูปแบบ (theme) จากการออกแบบ ตัวละคร ฉากหลังยูนิตต่าง ๆ ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบเกม เพื่อพัฒนาภาพรวม หรือ ความรู้สึกของเกม

3. อินเตอร์เฟซ (Interface)

เกมดิจิตอลทั้งหมดนั้นล้วนใช้อินเตอร์เฟซเพื่อให้ผู้เล่นใช้งาน โดยทั่วไปในการเริ่มต้นเกม ผู้เล่นจะต้องทำการโหลดเกม และจะต้องหาจุดเริ่มต้นว่าควรเริ่มเล่นจากตรงไหน แล้วมีฟังก์ชั่นอะไรให้ใช้ได้บ้าง อินเตอร์เฟซที่ดีจะต้องนำเสนอข้อมูลให้กับผู้เล่นได้ แม้ในขณะที่กำลังเล่นเกมอยู่โดยปกตินั้น เกมส่วนมากจะใช้ Graphical User Interface หรือ GUI อยู่ด้านบนของจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีการเล่นเกม (Game Play)

วิธีการเล่นเกม เป็นปัจจัยที่สำคัญในขั้นตอนการออกแบบ ซึ่งมักเป็นโอกาสที่ดีที่จะนำเสนอความคิดของวิธีเล่น เพื่อให้เกิดแนวเกมใหม่ๆ ที่มีความแตกต่าง หรือแม้แต่การพัฒนาสิ่งใหม่ๆ ขึ้นมาทั้งหมด ให้ต่างออกไปจากเกมที่เคยมีมากก่อน เพื่อให้ผู้เล่นได้สัมผัสประสบการเล่นใหม่ๆ เช่น เกม Angry Bird เป็นเกมที่นำเสนอวิธีการเล่นโดยการยิงตัวละครแบบวิถีแบบโปรเจ็กไตล์ (Projectile) ตามหลักการทางฟิสิกส์

5. การออกแบบระดับการเล่นเกม (Level Design)

เกมที่ดีควรจะมีการเพิ่มระดับความยากแบบค่อยเป็นค่อยไป เพื่อทำให้ผู้เล่นไม่รู้สึกว่ายากเกินไป โดยจะต้องออกแบบเนื้อเรื่องสัมพันธ์กันเพื่อให้เกิดความท้าทายกับผู้เล่น

6. เสียบประกอบ (Audio)

เสียง เป็นสิ่งประกอบที่ทำให้ผู้เล่นเกมอารมณ์ร่วมในการเล่นมากยิ่งขึ้น เช่น เสียงประกอบฉากเกมแนวผจญภัย เสียงขณะยิงกระสุน เป็นต้น

2.7.4 องค์ประกอบของการออกแบบเกม

1. ความท้าทาย (Challenge) คือสิ่งที่ผู้เล่นต้องเผชิญในเกม นักออกแบบเกมจะต้องรู้และออกแบบความท้าทายให้เหมาะสมกับประเภทของเกม เพราะประเภทของเกมที่ผู้เล่นเลือกเล่นจะสอดคล้องกับความท้าทายที่ผู้เล่นคาดหวังจะได้รับ สามารถแบ่งความท้าทายได้ 6 ประเภทใหญ่ ซึ่งในความเป็นจริงทุกเกมเกิดจากการผสมความท้าทายแบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

1.1 **ความท้าทายจากสติปัญญา** ผู้เล่นต้องพยายามแก้ปัญหาเฉพาะหน้า โดยใช้เครื่องมือที่เตรียมไว้ให้ในการแก้ปัญหา ไม่แม้แต่อุปกรณ์ในฉากแต่หมายถึงความสามารถของตัวละครและสิ่งต่าง ๆ ที่ ผู้เล่นสามารถทำได้ในเกม ผู้เล่นไม่รู้คำตอบมาก่อนจะต้องใช้สติปัญญาการลองผิดลองถูกเพื่อผ่านแบบทดสอบไปให้ได้

1.2 **ความท้าทายจากความคล่องแคล่ว** อาศัยความรวดเร็วในการตอบสนอง การหลบหลีก ความแม่นยำ การกดแป้นพิมพ์หรือ แม้การตัดสินใจที่รวดเร็ว

1.3 **ความท้าทายจากการบริหารทรัพยากร** ผู้เล่นจะได้ทรัพยากรมาจำนวนหนึ่งและผู้เล่นจะต้องใช้ทรัพยากรนั้นในการชนะอุปสรรค ไม่ว่าจะเป็นพลังชีวิตที่เหลือ เวลาที่เหลือ เงินที่เหลือ ความท้าทายนี้จึงมักอยู่ในทุกเกม

1.4 **ความท้าทายจากเวลา** ผู้เล่นมีเวลาจำกัดในการเอาชนะอุปสรรคของเกม

1.5 **ความท้าทายจากความอดทน** ผู้เล่นจะต้องพยายาม เล่นเกมให้ได้นานที่สุดหรือไปให้ได้ไกลที่สุด ก่อนเกมจะยากจนเล่นต่อไปไม่ไหว

1.6 **ความท้าทายจากความจำหรือความรู้** เกมที่ต้องให้ข้อมูลผู้เล่นก่อนที่จะเอามาเป็นแบบทดสอบอีกช่วงหนึ่งของเกม หรือเกมที่ผู้เล่นต้องจำ รูปแบบการกดปุ่มหรือรูปแบบสีที่เกิดขึ้นแล้วทำตามให้ถูกต้อง

2. **เป้าหมาย (Goal)** คือสิ่งที่ผู้เล่นต้องทำให้สำเร็จ สามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 **ทำลาย** เป็นเป้าหมายที่เข้าใจง่าย เพราะตรงไปตรงมา เน้นการทำลายล้าง เดินหน้าฆ่าศัตรู หรือทำ ลายบางสิ่งบางอย่างเพื่อให้ได้รับชัยชนะ

2.2 **ยึดครองหรือควบคุมพื้นหรือที่** ผู้เล่นจะบรรลุเป้าหมายเมื่อเข้าควบคุมพื้นที่หรือครอบครองบางสิ่งได้

2.3 **เก็บรวบรวม** ต้องการให้ผู้เล่นเก็บรวบรวมบางสิ่งบางอย่าง เช่น เก็บเหรียญให้ครบ จะได้ตัวเล่นเพิ่ม

2.4 **แก้ไขปัญหา** ต้องการให้ผู้เล่นใช้ความคิดในการแก้ปัญหา ไม่ว่าจะเป็นจับคู่ สลับสี หรือแก้ปริศนารูปแบบอื่น

2.5 **วิ่งไล่หรือวิ่งหนี** ต้องการให้ผู้เล่นวิ่งไล่หรือสิ่งหนีบางอย่างไปจนถึงจุดที่เกมกำหนดเพื่อบรรลุเป้าหมาย

2.6 **สร้างหรือพัฒนา** ให้ผู้เล่นสร้างหรือพัฒนาบางสิ่งบางอย่างจนถึงจุดที่เกมต้องการเพื่อบรรลุเป้าหมายโดยเป้าหมายต้องคำนึงถึงระยะเวลาที่ต้องใช้เพื่อบรรลุเป้าหมายด้วย โดยทั่วไปนิยมแบ่งเป้าหมายออกเป็น 3 ระยะ คือ

1. **ระยะสั้น** ทำเสร็จง่ายและรวดเร็ว เป็นการจูงใจให้ผู้เล่นค่อยๆเดินไปยังจุดหมาย เป็นขั้นที่ให้กำลังใจแก่ผู้เล่นในตอนแรก ก่อนจะไปเจอของจริง ซึ่งหากเกมสั้นมากๆก็ไม่จำเป็นต้องมีเป้าหมายนี้

2. **ระยะกลาง** ยากขึ้นอีกระดับ มีความท้าทายมากกว่าเป้าหมายระยะสั้น และถ้าผู้เล่นทำสำเร็จก็จะได้รางวัลที่น่าตื่นเต้นกว่าเป้าหมายระยะสั้น

3. **ระยะยาว** ยากและใช้เวลาที่สุด กว่าจะทำสำเร็จก็คือตอนท้ายเกม รางวัลต้องคุ้มค่ากับเวลาและความพยายามของผู้เล่น

2.7 **การเดินเกม (Gameplay Progression)** คล้ายกับการเดินเรื่อง การใส่สิ่งต่าง ๆ เข้าไปในเกมทีละเล็กทีละน้อยโดยแบ่งออกได้ตาม กฎสามองค์ ดังนี้

1. **องค์แรก (The First Act)** คือช่วงเริ่มต้นของเกม ต้องต้อนรับผู้เล่นเข้าสู่เกมอย่างค่อยเป็นค่อยไป แนะนำทุกอย่างที่เป็นไปได้ พยายามรวบรวมบทฝึกสอน (Tutorial) ไปกับเกมแบบเนียน ๆ

2. **องค์ที่สอง (The Second Act)** คือช่วงกลางเกม ซึ่งกินเวลายาวนาน เริ่มเข้าสู่การเล่นอย่างจริงจัง สามารถปล่อยของได้เต็มที่แนะนำในสิ่งที่ผู้เล่นยังไม่รู้บ้าง แต่ไม่ต้องเยอะเท่าองค์แรก มีจุดหมายเพื่อให้ผู้เล่นติดตามเกมไปจนจบ จุดนี้เองที่ Gameplay Progression, Character Progression และ Story Progression เข้ามามีบทบาทอย่างมาก (แปลไทย คือ การคืบไปข้างหน้าของการเล่น การดำเนินตัวละครและ การเดินเรื่อง)

3. **องค์ที่สาม (The Third Act)** คือช่วงท้าย จนถึงจบเกม เป็นฉากสุดท้ายก่อนถึงชัยชนะ เป็นการทดสอบสิ่งที่ผู้เล่นได้เรียนรู้มาตลอดเกม ไม่จำเป็นต้องสอนผู้เล่นอีกแล้ว แบ่งได้เป็น Climax (จุดพีคของเรื่องอุปสรรคสุดท้ายที่ยิ่งใหญ่ที่สุด ผู้เล่นคาดหวังว่าเกมจะต้องปล่อยของออกมาเต็มที่) และ Denouement (จุดคลี่คลายของเรื่อง เป็นบทสรุปหลังจากผู้เล่นฝ่าฟันอุปสรรคมาสำเร็จ) ชนิดของการเดินเกม แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ซึ่งต้องส่งเสริมซึ่งกันและกัน เพื่อพาผู้เล่นไปยังจุดของเกม

- **Story Progression** ช่วงที่เริ่มต้นเกม เป็นช่วงที่เนื้อเรื่องเริ่มต้น ปูพื้นตัวละครและที่มาที่ไปของเรื่อง องค์ที่สองเป็นช่วงที่เกมเปิดกว้าง สามารถใส่เนื้อเรื่องหลักเนื้อเรื่องรอง หักมุมหรืออะไรได้อย่างเต็มที่ องค์ที่สาม ในช่วงท้ายของเกมจะคลายปมเนื้อเรื่องที่ผูกไว้สู่บทสรุปของเกม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Gameplay Progression สอดคล้องกับ Story Progression ยิ่งเล่นไปเรื่อย ๆ ผู้เล่นจะมีความคุ้นเคยกับเกมมากขึ้น ดังนั้น ตัวเกมจะต้องท้าทายมากยิ่งขึ้นหรือมีสิ่งใหม่ๆเพิ่มขึ้นมา อย่างค่อยเป็นค่อยไป รวมทั้งรางวัลจากการท าภารกิจในเกมก็ต้องดีขึ้น เช่น world of Warcraft ผู้เล่นต้องมีเลเวลรวมถึงประสิทธิภาพของอาวุธ ชุดเกราะและเครื่องประดับตามที่กำหนด ถึงจะไปสู้กับบอสตัวใหม่ๆได้

- **Character Progression** ในเมื่อเกมค่อยๆยากขึ้น ตัวละครของผู้เล่นก็ต้องพัฒนาขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไปอะไรก็ตามที่ทำให้ตัวละครเก่งขึ้น ทั้งเครื่องสวมใส่ ค่าพลัง ท่าไม้ตาย อาวุธ โดยผู้เล่นค่อยๆได้รับสิ่งเหล่านี้เมื่อเกมคืบหน้าไป

3. **กลไกและกฎ (Mechanic and Rule)**

กลไก คือ สิ่งที่ผู้เล่นทำได้ ส่วนที่อนุญาตให้ผู้เล่นมีปฏิสัมพันธ์กับเกม เช่น เดิน วิ่ง โจมตี ซ่อนตัว สลับบล็อก สร้างเมือง เป็นต้น สามารถแบ่งกลไกลงไปย่อยได้อีก เช่น

- Game mechanic คือ กิจกรรมที่อนุญาตให้ผู้เล่นโต้ตอบได้ หรือมีปฏิสัมพันธ์กับเกมได้ เช่น วิ่งกระโดด โจมตี ผลัก

- Boss Mechanic คือ กิจกรรมที่อนุญาตให้ผู้เล่นตอบโต้หรือมีปฏิสัมพันธ์กับบอสได้ เช่น การทำลายลูกน้องบอสจนหมด ถึงจะโจมตีบอสได้ การเหยียบแผงควบคุมสามวินาที ถึงจะเข้าถึงตัวบอสได้

กฎ คือ สิ่งที่ใช้วัดผลลัพธ์ เป็นกฎหมายของเกม ที่ผู้เล่นต้องยอมรับ เช่น เก็บเหรียญสีทองได้ 100 คะแนนพลังชีวิตหมดคือตาย เป็นต้น

4. **ความลึกและความซับซ้อน (Depth and Complexity)**

ความลึกของเกม คือ ทางเลือกที่ผู้เล่นมี ซึ่งทางเลือกเหล่านั้น ต้องส่งผลถึงรูปแบบการเล่นที่มีประสิทธิภาพ ยิ่งส่งผลต่อรูปแบบการเล่นมากเท่าไหร่ ยิ่งถือว่าเกมมีความลึกมากขึ้นเท่านั้น กล่าวได้ว่าเกมต้องมีทางเลือกที่แท้จริงให้กับผู้เล่น ดังเช่นเกมยิงบุคคลที่หนึ่งในยุคแรก ๆ แบบไม่มีความลึกเลย เพราะผู้เล่นทำได้แค่ยิงหลบซ้ายขวา ถึงแม้ว่าหน้าตาศัตรูจะเปลี่ยนไป แต่พฤติกรรมของพวกมันก็เหมือนเดิม อาวุธที่มีให้ใช้ก็เหมือนเดิม นอกจากเดินหน้ายิงแล้ว ผู้เล่นแทบไม่มีทางเลือกอื่นในเกมเลย ซึ่งถ้ามามองเกมยิงบุคคลที่หนึ่งในยุคปัจจุบัน จะพบว่าผู้เล่นมีทางเลือกที่หลากหลายหว่ามาก ทั้งระบบอาวุธที่ได้รับการออกแบบมาให้เหมาะสมกับรูปแบบการเล่นที่ต่างกันไป ถ้าชอบซุ่มยิงก็ต้องใช้ Sniper ถ้าชอบเข้าไปยิงระยะประชิดก็เลือกปืนลูกซองหรือ M16 เป็นต้น

ภาพลวงตาของทางเลือก คือการที่เหมือนจะมีทางเลือกเยอะ แต่เมื่อผู้เล่นได้ลองเล่นแล้วพบว่ามีตัวเลือกเพียงหนึ่งหรือสองตัวเลือกเท่านั้นที่มีประสิทธิภาพ หากผู้เล่นค้นพบว่าสิ่งที่เลือกใหม่ไม่สามารถบรรลุผลได้ ผู้เล่นก็จะกลับมาเลือกทางเดิมอยู่ดีดังนั้นเกมจะมีความลึกมากแค่ไหน ขึ้นอยู่กับการรับรู้ของผู้เล่นเป็นสำคัญด้วย ซึ่งปรากฏการณ์ภาพลวงตาของทางเลือกนี้ ไม่ใช้สิ่งที่จงใจให้เกิด แต่เกิดขึ้นมาเมื่อผู้ออกแบบพยายามจะปรับทุกทางเลือกให้มีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่แล้ว แต่ไม่มีเกมได้สมบูรณ์แบบ มันจึงมีทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งที่ดีกว่าและบางทางเลือกที่แย่กว่า แต่ทุกทางเลือกควรจะมีประสิทธิภาพพอให้ผู้เล่นเลือกไปเล่นเกมได้อย่างมีความสุขความซับซ้อนของเกม คือ ภาระที่ผู้เล่นต้องศึกษาหรือจดจำให้ได้ก่อนที่เขาจะเข้าใจตัวเกมและทางเลือกที่เกมเสนอให้ปัจจัยที่ทำให้เกิดความซับซ้อน ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การออกแบบ Interface ที่แย่
2. Rule และ Mechanic ของเกมที่แตกต่างจากท้องตลาดและเยอะ
3. การออกแบบ Tutorial ไม่ดี
4. ยิ่งเกมมีความซับซ้อนมากเท่าไหร่ ก็จะทำให้คนเข้าถึงเกมได้น้อยลง ซึ่งเราไม่สามารถทำให้เกมไม่มีความซับซ้อนได้ แต่ทำให้มีความซับซ้อนน้อยที่สุดได้ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกและความซับซ้อน
5. ความลึกเกิดไม่ได้ ถ้าไม่มีความซับซ้อน เพราะผู้เล่นต้องเรียนรู้กฎบางอย่างของเกมก่อนที่จะเริ่มเล่นเกมได้แม้ว่าจะเป็นเกมที่ง่ายที่สุดก็ตาม แต่ระวังว่า เกมที่มีความซับซ้อนสูง ไม่จำเป็นต้องมีความลึกมากตามไปด้วย
6. ความซับซ้อนเป็นตัวบดบังความลึก ถ้าผู้เล่นต้องจดจำวิธีเล่น กฎต่าง ๆ มากมาย Interface ที่ใช้งานยาก มันก็จะทำให้ผู้เล่นไม่สนใจที่จะเล่นเกม
7. เกมที่ดีต้องมีความลึกมาก ในขณะที่ความซับซ้อนน้อย เกมจะซับซ้อนขึ้นทุกครั้งที่มีการเพิ่มองค์ประกอบใหม่ๆลงไป สิ่งที่ต้องพิจารณาคือ สิ่งที่เพิ่มลงไปมีความหมายอย่างแท้จริงให้ผู้เล่นหรือไม่ มากน้อยเพียงใด ถ้าองค์ประกอบที่เพิ่มลงในเกมไม่เสนอทางเลือกให้ผู้เล่นเลย แต่กลับทำให้ผู้เล่นเข้าใจยากขึ้น ก็อาจจะต้องทบทวนดูใหม่

2.7.5 โปรแกรม Unity

Unity คือโปรแกรม Game Engine หรือโปรแกรมสำหรับสร้างเกมที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เพราะเนื่องจาก Unity เป็นโปรแกรมที่สามารถดาวน์โหลดใช้งานฟรี [3]

คุณสมบัติและข้อดีของทาง Unity Game Engine

1) Unity นั้น Cross Platform คือพัฒนาแค่ครั้งเดียว แต่สามารถ Export ไปลงได้ในทุก ๆ Platform ไม่ว่าจะเป็น ระบบปฏิบัติการณ์ iOS , Android , PC , Windows Phone , Black Berry หรือบน Web Player ก็ได้นั่นเอง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีมาก ๆ ของ Unity

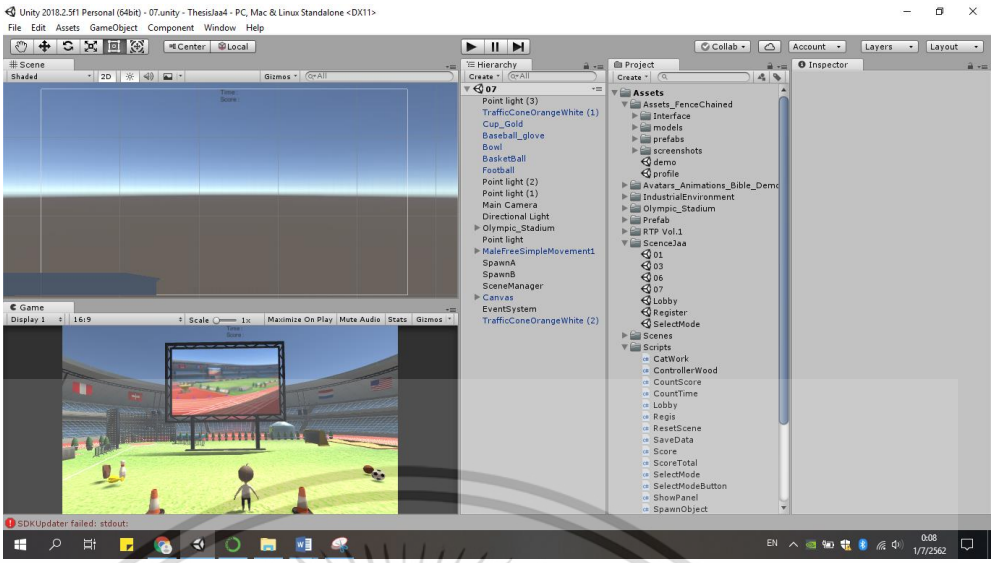
2) มีตัวอย่าง Source code และคลิปสอนมากมาย ที่ทาง Unity ทำไว้ให้ศึกษา รวมถึงนักพัฒนาอีกหลายๆท่านที่มีคลิปสอน

3) มี Asset Store ที่สามารถโหลด Model , ภาพ , เสียง ต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการพัฒนาเกมได้ ซึ่งจะฟรีในบางส่วน บางส่วนอาจจะต้องเสียตัง

4) ภาษาที่จะใช้พัฒนาเกม จะมีสองภาษาคือ C# และ JavaScript

5) เกมดังๆหลายเกมนั้น ก็สร้างมาจาก Unity ไม่ว่าจะเป็น Temple Run , Angry Bird , Crossy Road

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.46 หน้าต่างโปรแกรม Unity

2.8 เกมการออกกำลังกายเชิงโต้ตอบ (Exergaming)

เกมการออกกำลังกายเชิงโต้ตอบ (Exergaming) เป็นการเล่นวิดีโอเกมที่ทำให้คุณไม่ต้องนั่งโซฟาและเข้าสู่แอ็คชั่น มีประโยชน์ในด้านการออกกำลังกายที่ดีขึ้นซึ่งจะครอบคลุมทุกชั่วอายุ อาจเป็นวิธีที่จะแนะนำเด็กที่มีการออกกำลังกายเพื่อออกกำลังกายและทำให้ผู้สูงอายุสามารถออกกำลังกายได้เพราะมันเข้ากับจิตใจมันอาจนำไปสู่การทำงานด้านความรู้ความเข้าใจที่ดีขึ้นในปีต่อ ๆ ไปด้วยเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นการเลียนแบบการเล่นเทนนิสกอล์ฟหรือการเต้นรำซึ่งมีประสิทธิภาพในการเผาผลาญแคลอรีเกมเหล่านี้จะมีส่วนร่วมกับร่างกายของคุณทั้งหมดในการออกกำลังกายเชิงโต้ตอบ

Exergaming มีหลายอย่างที่จะทำ ประการแรกมันสนุกและที่สำคัญถ้าคุณคิดว่าการออกกำลังกายเป็นงานที่น่าเบื่อ หลายคนไม่รู้สึกว่าพวกเขากำลังออกกำลังกายขณะเล่น หากคุณเลือกเกมสำหรับสองคนหรือมากกว่าคุณจะได้รับประโยชน์จากการมีเพื่อนออกกำลังกายหรือกลุ่มเพื่อช่วยกระตุ้นให้คุณ เกมจำนวนมากช่วยให้คุณสามารถเริ่มต้นได้ในระดับเริ่มต้นและเพิ่มความยากลำบากในขณะที่คุณก้าวไปข้างหน้าโดยให้แรงจูงใจในตัว การเล่นกับลูก ๆ ของคุณจะช่วยให้พวกเขารู้สึกรักการออกกำลังกายตั้งแต่อายุยังน้อยและเกมเหล่านี้สามารถไปกับพวกเขาได้ในวัยผู้ใหญ่ การวิจัยแสดงให้เห็นว่า Exergaming สามารถช่วยเด็กต่อสู้กับโรคอ้วนโดยเฉพาะเด็กหญิงอายุ 12 ถึง 15 ปีกลุ่มที่มีการออกกำลังกายน้อยที่สุดตามการศึกษาใน วารสาร Sport and Health Science

ข้อดีของร่างกายและจิตใจของ Exergaming อาจขยายไปถึงเด็กออทิสติก กับเกมใหม่ที่ถูกนำมาใช้ตลอดเวลาการตัดสินใจที่ยากที่สุดที่คุณจะเผชิญคือแบรนด์คอนโซลที่จะซื้อ เปรียบเทียบตัวเลือกแล้วปล่อยให้สนุกเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 "Exergaming" สามารถให้ความสำคัญกับสุขภาพสมอง: การศึกษาใหม่แสดงให้เห็น [13]

รูปที่ 2.47 ผู้สูงอายุเล่นเกมการออกกำลังกายเชิงโต้ตอบ [13]
(ที่มา : https://livepast100well.com/th/)

การศึกษาตีพิมพ์ในสิ่งตีพิมพ์ล่าสุดของ Frontiers in Aging Neuroscience พบว่าคนที่มีส่วนร่วมในเกมการออกกำลังกายเชิงโต้ตอบเช่น Nintendo Fit ของ Wiiได้รับประโยชน์ด้านสุขภาพด้านความรู้ความเข้าใจมากขึ้นกว่าผู้ที่ทำงานตามเนื้อผ้า ผู้วิจัยนำคือ Cay Anderson-Hanley จาก Union College ก่อนหน้านี้ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ของ Exergaming; สำหรับการศึกษาล่าสุดนักวิทยาศาสตร์ต้องการที่จะตรวจสอบผลกระทบของ Exergaming ในคนที่มีความเสี่ยงสูงของ MCI เช่นเดียวกับผู้ที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็น MCI ตามสถิติล่าสุดจากสมาคมโรคอัลไซเมอร์พบว่าเกือบ 20% ของประชากรมีอาการของ MCI เมื่ออายุได้ 65 ดังนั้นส่วนของผู้ใหญ่ที่โตมากจะได้รับผลกระทบผู้สูงอายุเกือบ 100 เข้าร่วมการศึกษาซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสถาบันแห่งชาติเกี่ยวกับการให้ผู้สูงอายุ อายุเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมกิจกรรมคือ 78 การทดลองดำเนินการในช่วงเวลา 6 เดือนและผู้เข้าร่วม 14 (ชาย 7 และหญิง 7) เข้าร่วมเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ

กลุ่มแรกของ 7 เดินไปตามเส้นทางจักรยานเสมือนจริงในขณะที่ขี่จักรยานหลายครั้งต่อสัปดาห์ กลุ่มที่สองของ 7 ได้หยุดการเล่นวิดีโอเกมที่เกี่ยวข้องกับการเก็บเหรียญและไล่มังกร จักรยานพิเศษถูกวางไว้ที่เว็บไซต์จำนวนรวมทั้งโรงพยาบาลศูนย์ชุมชนและศูนย์ที่อยู่อาศัยที่เป็นอิสระ

ผลการศึกษาเปรียบเทียบกับกลุ่มผู้เข้าร่วมการฝึกซ้อม แต่ไม่ได้มีส่วนร่วมในวิดีโอเกมและกลุ่มควบคุมคนอื่นที่เล่นวิดีโอเกมเท่านั้น แต่ไม่ได้ใช้แป้นเหยียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดและประเมินผล

ความสำคัญของคุณภาพเครื่องมือวิจัย [27]

เครื่องมือวิจัยที่ไม่มีคุณภาพ หมายถึง เครื่องมือวิจัยที่ถูกสร้างขึ้นโดยไม่ผ่านกระบวนการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยตามมาตรฐานทางวิชาการ เมื่อนำไปเก็บข้อมูล จะได้ข้อมูลที่ไม่มีคุณภาพ ข้อมูลไม่มีคุณภาพผลการวิเคราะห์จึงไม่มีคุณภาพ และในผลการวิจัยในครั้งนั้นไม่น่าเชื่อถือ

เครื่องมือวิจัยที่มีคุณภาพ หมายถึง เครื่องมือวิจัยที่ถูกสร้างขึ้นโดยผ่านกระบวนการทดสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยตามมาตรฐานทางวิชาการ ดังนี้ ความตรง (Validity), ความเที่ยงหรือความเชื่อมั่น (Reliability) ความยากง่ายและอำนาจจำแนก (Difficulty and Discrimination) ความเป็นปรนัย (Objectivity) ความสะดวกในการใช้ (Practical)

คุณภาพของเครื่องมือวิจัยจึงเป็นดรรชนีชี้วัดคุณภาพงานการวิจัย ทำให้ผลของการวิจัยได้รับหรือไม่ได้รับการยอมรับในวงการวิชาการทุกระดับ ก่อนผู้วิจัยนำเครื่องมือไปใช้ในการเก็บข้อมูลจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ก่อนทุกครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลที่ได้มามีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยเป็นกระบวนการที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงในการดำเนินการวิจัย

คุณลักษณะที่ดีของเครื่องมือวัดและประเมินผล [27]

การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดผลจะต้องทำการตรวจสอบคุณภาพด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นของแบบทดสอบแต่ละชนิดดังต่อไปนี้

1.ความเที่ยงตรง (Validity)

ความถูกต้องสอดคล้องของแบบทดสอบกับสิ่งที่ต้องการจะวัด ซึ่งเป็นคุณลักษณะของแบบทดสอบที่ถือว่าสำคัญที่สุด โดยมีเกณฑ์ในการเปรียบเทียบคือ เนื้อหา โครงสร้าง สภาพ ปัจจุบันและอนาคต

2. ความเชื่อมั่น (Reliability)

ความคงเส้นคงวาของคะแนนในการวัดแต่ละครั้งหรือความคงที่ของผลการวัด ผลของการวัดไม่ว่าจะเป็นคะแนนหรืออันดับที่ก็ตาม เมื่อวัดได้ผลออกมาแล้วสามารถเชื่อถือได้ในระดับสูงจนสามารถประกันได้ว่า ถ้ามีการตรวจสอบผลซ้ำอีกไม่ว่ากี่ครั้งก็จะได้ผลใกล้เคียงและสอดคล้องกับผลการวัดเดิมนั่นเอง

3. ความเป็นปรนัย (Objectivity)

ความชัดเจนที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลครั้งนั้นมีความเห็นสอดคล้องในเรื่องของคำถาม ค่าของคะแนนหรืออันดับที่ที่วัดได้ ตลอดจนการแปลงค่าคะแนนเป็นผลประเมินในการตัดสินคุณค่าก็สอดคล้องตรงกัน การพิจารณาความเป็นปรนัยของแบบทดสอบมีหลายประการ คุณสมบัติความเป็นปรนัยของแบบทดสอบที่สำคัญ ได้แก่ คุณสมบัติ 3 ประการ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ชัดแจ้งในความหมายของคำถาม ข้อสอบที่เป็นปรนัย ทุกคนที่อ่านข้อสอบ ไม่ว่าจะเป็นผู้สอบหรือผู้ตรวจข้อสอบย้อมจะมีความเข้าใจตรงกันไม่ตีความหมายไปคนละแง่

3.2 ตรวจคะแนนได้ตรงกัน ข้อสอบที่มีความเป็นปรนัย ไม่ว่าจะเป็นผู้ออกข้อสอบหรือใครก็ตามสามารถตรวจให้คะแนนได้ตรงกัน ข้อสอบที่ผู้ตรวจเฉลยไม่ตรงกัน แสดงให้เห็นถึงความไม่ชัดเจนในคำถามและคำตอบ

3.3 แปลความหมายของคะแนนได้ตรงกัน โดยทั่วไปข้อสอบปรนัยผู้ตอบถูกจะได้คะแนน 1 คะแนน ตอบผิดจะได้ 0 คะแนน จำนวนคะแนนที่ได้จะแทนจำนวนข้อที่ถูกต้อง ทำให้สามารถแปลความหมายได้ชัดเจนว่าใครตอบถูกมากน้อยต่างกันอย่างไร

ข้อสอบประเภทถูกผิด จับคู่ เติมคำ หรือเลือกตอบที่ขาดคุณสมบัติข้อใดข้อหนึ่ง อาจกล่าวได้ว่าเป็นข้อสอบปรนัยเฉพาะรูปแบบของข้อสอบเท่านั้น ส่วนคุณสมบัติยังไม่เป็นปรนัยความเป็นปรนัยของข้อสอบจะทำให้เกิดคุณสมบัติทางความเชื่อมั่นของคะแนนอันจะนำไปสู่ความเที่ยงตรงของผลการวัดด้วย

4. ความยากง่าย (Difficulty)

ความยากง่ายของข้อสอบพิจารณาได้จากผลการสอบของผู้สอบเป็นสำคัญ ข้อสอบใดที่ผู้สอบส่วนมากตอบถูก ค่าคะแนนเฉลี่ยของข้อสอบสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าเป็นข้อสอบค่อนข้างยาก ข้อสอบที่ดีควรมีความยากง่ายพอเหมาะ ไม่ยากหรือง่ายเกินไป ข้อสอบฉบับหนึ่งควรมีผู้ตอบถูกไม่ต่ำกว่า 50 คนและไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน

5. อำนาจจำแนก (Discrimination)

เป็นลักษณะของแบบทดสอบที่สามารถออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ทุกระดับ ตั้งแต่อ่อนสุดถึงเก่งสุด แม้ว่าจะเก่ง – อ่อนกว่ากันเพียงเล็กน้อยก็สามารถชี้จำแนกให้เห็นได้ ข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกสูงนั้น เด็กเก่งมักตอบถูกมากกว่าเด็กอ่อนเสมอ ข้อสอบที่ทุกคนตอบถูกหมดจะไม่สามารถบอกอะไรได้ หรือข้อสอบที่ทุกคนตอบผิดหมดไม่สามารถบอกได้ว่าใครเก่งหรืออ่อน

6. ความมีประสิทธิภาพ (Efficiency)

เครื่องมือวัดผลที่มีประสิทธิภาพ หมายถึง เครื่องมือที่ทำให้ได้ข้อมูลได้ถูกต้องเชื่อถือได้ โดยลงทุนน้อยที่สุดไม่ว่าจะเป็นการลงทุนของเรื่องเวลา แรงงาน และทุนทรัพย์ รวมทั้งสะดวกสบายคล่องตัวในการรวบรวมข้อมูล ข้อสอบที่มีประสิทธิภาพสามารถให้คะแนนได้เที่ยงตรงและเชื่อถือได้มากที่สุด โดยใช้เวลาแรงงานและเงินน้อยที่สุด แต่ประโยชน์ที่ได้จากการสอบคุ้มค่า ข้อสอบที่พิมพ์ผิดตกหล่นมาก จำนวนหน้าไม่ครบ รูปแบบของแบบทดสอบเรียงไม่เป็นระเบียบทำให้ผู้สอบเกิดความสับสน มีผลต่อคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้งสิ้น การจัดรูปแบบของข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบเพื่อให้ดูง่าย มีความเป็นระเบียบเรียบร้อยนิยมพิมพ์แบ่งครึ่งหน้ากระดาษ

7. ความยุติธรรม (Fair)

ความยุติธรรมเป็นคุณลักษณะของข้อสอบที่ดีต้องไม่เปิดโอกาสให้ผู้ทดสอบได้เปรียบเสียเปรียบ เช่น ข้อสอบบางฉบับครูเน้นเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งตรงกับเรื่องที่นักเรียนทำรายงานในบางกลุ่ม ทำให้กลุ่มนั้นๆ ได้เปรียบคนอื่นๆ ข้อสอบบางข้อใช้คำถามหรือข้อความที่แนะคำตอบ ทำให้นักเรียนใช้ไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พริบเดาได้ การใช้ข้อสอบแบบอัตนัยเพียง 5 หรือ 10 ข้อ มาทดสอบนักเรียนนั้นไม่อาจสร้างความยุติธรรมในการสอบให้แก่นักเรียนได้ เพราะผู้สอบมีโอกาสเก็งข้อสอบได้ถูกมากกว่าแบบปรนัยที่มีจำนวนข้อมาก ๆ เช่น 100 ข้อ

8. คำถามลึก (Searching)

ข้อสอบที่ถามลึกไม่ถามแต่เพียงความรู้ความจำเท่านั้น แต่จะถามวัดความเข้าใจการนำความรู้ที่ได้เรียนไปแล้วมาแก้ปัญหา วิเคราะห์ ตลอดจนสร้างสรรค์ สิ่งใหม่ขึ้นมาจนท้ายที่สุดคือ การประเมินผลคำถามที่ถามลึกนั้นผู้ตอบต้องคิดค้นก่อนจึงจะสามารถหาคำตอบได้ มิใช่เพียงแต่ระลึกถึงประสบการณ์ต่างๆ เพียงตื้น ๆ ก็ตอบปัญหาได้ แต่เป็นแบบทดสอบที่วัดความลึกซึ้งทางวิชาการตามแนวดิ่งมากกว่าจะวัดตามแนวกว้าง

9. คำถามยั่วยุ (Exemplary)

คำถามยั่วยุ ได้แก่ คำถามที่มีลักษณะท้าทายให้ผู้สอบอยากคิดอยากทำ มีลีลาการถามที่น่าสนใจ ไม่ถามวนเวียนซ้ำซากน่าเบื่อหน่าย การใช้รูปภาพประกอบ ก็เป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ข้อสอบน่าสนใจ ข้อสอบที่ยากเกินไปทำให้ผู้สอบหมดกำลังใจที่จะทำ ส่วนข้อสอบที่ง่ายเกินไปก็ไม่ท้าทายให้อยากทำ การเรียงลำดับคำถามจากข้อง่ายไปหายากเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ข้อสอบมีลักษณะท้าทายน่าทำ

10. จำเพาะเจาะจง (Definite)

คำถามที่ดีต้องไม่ถามกว้างเกินไป ไม่ถามคลุมเครือหรือเล่นสำนวนให้ผู้สอบงง ผู้สอบอ่านแล้วต้องเข้าใจชัดเจนว่าครูถามอะไร ส่วนจะตอบได้หรือไม่อยู่ที่ความสามารถของผู้ตอบเป็นสำคัญ

วิธีการหาคุณภาพเครื่องมือ

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งจะต้องหาคุณภาพของเครื่องมือเพื่อเป็นการยืนยันว่าเครื่องมือดังกล่าวมีคุณภาพ ซึ่งการหาคุณภาพของเครื่องมือสามารถจำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1.การหาคุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับ

การวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัด เกี่ยวกับความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 ความเที่ยงตรง หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัด ที่สามารถวัดได้ในสิ่งที่ต้องการวัด เป็นความสอดคล้องระหว่างผลการวัด กับสิ่งที่ต้องการวัด ความตรงที่ใช้ในการทดสอบจำแนกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้าง และความตรงตามเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องโดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จะเกี่ยวข้องกับความตรงตามเนื้อหามากกว่าความตรงชนิดอื่น ๆ

การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการหาค่าความเที่ยงตรงที่ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อสอบหรือข้อคำถามแต่ละข้อ วัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัดเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากน้อยเพียงใด โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนน + 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบวัดวัตถุประสงค์หรือเนื้อหานั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดวัตถุประสงค์หรือเนื้อหานั้น

ให้คะแนน - 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดวัตถุประสงค์หรือเนื้อหานั้น

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) จากสูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \qquad (2.41)$$

เมื่อ $\sum R$ แทน ผลรวมของผลคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์การตัดสินค่า IOC ถ้ามีค่า 0.50 ขึ้นไปนั้น แสดงว่า ข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงวัตถุประสงค์หรือความตรงตามเนื้อหานั้น แสดงว่า ข้อคำถามนั้นใช้ได้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างแบบประเมินผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ แบบทดสอบรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 2

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ
แบบทดสอบรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 2

คำชี้แจง: แบบประเมินฉบับนี้ใช้สำหรับท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบว่าข้อคำถามแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนน + 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบวัดวัตถุประสงค์หรือเนื้อหานั้น

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดวัตถุประสงค์หรือเนื้อหานั้น

ให้คะแนน - 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดวัตถุประสงค์หรือเนื้อหานั้น

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	คะแนนประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1.สามารถอธิบายเรื่องน้ำ และแสงที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิต	1.ปัจจัยใดที่ทำให้เมล็ดงอก ก. น้ำ ข. แสง ค. ลม 2.สิ่งใดจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ก.น้ำ				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ข.แสง ค.ถูกทั้งข้อ ก.และ ข.				

ตารางที่ 2.3 การคำนวณและการแปลผลค่า IOC

ข้อสอบข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
2	0	+1	+1	0	+1	3	0.6	ใช้ได้
3	+1	0	-1	0	0	0	0	ใช้ไม่ได้
4	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
5	0	0	-1	0	-1	-2	-0.4	ใช้ไม่ได้

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี พ.ศ. 2557 K.X. Khor, P.J.H. Chin. A.R.Hisyam, C.F. Yeong, A.L.T.Narayanan และ E.L.M. Su [28] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่อง CR2-Haptic เป็นในรูปแบบหุ่นยนต์ฟื้นฟูสมรรถภาพสำหรับข้อมือและแขนขนาดกะทัดรัดและพกพาได้ โดยทั่วไปแล้วการฟื้นฟูสมรรถภาพข้อมือและแขนเกี่ยวข้องกับการโต้ตอบแบบตัวต่อตัวกับนักกายภาพบำบัดที่ช่วยเหลือและสนับสนุนผู้ป่วยผ่านการออกกำลังกายซ้ำ ๆ หรือการใช้แรงงานอย่างหนัก มีค่าใช้จ่ายสูง และขาดการประเมินอย่างมีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกับการวินิจฉัยเชิงปริมาณ เนื่องจากมีผู้ป่วยจำนวนมาก ทำให้มีนักกายภาพไม่สามารถดูแลได้อย่างทั่วถึง หุ่นยนต์ฟื้นฟูสมรรถภาพได้รับการพิสูจน์แล้วว่าช่วยและปรับปรุงการฟื้นฟูสมรรถภาพข้อมือและแขน เนื่องจากการบำบัดด้วยหุ่นยนต์ช่วยให้การรักษาอย่างต่อเนื่องและมีการฟื้นตัว นอกจากนี้หุ่นยนต์สามารถฟื้นฟูและส่งเสริมแรงบันดาลใจผ่านเกมและเทคโนโลยีรวมถึงฝึกการออกกำลังกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.48 กลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพดีทดลองใช้งาน CR2-Haptic Robot [28]

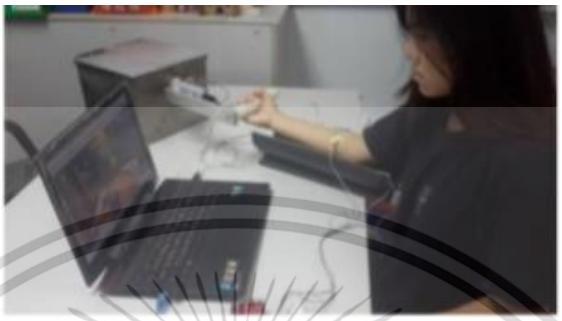
ในปีพ.ศ.2558 เสาวลักษณ์ ชโลธร, ฑิฆัมพร กรงทอง และอาภรณ์ ศรีเหรา สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบเกมและอุปกรณ์สำหรับการกายภาพบำบัดส่วนแขนของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง [29] โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ (1) เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์สำหรับกายภาพบำบัดผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (2) เพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพแขน และสร้างแรงจูงใจในการกายภาพบำบัดให้กับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการทดลองเกม และอุปกรณ์สำหรับการกายภาพบำบัดส่วนแขนของกลุ่มผู้ใช้ โดยผลที่ได้รับจากการศึกษา ทำให้ผู้ป่วยสามารถฟื้นฟูสมรรถภาพได้อย่างมีความสุข และผ่อนคลาย, องค์กรทางการแพทย์สามารถบำบัดผู้ป่วยได้อย่างสะดวกและปลอดภัย, ผู้ป่วยมีสมรรถภาพการทำงานของแขนที่ดีขึ้น สามารถขยับแขนได้มากยิ่งขึ้นหลังจากได้รับการบำบัด และป้องกันการเสื่อมถอยของสมรรถภาพของผู้ป่วย

รูปที่ 2.49 แสดงภาพอุปกรณ์กายภาพบำบัดเคลื่อนที่ทางด้านขวา [29]

ในปี พ.ศ. 2559 รุ่งทิพย์ เรืองเชื้อเหมือน และกรองแก้ว นวลศรี สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ศึกษาเกี่ยวกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เกมการกายภาพบำบัดสำหรับแขนของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง [30] โดยมีวัตถุประสงค์ (1) เพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดทางกายภาพสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองมีแรงจูงใจความเพลิดเพลินและผ่อนคลาย (2) ศึกษาเกมออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ทางกายสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (3) การศึกษาประเมินกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อกายภาพบำบัด



รูปที่ 2.50 กลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพดี ทดลองใช้งานอุปกรณ์กายภาพบำบัด [30]

ในปี พ.ศ. 2559 นครินทร์โรจน์ บุญสุข, พิมพ์ชนก ชุติมาวุฒิกุล, นภสร ปัทวิภาต และ ภาณุพงศ์ สายใจ สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาอุปกรณ์ทำกายภาพบำบัดผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง [31] โดยมีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการทดลองเกม และอุปกรณ์การกายภาพบำบัดส่วน Upper Arm และ Forearm ของกลุ่มผู้ใช้งาน (2) เพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพส่วน Upper Arm และ Forearm สร้างแรงจูงใจในการทำกายภาพบำบัดให้กับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (3) เพื่อพัฒนาเกมและอุปกรณ์การทำกายภาพบำบัดให้น่าสนใจยิ่งขึ้น จากการทำการศึกษาพบว่าสามารถช่วยฟื้นฟูผู้ป่วยให้กลับมาใช้งานในส่วนของข้อมือได้อย่างมีประสิทธิภาพดังเช่นเดิม ช่วยลดระยะเวลาในการรอทำการรักษากับนักกายภาพบำบัด ผู้ป่วยที่ทำการรักษามีความกระตือรือร้นที่จะทำการรักษามากยิ่งขึ้น และลดปัญหานักกายภาพบำบัดไม่เพียงพอต่อผู้ป่วยที่ต้องการเข้ารับการรักษา

รูปที่ 2.51 อุปกรณ์กายภาพบำบัดขณะใช้งาน [31]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในวิธีการดำเนินการวิจัยนั้นจะต้องทำการเก็บผลกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ทั้งหมด 2 โหมดด้วยกัน ได้แก่ โหมดปกติ (Active Mode) และ โหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode) ซึ่งในแต่ละโหมดจะมีเกมให้กลุ่มตัวอย่างเล่นแตกต่างกันออกไปทั้งหมด 4 เกมหรือ 4 ท่าทาง เพื่อบริหารส่วนของข้อมือและแขน

3.1 แนวทางในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ (Requirement System)

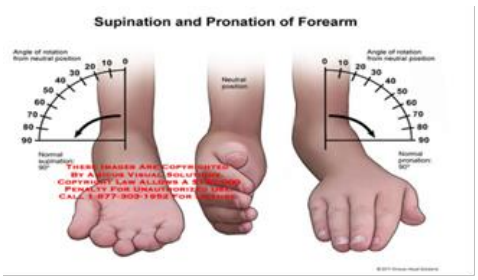
ในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุนั้น โดยเริ่มจากการสัมภาษณ์ สอบถามจากนักกายภาพบำบัด และเวชศาสตร์ฟื้นฟูก่อนที่จะเริ่มออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ ซึ่งจากการสัมภาษณ์และสอบถามข้างต้น ทำให้พบว่า อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับบริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุนั้นจะต้องง่ายและสะดวกต่อการใช้ อุปกรณ์ควรเล่นได้หลากหลายท่าทาง และหลากหลายรูปแบบในอุปกรณ์เดียว อีกทั้ง อุปกรณ์ควรมีสิ่งเร้าหรือกระตุ้นในรูปแบบของเกมเพื่อให้ต้องการบริหารข้อมือและแขนยิ่งขึ้น

ซึ่งในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ในครั้งนี้เพื่อต้องการบริหารข้อมือและแขน เพราะเนื่องจากเป็นส่วนที่สำคัญต่อการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากที่สุด หรืออาจจะกล่าวได้ว่ามีการใช้งานมากที่สุด จากข้อมูลข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่าอุปกรณ์สำหรับการบริหารข้อมือและแขนนี้จะสามารถบริหารข้อมือและแขนได้ 2 โหมด และ 4 เกม หรือ 4 ท่าทางของการบริหารแบบ Supination – Pronation และ Flexion - Extension ซึ่งจะมีพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.1

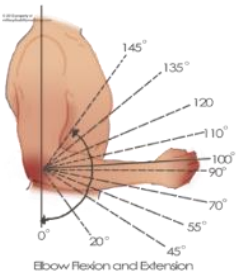
ตารางที่ 3.1 พิสัยการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน (American Medical Association) [14]

Joint		Range of Motion (degree)
Forearm	Supination	80°
	Pronation	80°
Elbow	Flexion	140°
	Extension	0°
Wrist	Supination	90°
	Pronation	90°
	Flexion	60°
	Extension	60°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

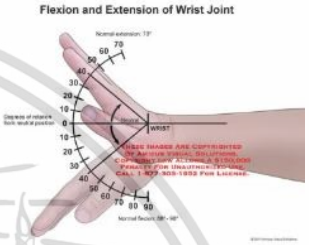


(a)



(b)

(c)



(d)

รูปที่ 3.1 ท่าบริหารข้อมือและแขน (a) Supination and Pronation for Forearm, (b) Flexion and Extension of Elbow, (c) Supination and Pronation of Wrist and Forearm and (d) Flexion and Extension of Wrist.

3.2 การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ (Hardware Design)

เนื่องจากการสัมภาษณ์ สอบถามจากนักกายภาพบำบัด และเวชศาสตร์ฟื้นฟูก่อนที่จะเริ่มออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ ต้องการอุปกรณ์ที่สามารถบริหารข้อมือและแขนที่มีรูปแบบและท่าทางที่หลากหลาย ใช้งานง่ายและสะดวกต่อการใช้งานนั้น จึงได้ออกแบบอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายกับการใช้งานในชีวิตประจำวันมากที่สุดเพื่อที่จะได้ตอบโจทย์ต่อการใช้งานง่ายและสะดวก ซึ่งในการออกแบบอุปกรณ์นั้นให้สามารถเล่นได้หลากหลายรูปแบบจึงได้ออกแบบออกให้มี 2 โหมด ได้แก่ โหมดปกติ (Active Mode) และ โหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode) ซึ่งในส่วนของโหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode) นั้น จะมีมอเตอร์ (Motor) เข้ามาช่วยให้ผู้สูงอายุออกแรงได้น้อยลง และในส่วนของท่าทางนั้น จึงได้นำคอพวงมาลัยที่สามารถถอดได้ (Steering Quick Release) เข้ามาประยุกต์ใช้กับการจัดทำอุปกรณ์ของแต่ละท่าทางขึ้นมา โดยสำหรับตัวอุปกรณ์ใช้กล่องอะคริลิคสีขาวหนา 1 เซนติเมตร มีความกว้าง 25 เซนติเมตร และความสูง 16 เซนติเมตร โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

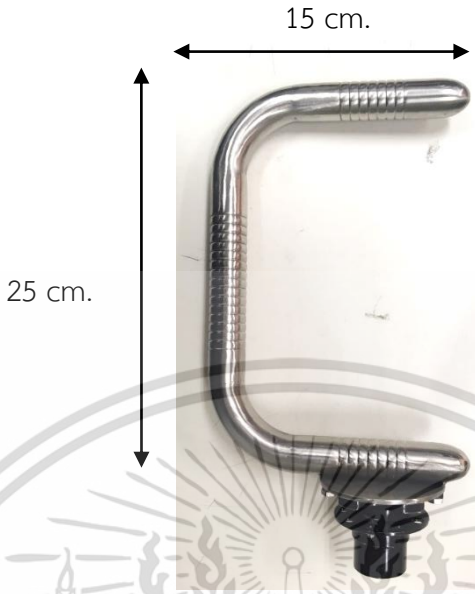
Steering wheel quick release

รูปที่ 3.2 ภาพรวมของอุปกรณ์การบริหารข้อมือและแขน

จากรูปที่ 3.2 ซึ่งมีทั้งหมด 4 ท่าทาง ได้แก่ (1) Supination and Pronation for Forearm, (2) Flexion and Extension of Elbow, (3) Supination and Pronation of Wrist and Forearm and (4) Flexion and Extension of Wrist. ซึ่งขนาดของอุปกรณ์สำหรับท่าต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

สำหรับท่า Supination and Pronation for Forearm มีขนาดความยาว 25 เซนติเมตร และความสูง 15 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



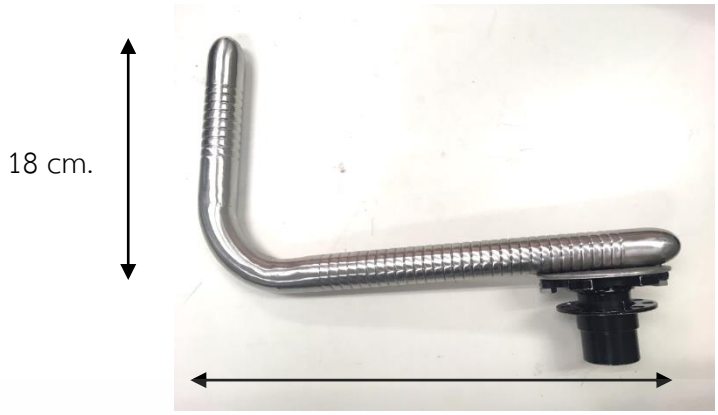
รูปที่ 3.3 ขนาดของอุปกรณ์สำหรับท่า Supination and Pronation for Forearm

สำหรับท่า Supination and Pronation of Wrist and Forearm and Flexion and Extension of Wrist มีขนาดความยาว 12 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 ขนาดของอุปกรณ์สำหรับท่า Supination and Pronation of Wrist and Forearm and Flexion and Extension of Wrist

สำหรับท่า Flexion and Extension of Elbow มีขนาดความยาว 30 เซนติเมตร และความสูง 18 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ขนาดของอุปกรณ์สำหรับท่า Flexion and Extension of Elbow

(a)

(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(c)

รูปที่ 3.6 อุปกรณ์สำหรับท่าบริหารข้อมือและแขน โดย (a) Supination and Pronation for Forearm, (b) Supination and Pronation of Wrist and Forearm and Flexion and Extension of Wrist and (c) Flexion and Extension of Elbow

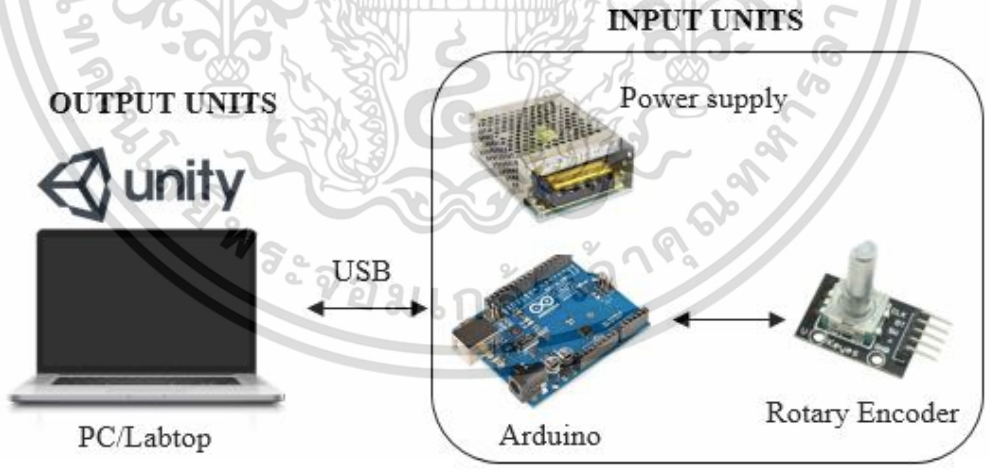
จากรูปที่ 3.6 แสดงอุปกรณ์สำหรับท่าบริหารข้อมือและแขน ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ในรูป (a) ใช้สำหรับท่า Supination and Pronation for Forearm จะมีพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) โดย Supination 80 องศา และ Pronation 80 องศา, อุปกรณ์ในรูป (b) ใช้สำหรับท่าทาง Supination and Pronation of Wrist and Forearm และ Flexion and Extension of Wrist โดยมีพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) Supination 90 องศา, Pronation 90 องศา และ Flexion 60 องศา และ extension 60 องศา และอุปกรณ์ในรูป (c) ใช้สำหรับท่า Flexion and Extension of Elbow มีพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) โดย Flexion 140 องศา และ Extension 0 องศา ซึ่งภายในอุปกรณ์ของวงจรการทำงานมีรายละเอียด ดังตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดภายในอุปกรณ์ของวงจรการทำงาน

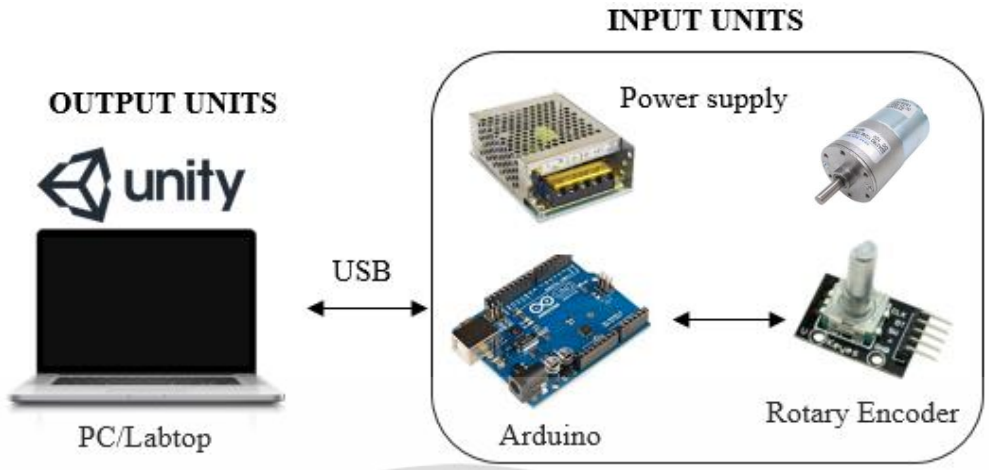
ลำดับที่	รายละเอียดอุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)
1	Arduino UNO	1
2	USB CABLE	1
3	DC Motor (12V , rpm: 1000)	1
4	Motor Drive Module (L298N)	1
5	Rotary Encoder Module Brick Sensor	1
6	Steering Quick Release	4
7	Switching Power Supply (12V, 5A)	1
8	ตลับลูกปืนตุ๊กตา (Bearing Unit)	2
9	เพลา (ความยาว 15 เซนติเมตร)	1
10	ฉากยึด	2
11	ฟันเฟืองเหล็ก	3
12	ปลั๊กสายไฟ	1

เนื่องจากอุปกรณ์ออกแบบให้มี 2 โหมดการใช้งาน ได้แก่ โหมดปกติ (Active Mode) และโหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode) ซึ่งในส่วนของโหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode) นั้นจะมีมอเตอร์ (Motor) เข้ามาช่วยให้ผู้สูงอายุออกแรงได้น้อยลง โดยมีการทำงานของอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน ดังรูปที่ 3.7 – 3.8



รูปที่ 3.7 การทำงานของอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนของโหมดปกติ (Active Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



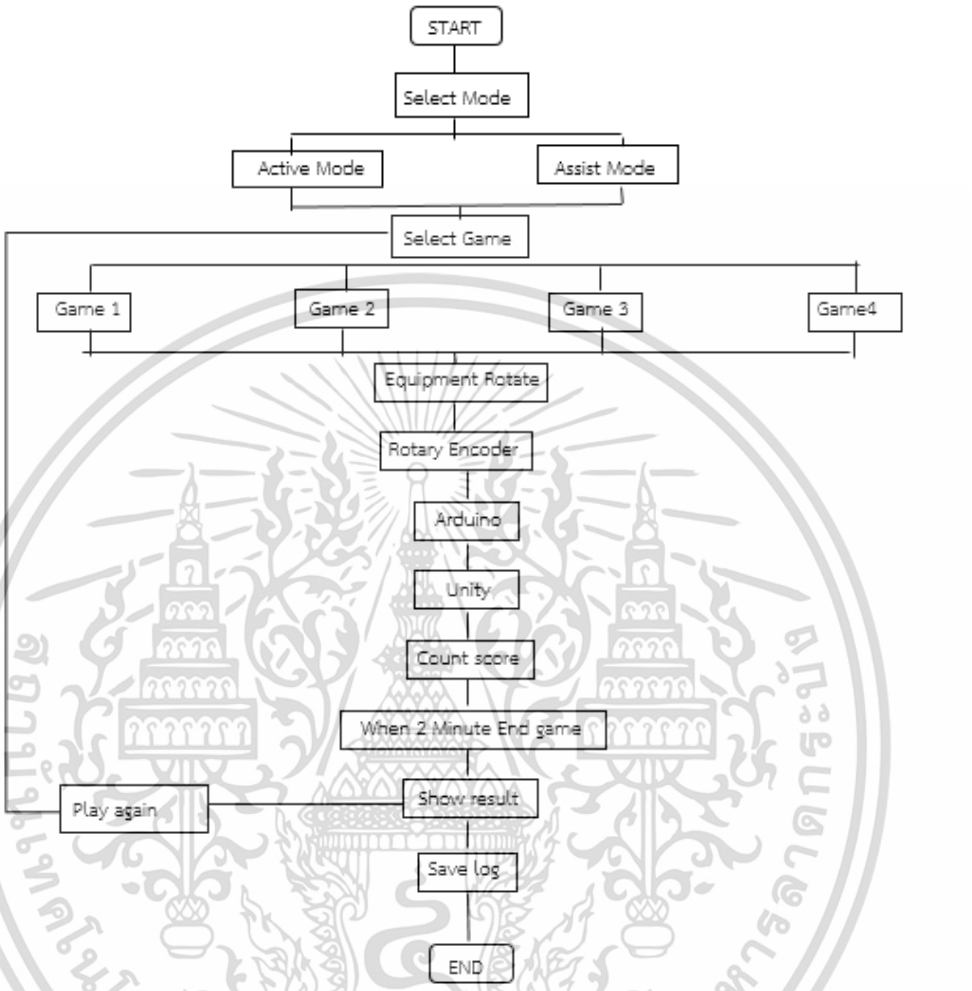
รูปที่ 3.8 การทำงานของอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนของโหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode)

รูปที่ 3.9 ภายในอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน

จากรูปที่ 3.9 แสดงฮาร์ดแวร์ภายในของอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน โดยอุปกรณ์นี้สามารถทำงานได้ 2 โหมด ได้แก่ โหมดปกติ (Active Mode) และ Active - Assist Mode (โหมดช่วยเหลือ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โหมดปกติ (Active Mode) เป็นโหมดที่ผู้สูงอายุออกแรงในการเล่นเกมเองทั้งหมด โดยมีหลักการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ดังนี้



รูปที่ 3.10 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดปกติ (Active Mode)

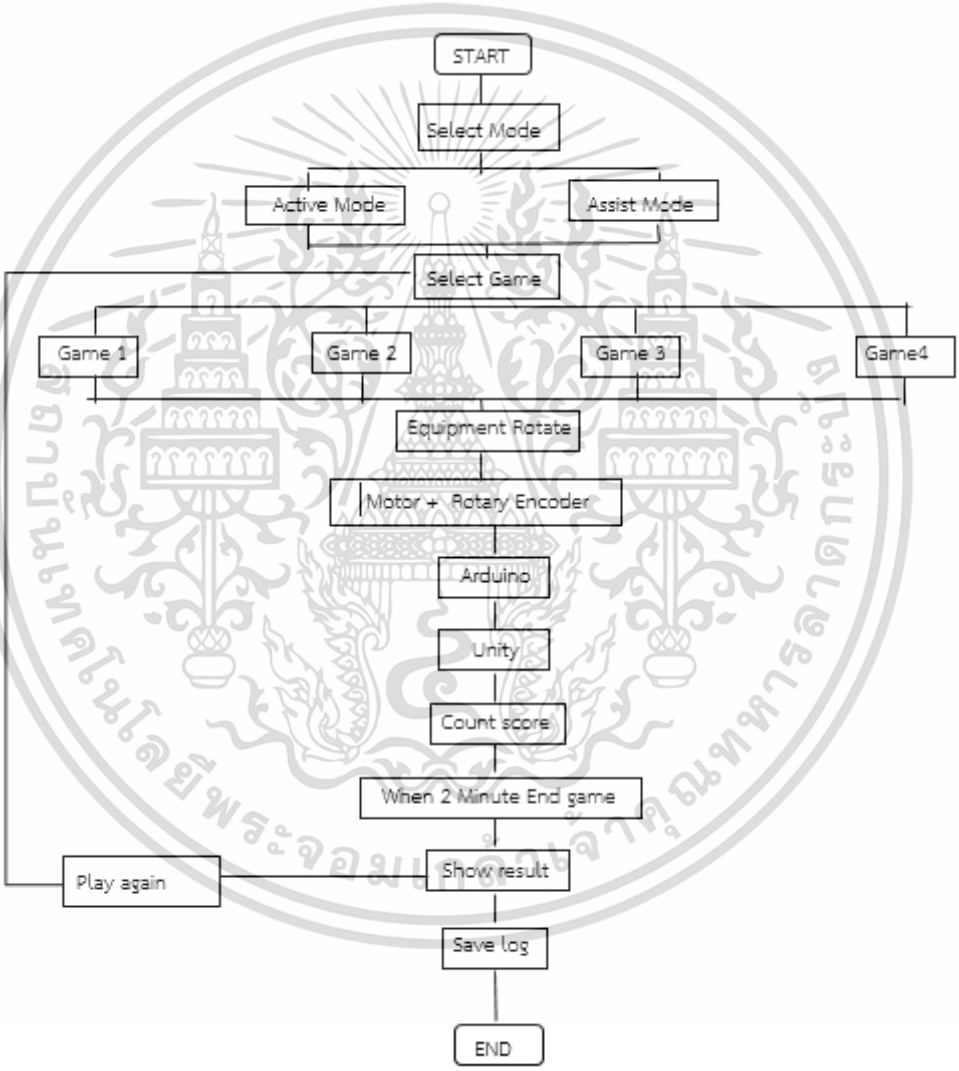
จากรูปที่ 3.10 แสดงแผนผังการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดปกติ (Active Mode) เป็นโหมดที่ผู้สูงอายุออกแรงในการเล่นเกมเองทั้งหมดโดยการทำงานนั้นเริ่มจาก

1. การเข้าใช้งานเกม: ผู้สูงอายุเปิดเกม และทำการลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่การใช้งาน
2. การเลือกโหมดในการใช้งาน: ทำการเลือกโหมดปกติ (Active Mode) ซึ่งจะเป็นโหมดที่ผู้สูอายุออกแรงในการเล่นเกมเองทั้งหมด
3. การเลือกเกม: โดยจะมีทั้งหมด 4 เกม ซึ่งในแต่ละเกมจะมีท่าทางในการใช้งานอุปกรณ์ที่แตกต่างกันออกไป
4. การทำงานของอุปกรณ์: เมื่อเข้าสู่เกม ผู้สูงอายุจะต้องทำการใช้อุปกรณ์ทำท่าทางตามที่เกมกำหนด เมื่อเพลาทำการหมุน และนับค่าจาก Rotary จะส่งค่า A และ B ไปที่ Arduino ซึ่งกำหนด A หมุนไปทางขวา และ B หมุนไปทางซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การส่งข้อมูลไปที่ Unity: เมื่อ Arduino รับข้อมูล A และ B มา จะทำการส่งข้อมูลไปยัง Unity ซึ่งได้เขียนคำสั่งกำหนดกฎของเกมต่าง ๆ ไว้ เพื่อเป็นการจับเวลาในการเล่นเกม ซึ่งในที่นี้กำหนดเวลาเป็นเวลา 2 นาที และนับคะแนน
6. การเก็บผลคะแนน: เมื่อผู้สูงอายุเล่นเกมและทำท่าทางตามเกมครบ 2 นาที ถือว่าเป็นการจบเกม และจะแสดงผลหน้าต่างแสดงผลคะแนน โดยสามารถบันทึกผลในรูปแบบไฟล์ .csv และสามารถเลือกกดเล่นเกมอีกครั้ง

2. โหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode) เป็นโหมดที่อุปกรณ์ช่วยผู้สูงอายุในการทำท่าทางต่างๆ โดยจะมีมอเตอร์ช่วยผลัก จึงทำให้ผู้สูงอายุไม่ต้องใช้แรงมาก โดยมีหลักการทำงาน ดังนี้



รูปที่ 3.11 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode)

จากรูปที่ 3.11 แสดงแผนผังการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode) เป็นโหมดที่อุปกรณ์ช่วยผู้สูงอายุในการทำท่าทางต่างๆ โดยจะมีมอเตอร์ช่วยผลัก จึงทำให้ผู้สูงอายุไม่ต้องใช้แรงมาก โดยการทำงานนั้นเริ่มจาก

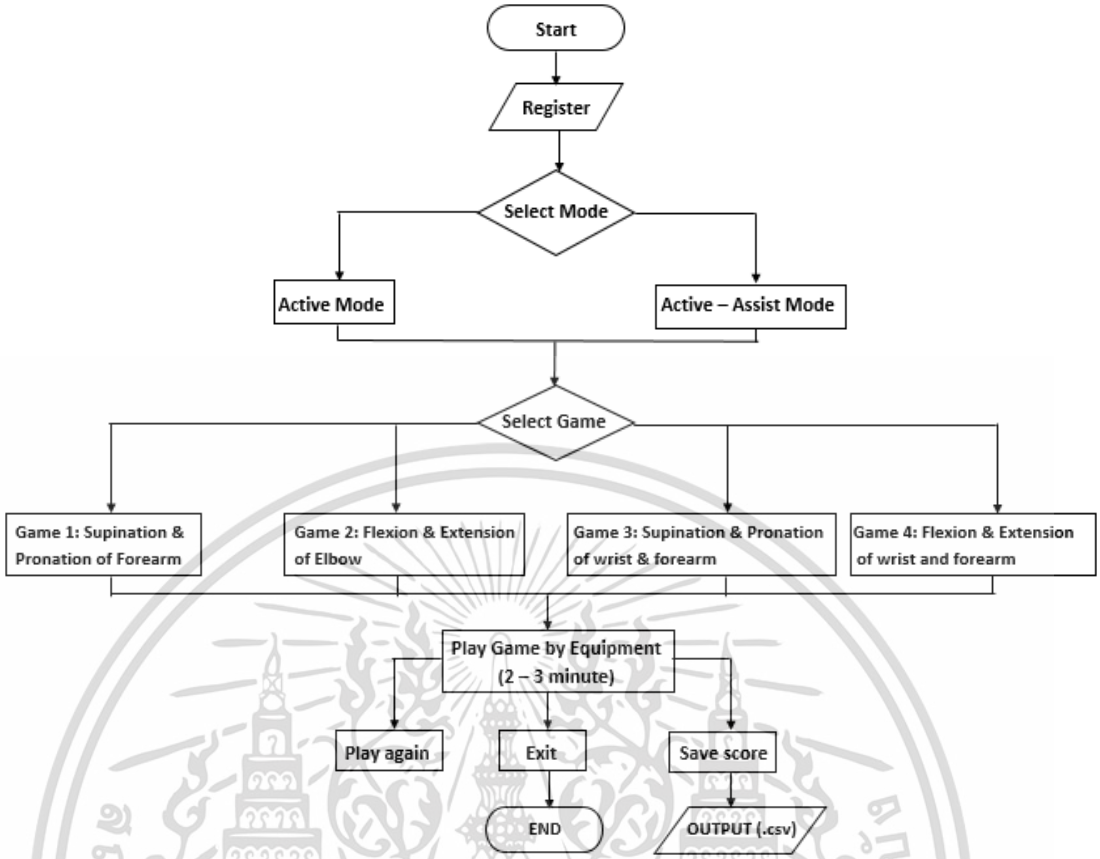
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเข้าใช้งานเกม: ผู้สูงอายุเปิดเกม และทำการลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่การใช้งาน
2. การเลือกโหมดในการใช้งาน: ทำการเลือกโหมดปกติ (Active Mode) ซึ่งจะเป็นโหมดที่ผู้สูอายุออกแรงในการเล่นเกมเองทั้งหมด
3. การเลือกเกม: โดยจะมีทั้งหมด 4 เกม ซึ่งในแต่ละเกมจะมีท่าทางในการใช้งานอุปกรณ์ที่แตกต่างกันออกไป
4. การทำงานของอุปกรณ์: เมื่อเข้าสู่เกม ผู้สูงอายุจะต้องทำการใช้อุปกรณ์ทำท่าทางตามที่เกมกำหนด ซึ่งในโหมดนี้จะมีมอเตอร์ช่วยออกแรงในการหมุนให้เพลาทำการหมุนในบางช่วงของการหมุน และนับค่าจาก Rotary แล้วจะส่งค่า A และ B ไปที่ Arduino ซึ่งกำหนด A หมุนไปทางขวา และ B หมุนไปทางซ้าย
5. การส่งข้อมูลไปที่ Unity: เมื่อ Arduino รับข้อมูล A และ B มา จะทำการส่งข้อมูลไปยัง Unity ซึ่งได้เขียนคำสั่งกำหนดกฎของเกมต่าง ๆ ไว้ เพื่อเป็นการจับเวลาในการเล่นเกม ซึ่งในที่นี้กำหนดเวลาเป็นเวลา 2 นาที และนับคะแนน
6. การเก็บผลคะแนน: เมื่อผู้สูงอายุเล่นเกมและทำท่าทางตามเกมครบ 2 นาที ถือว่าเป็นการจบเกม และจะแสดงผลหน้าต่างแสดงผลคะแนน โดยสามารถบันทึกผลในรูปแบบไฟล์ .csv และสามารถเลือกกดเล่นเกมอีกครั้ง

3.3 การออกแบบและพัฒนาเกม (Design and Game Development)

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกประเภทของเกมให้มีการปฏิสัมพันธ์กับผู้เล่น หรือที่เรียกว่า Exergame ซึ่งในการออกแบบเกมนั้นจะสอดคล้องกับท่าทางในการเคลื่อนไหวของท่าทางการบริหารข้อมือและแขน โดยในหนึ่งเกมจะมีเวลาในการเล่นเกม 2 นาที [15] มีหลักการทำงานของเกม ดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการทำงานของเกม

จากรูปที่ 3.12 แสดงขั้นตอนการทำงานของเกม โดยเริ่มจาก

1. การเข้าใจงานโปรแกรม: เริ่มจากการเปิดเกม และลงทะเบียนเข้าใช้งานเกม
2. การเลือกโหมดการใช้งาน: โดยผู้ใช้สามารถเลือก โหมดได้จำนวนทั้งหมด 2 โหมด ได้แก่ โหมดปกติ (Active Mode) และโหมดช่วยเหลือ (Active-Assist Mode)
3. การเลือกเกม: ซึ่งจะมีเกมให้ผู้ใช้เลือกเล่นทั้งหมด 4 เกม และ 4 ท่าทาง ได้แก่
   เกมที่ 1 เกมเก็บลูกฟุตบอล โดยผู้ใช้จะใช้อุปกรณ์เล่นควบคู่ไปกับเกม สำหรับเล่นท่า Supination and Pronation for Wrist ในการเล่น
   เกมที่ 2 เกมกระโดดข้ามรั้ว โดยผู้ใช้จะใช้อุปกรณ์เล่นควบคู่ไปกับเกม Flexion and Extension of Elbow ในการเล่น
   เกมที่ 3 เกมหลบกรวย โดยผู้ใช้จะใช้อุปกรณ์เล่นควบคู่ไปกับเกม Supination and Pronation for wrist and forearm ในการเล่น
   เกมที่ 4 เกมเก็บลูกบาสเกตบอล โดยผู้ใช้จะใช้อุปกรณ์เล่นควบคู่ไปกับเกม Flexion and Extension of Wrist and forearm ในการเล่น
4. การเล่นเกม: เมื่อผู้ใช้เลือกเกมและท่าทางแล้วนั้น ในแต่ละเกมจะมีเวลาในการเล่นทั้งหมด 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การแสดงผลคะแนน: เมื่อจบเกมภายในเวลา 2 นาทีแล้วนั้น จะมีหน้าต่างแสดงผลคะแนน โดยสามารถบันทึกผลคะแนนในรูปแบบไฟล์ .csv และสามารถเลือกเล่นเกมอีกครั้งได้
6. การออกจากเกม: สามารถกดปุ่ม close จากหน้าต่างจอเกมได้

ซึ่งในการออกแบบซอฟแวร์และการพัฒนาเกมในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างเกมมาทั้งหมด 4 เกม และ 2 โหมด ดังนี้

1. เกมที่ 1 เกมเก็บลูกฟุตบอล โดยผู้ใช้จะใช้อุปกรณ์เล่นควบคู่ไปกับเกม สำหรับเล่นท่า Supination and Pronation for Wrist

รูปที่ 3.13 เกมเก็บลูกบอล สำหรับ Supination and Pronation for Forearm

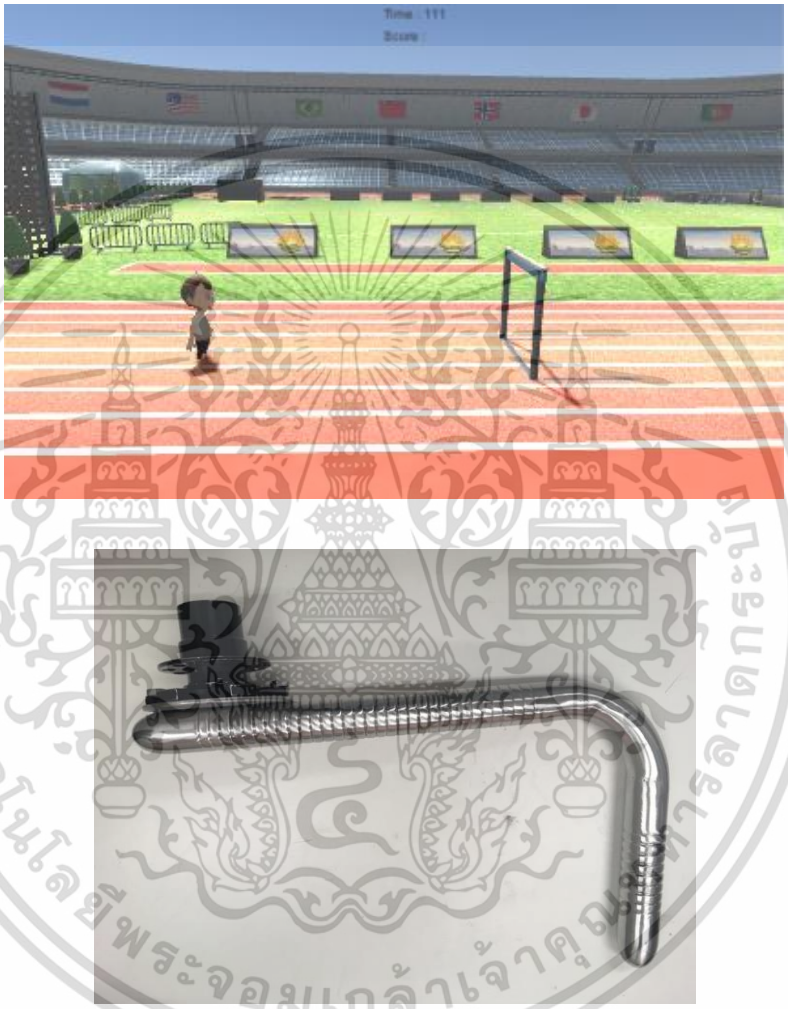
โดยมีการกำหนดกฎ กติกา และวิธีการเล่นเกม ดังนี้

1. ผู้เล่นใช้อุปกรณ์สำหรับท่าที่ 1
2. จากนั้นให้ผู้เล่นใช้มือจับไปที่อุปกรณ์และทำการหมุนไปทางซ้าย – ขวา เพื่อทำการเก็บลูกบอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผู้เล่นหมุนและสามารถเก็บลูกบอลได้ จะได้ 1 คะแนน หากผู้เล่นไม่สามารถรับลูกบอกได้จะไม่ได้คะแนน
4. เกมจะจบลงภายใน 2 นาที และจะแสดงผลจำนวนคะแนน

2. เกมที่ 2 เกมกระโดดข้ามรั้ว โดยผู้ใช้จะใช้อุปกรณ์เล่นควบคู่ไปกับเกม Flexion and Extension of Elbow



รูปที่ 3.14 เกมกระโดดข้ามรั้ว สำหรับ Flexion and Extension of Elbow

โดยกำหนดกฎ กติกา และวิธีการเล่นเกม ดังนี้

1. ผู้เล่นใช้อุปกรณ์สำหรับท่าที่ 2
2. จากนั้นให้ผู้เล่นใช้มือจับไปที่อุปกรณ์และทำการยกขึ้น-ลง เพื่อทำการกระโดดข้ามรั้ว
3. ผู้เล่นกระโดดข้ามรั้วได้โดยไม่สัมผัสรั้วจะได้รับ 1 คะแนน หากผู้เล่นสัมผัสรั้วจะไม่ได้คะแนน
4. เกมจะจบลงภายใน 2 นาที และจะแสดงผลจำนวนคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เกมที่ 3 เกมหลบกรวย โดยผู้ใช้จะใช้อุปกรณ์เล่นควบคู่ไปกับเกม Supination and Pronation for wrist and forearm

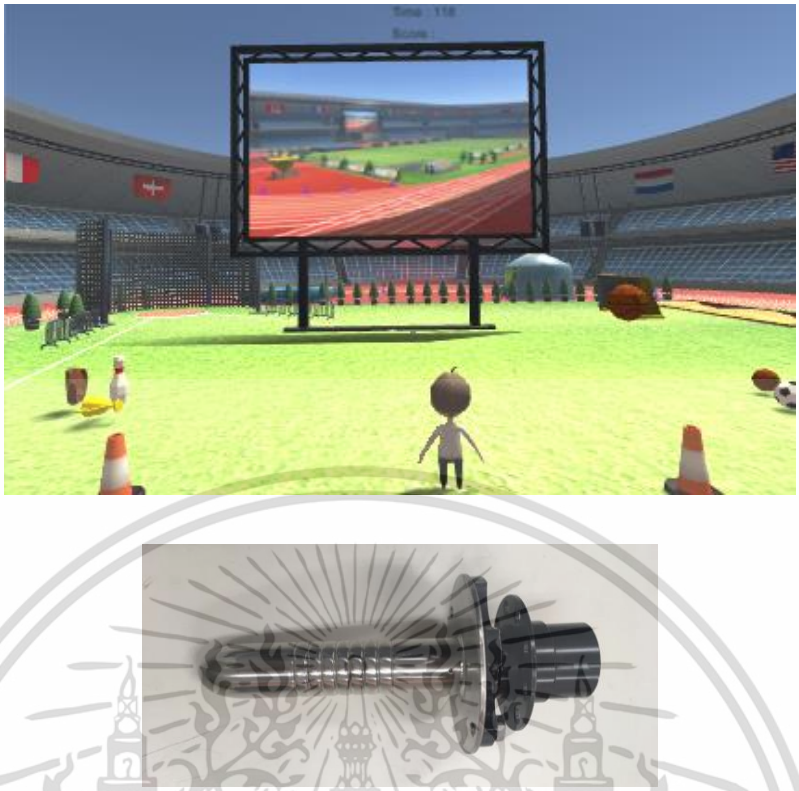
รูปที่ 3.15 เกมหลบกรวย สำหรับ Supination and Pronation of Wrist and Forearm

โดยกำหนดกฎ กติกา และวิธีการเล่นเกม ดังนี้

1. ผู้เล่นใช้อุปกรณ์สำหรับท่าที่ 3
2. จากนั้นให้ผู้เล่นใช้มือจับไปที่อุปกรณ์และทำหมุนมือไปทางซ้าย – ขวา เพื่อทำการหลบกรวย
3. ผู้เล่นสามารถหลบกรวยได้ จะได้ 1 คะแนน หากผู้เล่นไม่สามารถหลบกรายหรือสัมผัสกรวยจะไม่ได้คะแนน
4. เกมจะจบลงภายใน 2 นาที และจะแสดงผลจำนวนคะแนน

4. เกมที่ 4 เกมเก็บลูกบาสเกตบอล โดยผู้ใช้จะใช้อุปกรณ์เล่นควบคู่ไปกับเกม Flexion and Extension of Wrist and forearm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 เกมเก็บลูกบาสเกตบอล สำหรับ Flexion and Extension of Wrist

โดยกำหนดกฎ กติกา และวิธีการเล่นเกม ดังนี้

1. ผู้เล่นใช้อุปกรณ์สำหรับท่าที่ 4
2. จากนั้นให้ผู้เล่นใช้มือจับไปที่อุปกรณ์และทำการหมุนขึ้น-ลง เพื่อทำการเก็บลูกบาสเกตบอล
3. ผู้เล่นหมุนและสามารถเก็บลูกบอลได้ จะได้ 1 คะแนน หากผู้เล่นไม่สามารถรับลูกบอกได้จะไม่ได้คะแนน
4. เกมจะจบลงภายใน 2 นาที และจะแสดงผลจำนวนคะแนน

3.4 การเก็บผลกลุ่มตัวอย่าง

จากขอบเขตการวิจัย ในวิธีการดำเนินการวิจัยนั้นจะต้องทำการเก็บผลกลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตของประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. **ประชากร**

ประชากรที่ 1 ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ทางด้านออกแบบสื่อ เทคโนโลยีทางการแพทย์ นักกายภาพบำบัด เวชศาสตร์ฟื้นฟู และเวชศาสตร์ทางการกีฬา

ประชากรที่ 2 ได้แก่ ผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ไม่จำกัดเพศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **กลุ่มตัวอย่าง**

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มีความสามารถและประสบการณ์ทางด้านออกแบบสื่อเทคโนโลยีทางการแพทย์ นักกายภาพบำบัด เวชศาสตร์ฟื้นฟู และเวชศาสตร์ทางการกีฬา จำนวน 3 คน โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อประเมินคุณภาพของอุปกรณ์

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 ผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยแบ่งออกเป็น

1. การเปรียบเทียบผลจากค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM)จากการวัดโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) ก่อนและหลังใช้งานอุปกรณ์ จำนวน 5 คน

2. การเปรียบเทียบผลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) ก่อนและหลังการใช้งานอุปกรณ์ จำนวน 5 คน

3. การเปรียบเทียบผลคะแนนจากการเล่นเกมขณะใช้งานอุปกรณ์ จำนวน 5 คน

3.4.1 ผู้เชี่ยวชาญประเมินอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน

การจะนำอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนไปให้กลุ่มตัวอย่างหรือผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ไม่จำกัดเพศนั้น จึงจำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความสามารถและประสบการณ์ทางด้านออกแบบสื่อเทคโนโลยีทางการแพทย์ นักกายภาพบำบัด เวชศาสตร์ฟื้นฟู และเวชศาสตร์ทางการกีฬาจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือเสียก่อน เพื่อให้แน่ใจว่ามีข้อมูลที่ได้มาจากเครื่องมือที่มีคุณภาพ น่าเชื่อถือ และปลอดภัย โดยคุณภาพของเครื่องมือ มีเครื่องมือที่สำคัญ 4 ประการ คือ ความตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเที่ยง

ซึ่งในการวิจัยนี้เลือกที่จะหาคุณภาพของเครื่องมือด้วยเครื่องมือ ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ข้อคำถามหรือข้อความแต่ละข้อ วัดได้ตรงครอบคลุม และเป็นตัวแทนของเนื้อหาทั้งหมดที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยวัดจากการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์ (The Index of Item Objective Congruence) หรือค่า IOC
โดยมีสูตร ดังนี้

$$IC = \frac{\sum R}{N} \tag{3.1}$$

เมื่อ IC แทน ดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยาม
$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

โดยแบบประเมินที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปถือว่ามีความเหมาะสม โดยแสดงว่าผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เห็นว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ส่วนข้อที่ได้ค่า IOC น้อยกว่า 0.5 ขึ้นอยู่กับผู้วิจัยว่าจะพิจารณาตัดทิ้งหรือปรับปรุง แก้ไข แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นอีกครั้ง [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM)

ในการออกแบบการทดลองเพื่อการเก็บผลในหัวข้อดังกล่าวนั้น จากการสืบค้นหาข้อมูล สอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัด เวชศาสตร์การกีฬา และการวิเคราะห์ของผู้ทำงานวิจัย พบว่า การประเมินจากการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน เครื่องมือที่ใช้วัดคือ โกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) อ่านค่าที่วัดได้เป็น องศา ในการวิจัยในครั้งนี้ จะทำการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน โดยใช้โกนิโอมิเตอร์วัดองศาการเคลื่อนไหว โดยวัดทั้งหมด 4 ท่า ได้แก่ 1) Forearm Supination and Pronation 2) Wrist Supination and Pronation 3) Elbow flexion and extension และ 4) Wrist Flexion and Extension วัดจำนวน 2 ครั้ง คือ ก่อนใช้อุปกรณ์และหลังใช้อุปกรณ์ เป็นเวลา 3 สัปดาห์

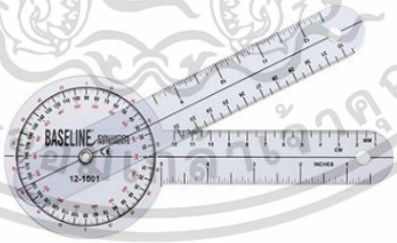
1. วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการวิจัยทดลอง

จากการสืบค้นหาข้อมูล สอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัด เวชศาสตร์การกีฬา และการวิเคราะห์ของผู้ทำงานวิจัย พบว่า เนื่องจากผู้สูงอายุบางคนมีการใช้ข้อมือและแขนทำงานเป็นอย่างหนัก ส่งผลให้เมื่ออายุที่เพิ่มมากขึ้น ข้อมือและแขนมีรูปทรงที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม เพราะเนื่องจากในชีวิตประจำวันได้ใช้ข้อมือและแขนกระทำในท่าเดิม ๆ ซ้ำ ๆ จนทำให้ข้อมือและแขนมีพังผืดมาเกาะ ทำให้ไม่สามารถยืดข้อมือและแขนได้อย่างเช่นเคย ดังนั้น ในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้เพื่อเป็นการเก็บผลการเปลี่ยนแปลงขอค่า Goniometer ก่อนและหลังการใช้งาน

2. เครื่องมือและวิธีการทดลอง

2.1 เครื่องมือ

โกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) [14] คือ อุปกรณ์เครื่องมือในการวัดองศาของข้อต่าง ๆ



รูปที่ 3.17 Goniometer

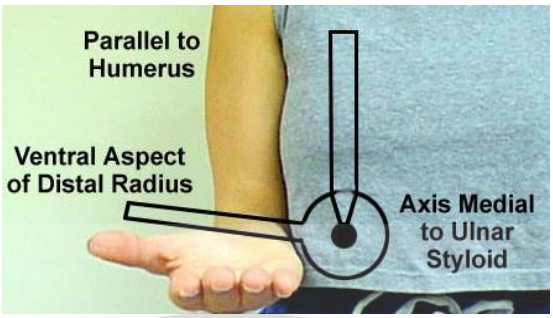
3. วิธีการทดลอง

1. ผู้ทำการทดลอง จัดทางทางให้กลุ่มตัวอย่างทำท่าทาง และทำการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ด้วยโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) มีรายละเอียดดังนี้

1.1 Supination for wrist and forearm โดยมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน อ้างอิงจากAMERICAN MEDICAL ASSOCIATION ที่ 80 องศา ซึ่งในการวัดพิสัยการ

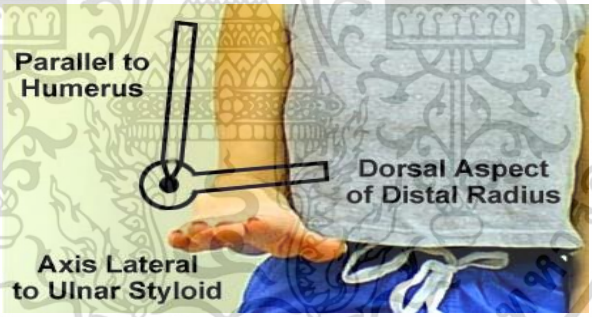
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ด้วยโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) จะให้ทำการหงายมือ และวัดองศาดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การวัด Goniometry สำหรับท่า Supination for wrist and forearm [14]

1.2 Pronation for wrist and forearm โดยมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน อ้างอิงจากAMERICAN MEDICAL ASSOCIATION ที่ 80 องศา ซึ่งในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ด้วยโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) จะให้ทำการคว่ำมือและวัดองศา ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การวัด Goniometry สำหรับท่า Pronation for wrist and forearm [14]

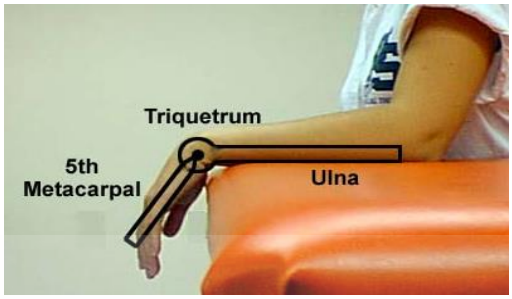
1.3 Supination for wrist and forearm โดยมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน อ้างอิงจากAMERICAN MEDICAL ASSOCIATION ที่ 80 องศา ซึ่งในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ด้วยโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) จะให้ทำการกำมือ หงายมือ และวัดองศา

1.4 Pronation for wrist and forearm โดยมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน อ้างอิงจากAMERICAN MEDICAL ASSOCIATION ที่ 80 องศา ซึ่งในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ด้วยโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) จะให้ทำการกำมือ คว่ำมือ และวัดองศา

1.5 Wrist Flexion โดยมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน อ้างอิงจากAMERICAN MEDICAL ASSOCIATION ที่ 60 องศา ซึ่งในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motion: ROM) ด้วยโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) จะให้ทำการหักข้อมือลง และวัดองศา ดังรูปที่ 3.20

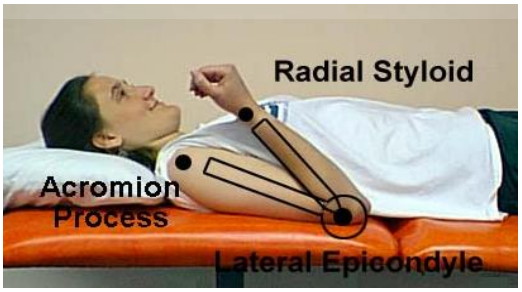


รูปที่ 3.20 การวัด Goniometry สำหรับท่า Wrist Flexion [14]

1.6 Wrist Extension โดยมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน อ้างอิงจากAMERICAN MEDICAL ASSOCIATION ที่ 60 องศา ซึ่งในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ด้วยโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) จะให้ทำการหักข้อมือขึ้น และวัดองศา ดังรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 การวัด Goniometry สำหรับท่า Wrist Extension [14]

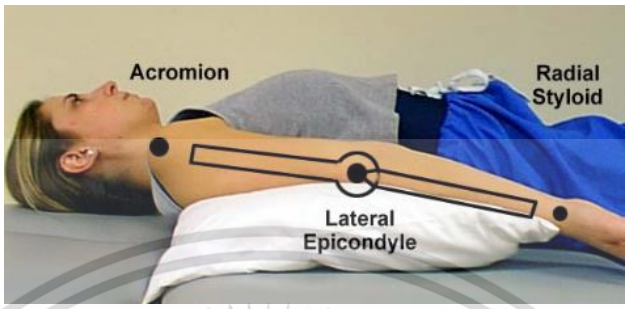
1.7 Elbow Flexion โดยมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน อ้างอิงจากAMERICAN MEDICAL ASSOCIATION ที่ 140 องศา ซึ่งในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ด้วยโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) จะให้ทำพับแขน และวัดองศา ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การวัด Goniometry สำหรับท่า Elbow Flexion [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 Extension for elbow โดยมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน อ้างอิงจาก AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION ที่ 0 องศา ซึ่งในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ด้วยโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) จะให้ทำการยืดแขนวางยาว และวัดองศา ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 การวัด Goniometry สำหรับท่า Extension for elbow [14]

2. ทำการบันทึกผลก่อนและหลังการใช้งานอุปกรณ์เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์

3.4.3 ผลคะแนนจากการเล่นเกม

3.2.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการวิจัยทดลอง

จากการสืบค้นหาข้อมูล สอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัด เวชศาสตร์การกีฬา และการวิเคราะห์ของผู้ทำงานวิจัย พบว่า เนื่องจากผู้สูงอายุบางคนมีการใช้ข้อมือและแขนทำงานเป็นอย่างหนัก ส่งผลให้เมื่ออายุที่เพิ่มมากขึ้น ข้อมือและแขนมีรูปทรงที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม เพราะเนื่องจากในชีวิตประจำวันได้ใช้ข้อมือและแขนกระทำในท่าเดิม ๆ ซ้ำๆ จนทำให้ข้อมือและแขนมีพังผืดมาเกาะ ทำให้ไม่สามารถยืดข้อมือและแขนได้อย่างเช่นเคย ดังนั้น ในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ทราบผลคะแนนจากการเล่นเกมในแต่ละครั้งว่ามีการพัฒนายิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องมือและวิธีการทดลอง

1.1 เครื่องมือ

รูปที่ 3.24 คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน

1) คอมพิวเตอร์ ใช้สำหรับในการเปิดเกม

2. อุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน โดยประกอบไปด้วยตัวเครื่องควบคุมการทำงานและอุปกรณ์ของแต่ละท่าทาง เพื่อใช้ในการออกกำลังกายในท่าต่าง ๆ

1.2 วิธีการทดลอง

1) กลุ่มตัวอย่างลงทะเบียนเข้าใช้งานเกม

รูปที่ 3.25 หน้าต่างลงทะเบียน เพื่อเข้าเล่นเกม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ทำการเลือกโหมดที่ต้องการ โดยภายในเกมมีให้เลือกทั้งหมด 2 โหมด ได้แก่ Active Mode และ Assist Mode

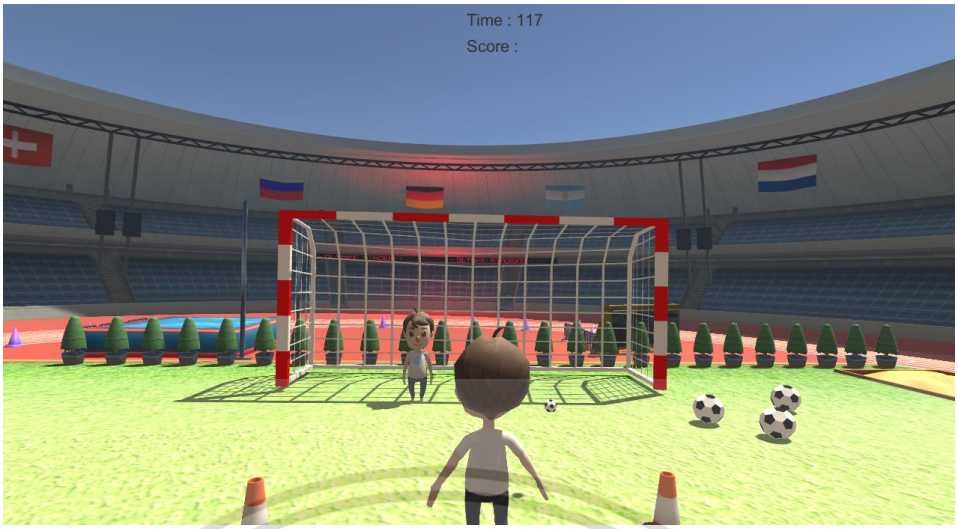
รูปที่ 3.26 หน้าต่างเกมสำหรับการเลือกโหมด ซึ่งมีทั้งหมด 2 โหมด ได้แก่ 1) โหมดปกติ (Active Mode) และ 2) โหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode)

3) ทำการเลือกเกมที่ต้องการ โดยมีทั้งหมด 4 เกม

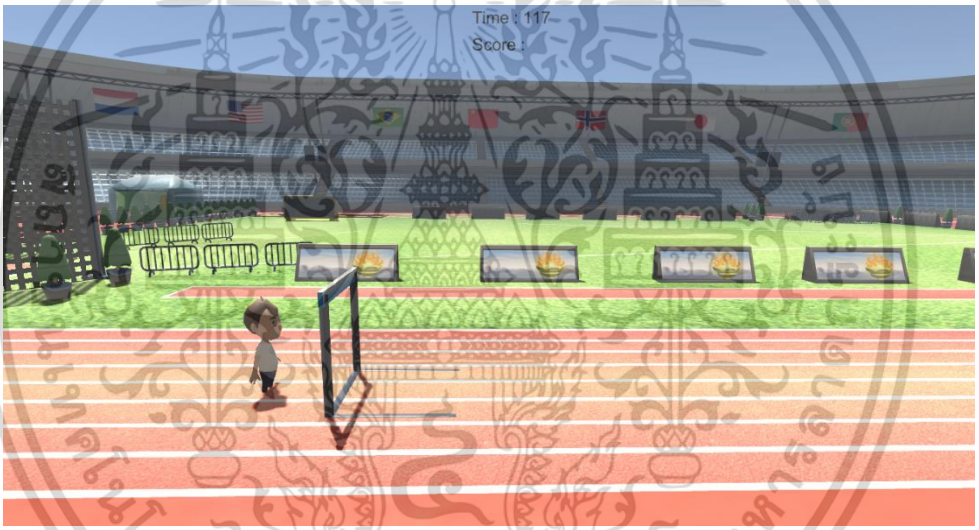
รูปที่ 3.27 หน้าต่างเกมสำหรับการเลือกเกม ทั้งหมด 4 เกม

4) เข้าสู่เกม โดยระยะเวลาในการเล่มเกมทั้งหมด 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

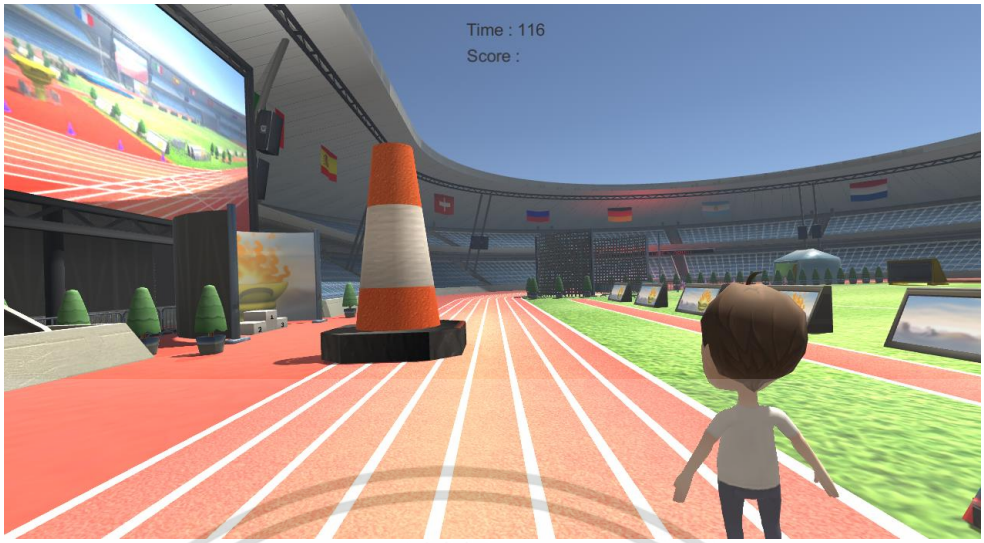


รูปที่ 3.28 หน้าต่างเกมสำหรับเกมที่ 1 Supination and Pronation for wrist



รูปที่ 3.29 หน้าต่างเกมสำหรับเกมที่ 2 Flexion and Extension of Elbow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

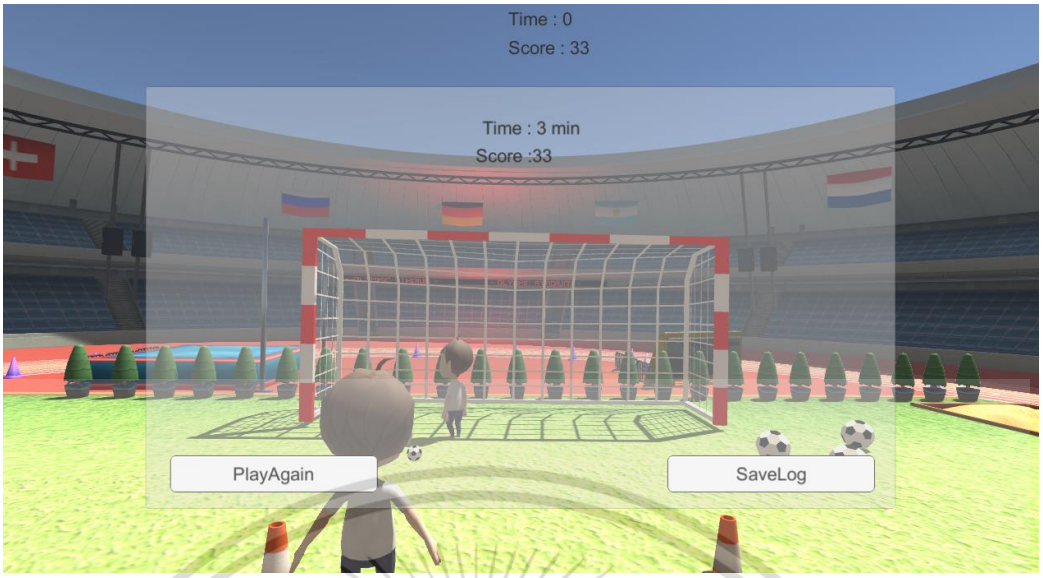


รูปที่ 3.30 หน้าต่างเกมสำหรับเกมที่ 3 Supination and Pronation of wrist and forearm

รูปที่ 3.31 หน้าต่างเกมสำหรับเกมที่ 4 Flexion and Extension of wrist

5) เมื่อจบเกม กลุ่มตัวอย่างทำการบันทึกผลคะแนนในการเล่นเกมในแต่ละครั้ง เป็นไฟล์ Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 หน้าต่างเกมในหน้าจบเกม

3.4.4 การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG: Electromyogram)

1. วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการวิจัยทดลอง

จากการสืบค้นหาข้อมูล สอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัด เวชศาสตร์การกีฬา และการวิเคราะห์ของผู้ทำงานวิจัย พบว่า เนื่องจากผู้สูงอายุบางคนมีการใช้ข้อมือและแขนทำงานเป็นอย่างหนัก ส่งผลให้เมื่ออายุที่เพิ่มมากขึ้น ข้อมือและแขนมีรูปทรงที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม เพราะเนื่องจากในชีวิตประจำวันได้ใช้ข้อมือและแขนกระทำในท่าเดิม ๆ ซ้ำ ๆ จนทำให้ข้อมือและแขนมีพังผืดมาเกาะ ทำให้ไม่สามารถยืดข้อมือและแขนได้อย่างเช่นเคย ดังนั้น ในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ทราบผลการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อก่อน และขณะเล่นเกม

2. เครื่องมือและวิธีการทดลอง

2.1 เครื่องมือ

1) e-health cooking hack: EMG และ Electrode

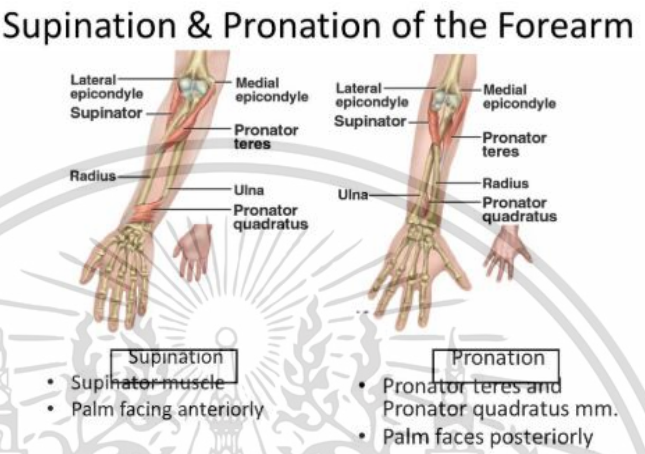
รูปที่ 3.33 E-health cooking hack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

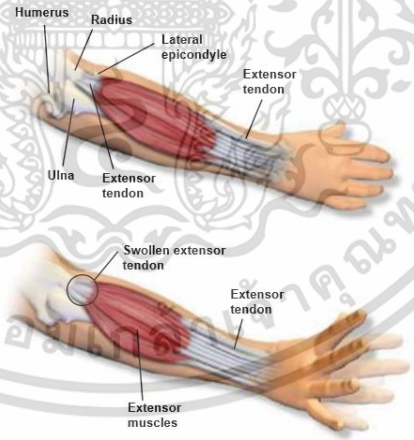
2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อก่อนการใช้งาน

1) ทำการเช็ดข้อมือและแขนกลุ่มตัวอย่างด้วยแอลกอฮอล์ เพื่อทำการทำความสะอาดเหงื่อและครีมทาผิว
2) ติด Electrode ตามจุดกล้ามเนื้อที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.27 – 3.30



รูปที่ 3.34 ตำแหน่งกล้ามเนื้อ สำหรับท่า Supination and Pronation

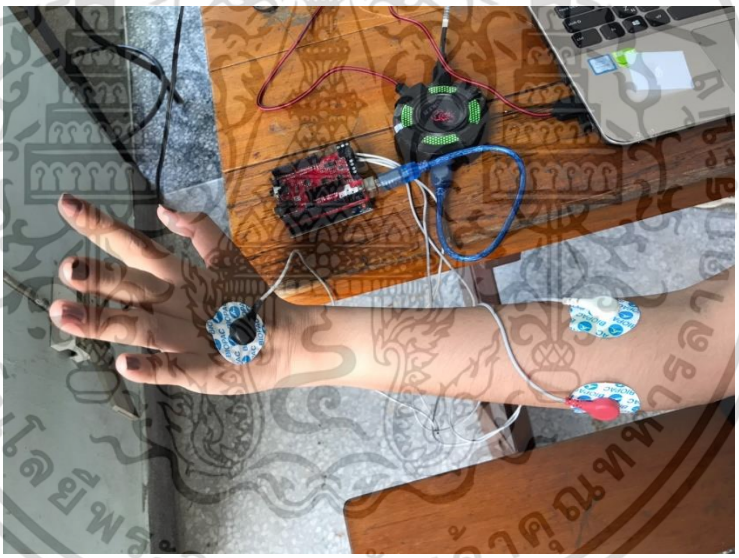


รูปที่ 3.35 ตำแหน่งกล้ามเนื้อ สำหรับท่า Flexion and Extension of Wrist and forearm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

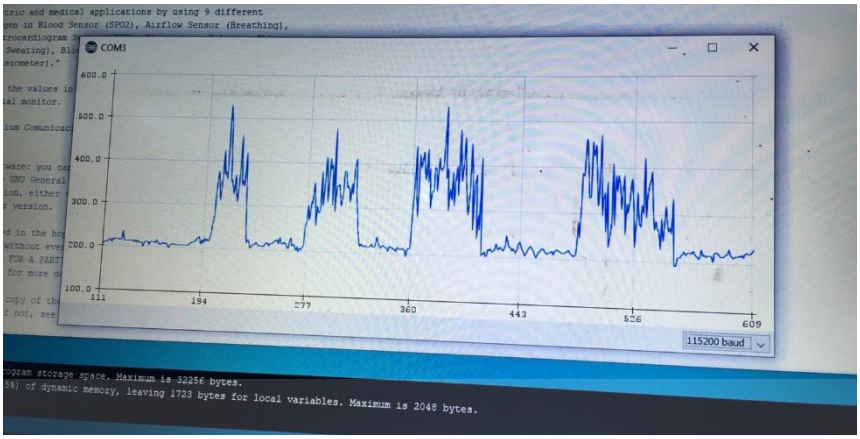
รูปที่ 3.36 ตำแหน่งกล้ามเนื้อ สำหรับท่า Flexion and Extension of Elbow

1) ทำการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) เป็นเวลา 1 นาที โดยให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงในท่าทางที่ต้องการให้สุดแรงหรือเต็มกำลัง ดังแสดงในรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 แสดงขณะวัดกล้ามเนื้อก่อนการใช้งานอุปกรณ์ในท่า Flexion and Extension of Wrist and forearm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 แสดงค่า Raw EMG จากการวัดด้วย E-health cooking hack โดยแสดงผลบนโปรแกรม Arduino

3) จากนั้นนำค่า Raw EMG บันทึกเป็นไฟล์ .csv

4) จากนั้นนำไฟล์ .csv มาทำการวิเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยใช้โปรแกรม AcqKnowledge 4.2

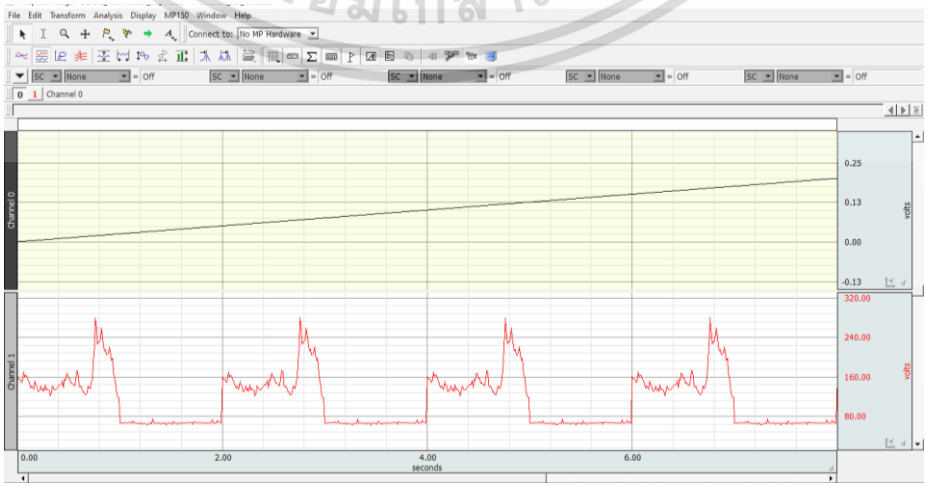
2.2.2 การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อก่อนใช้งานและขณะการใช้งานของ Active – Mode และ Active – Assist Mode

1) ทำการเช็ดข้อมือและแขนกลุ่มตัวอย่างด้วยแอลกอฮอล์ เพื่อทำการทำความสะอาดเหงื่อ และครีมทาผิว

2) ติด Electrode ตามจุดกล้ามเนื้อที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.34 – 3.36

3) ทำการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) ขณะเล่นเกมเป็นเวลา 1 นาที ดังแสดงในรูปที่ 3.38

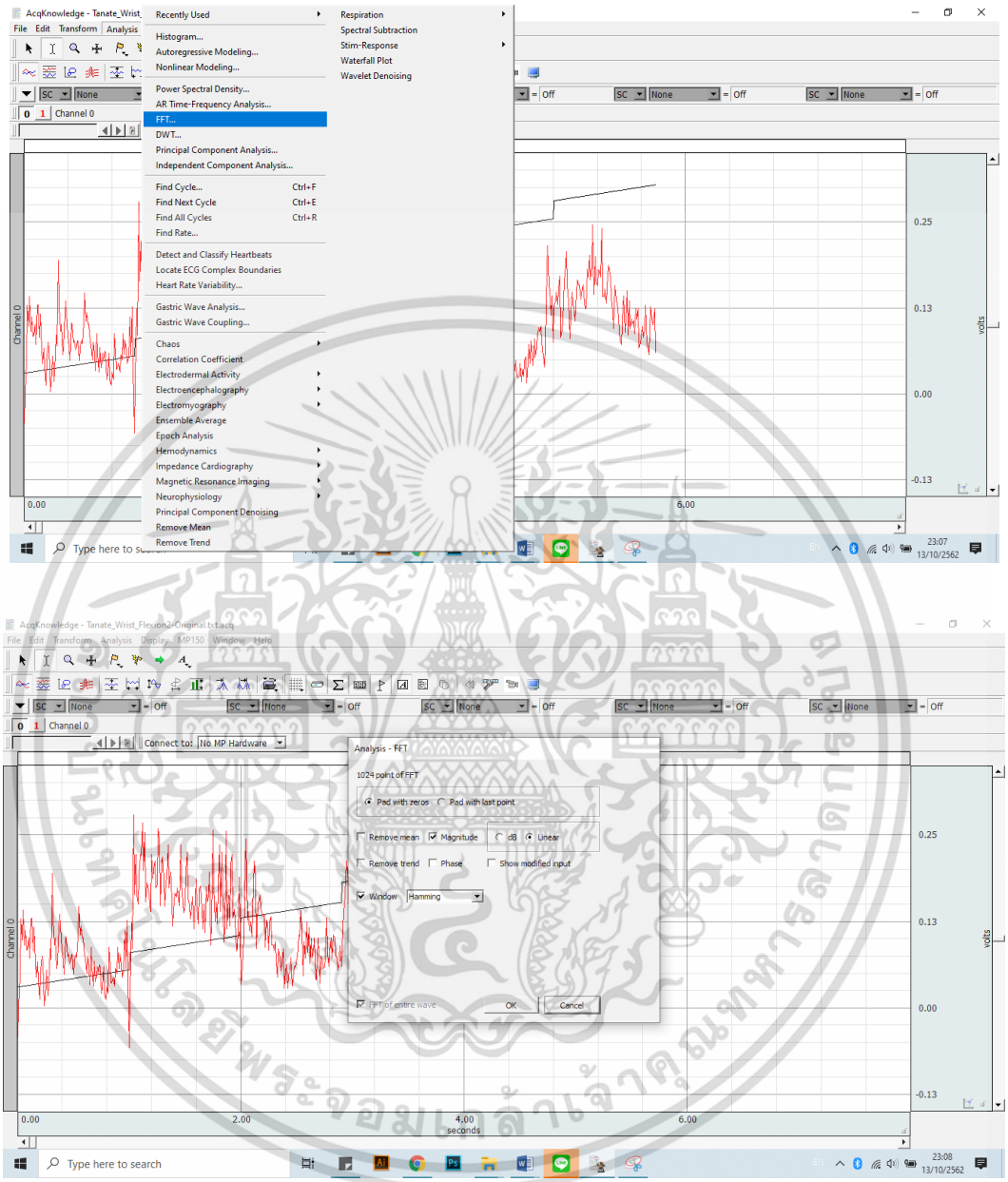
4) จากนั้นนำเข้าสัญญาณ Raw EMG โดยใช้โปรแกรม AcqKnowledge 4.2



รูปที่ 3.39 Raw EMG ก่อนใช้งานอุปกรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง (ผู้สูงอายุ)

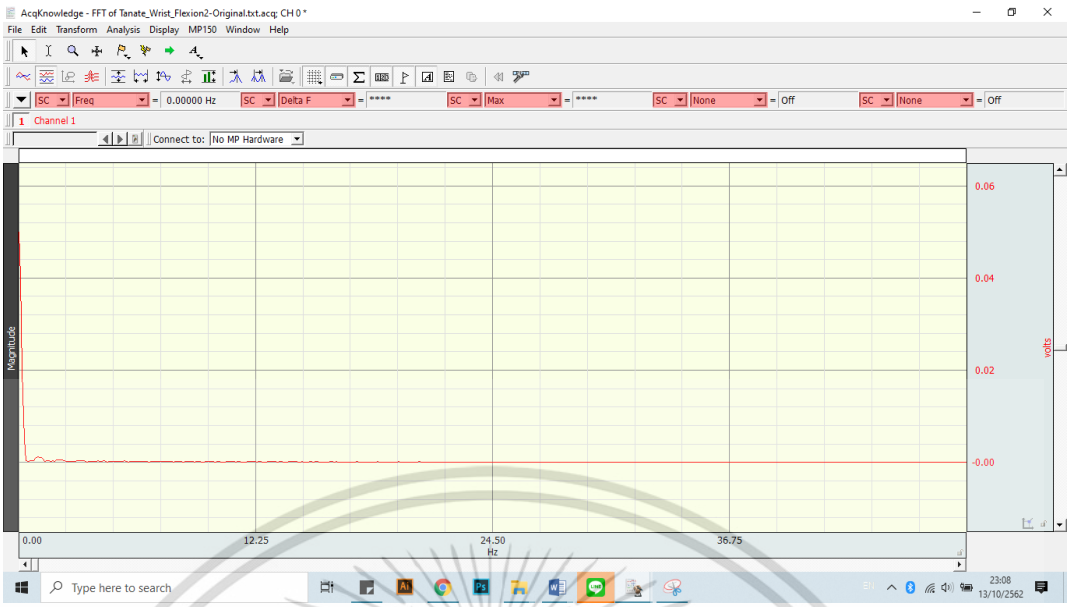
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการวิเคราะห์สัญญาณด้วย การวิเคราะห์ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอย่างเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT)



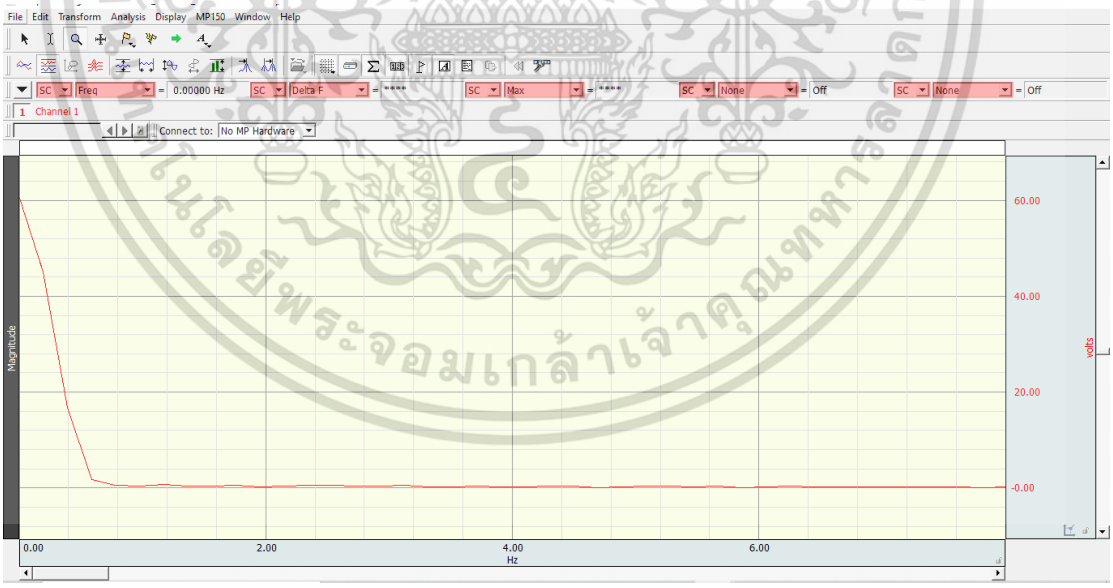
รูปที่ 3.40 วิเคราะห์ Raw EMG ก่อนใช้งานอุปกรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง (ผู้สูงอายุ) ด้วย FFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

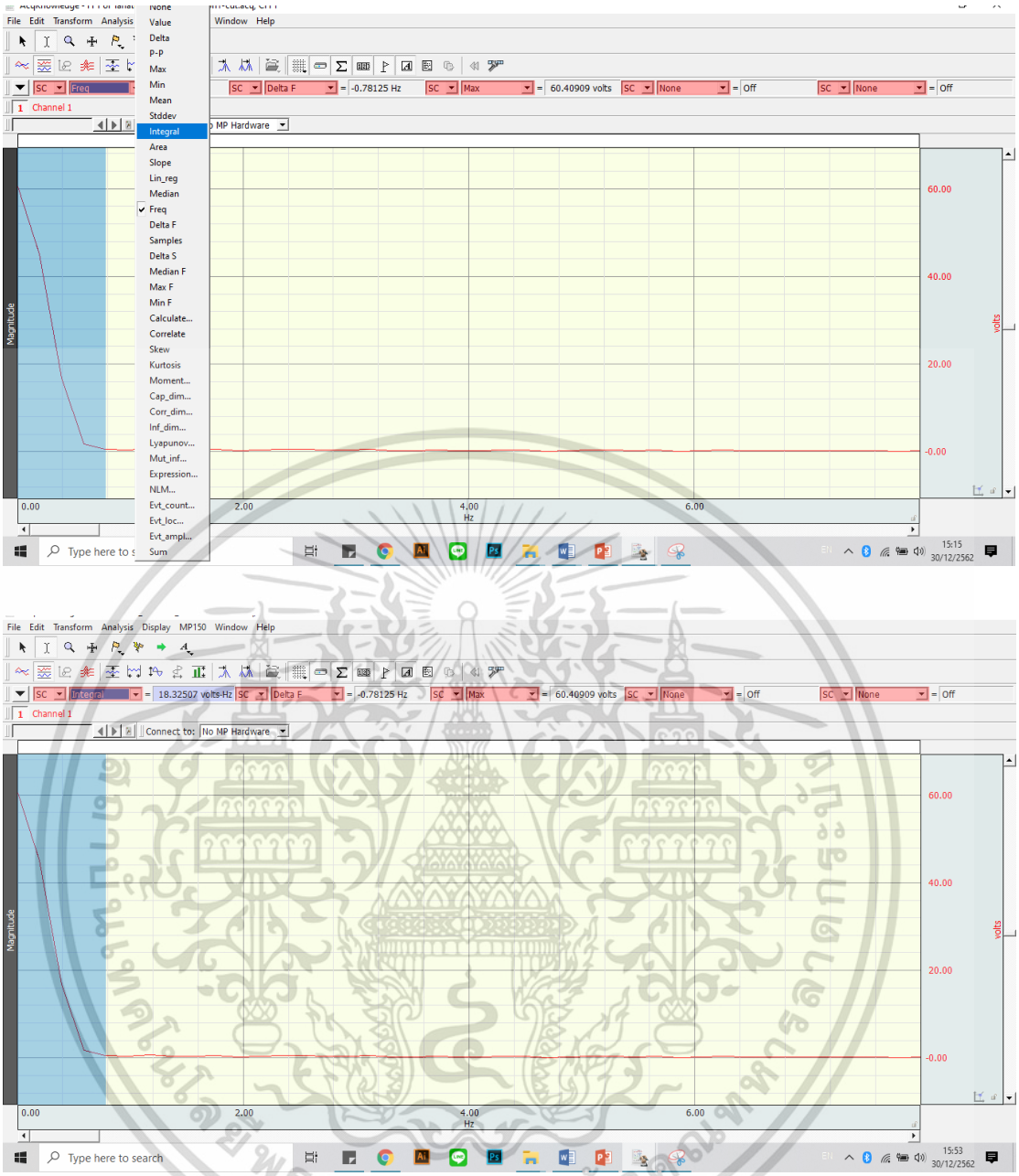


รูปที่ 3.41 แสดงผลการวิเคราะห์ EMG ก่อนใช้งานอุปกรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง (ผู้สูงอายุ) ด้วย FFT

6. การอินทิกรัลแบบจำกัดเขต (Definite Integral) เพื่อการหาพื้นที่ใต้เส้นโค้งของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.42 แสดงผลการหาค่าอินทิกรัล EMG ก่อนใช้งานอุปกรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง (ผู้สูงอายุ)

7. นำค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการคำนวณหาค่าอินทิกรัลของ EMG_{before} มาเปรียบเทียบกับ $EMG_{after(Active)}$ และ $EMG_{after(Active-Assist)}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง และอภิปรายผล

ในวิธีการดำเนินการวิจัยนั้นจะต้องทำการเก็บผลกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป จำนวน 5 คน ทั้งหมด 2 โหมดด้วยกัน ได้แก่ โหมดปกติ (Active Mode) และ โหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode) ซึ่งในแต่ละโหมดจะมีเกมให้กลุ่มตัวอย่างเล่นแตกต่างกันออกไปทั้งหมด 4 เกมหรือ 4 ท่าทาง เพื่อบริหารส่วนของข้อมือและแขน ซึ่งในการนำผลมาวิเคราะห์นั้นจะดูจาก 1) การวัดค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) 2) คะแนนจากการเล่นเกม และ 3) การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG)

4.1 ผู้เชี่ยวชาญประเมินอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน

ในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ ซึ่งการจะนำอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนไปให้กลุ่มตัวอย่างหรือผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ไม่จำกัดเพศนั้น จึงจำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความสามารถและประสบการณ์ทางด้านออกแบบสื่อเทคโนโลยีทางการแพทย์ นักกายภาพบำบัด เวชศาสตร์ฟื้นฟู และเวชศาสตร์ทางการกีฬา จำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือเสียก่อน เพื่อให้แน่ใจว่ามีข้อมูลที่ได้มาจากเครื่องมือที่มีคุณภาพน่าเชื่อถือ และปลอดภัยต่อการใช้งาน โดยทางผู้วิจัยได้

ซึ่งในการวิจัยนี้เลือกที่จะหาคุณภาพของเครื่องมือด้วยเครื่องมือ ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ข้อคำถามหรือข้อความแต่ละข้อ วัดได้ตรงครอบคลุม และเป็นตัวแทนของเนื้อหาทั้งหมดที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยวัดจากการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์ (The Index of Item Objective Congruence) หรือค่า IOC โดยแบบประเมินที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปถือว่ามีความเหมาะสม โดยแสดงว่าผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เห็นว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ส่วนข้อที่ได้ค่า IOC น้อยกว่า 0.5 ขึ้นอยู่กับผู้วิจัยว่าจะพิจารณาตัดทิ้งหรือปรับปรุงแก้ไข แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นอีกครั้ง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เชิญผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. คุณวรพงษ์ คงทอง นักกายภาพบำบัดประจำทีมตะกร้อชาย ชุดทีมชาติไทย
2. อาจารย์วิจิตรา ประสาทแก้ว อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชามีเดียชีวการแพทย์ โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3. อาจารย์ศิวัช สุขศรี อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีรายละเอียดและสรุปผลแสดงความคิดเห็นของแบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อการวิจัยตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางวิเคราะห์ความคิดเห็นของแบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อการวิจัย

รายการความคิดเห็น	ประมาณค่าความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่			ค่า IOC	แปลผล
	1 (คุณวรพงษ์)	2 (อาจารย์วิจิตรา)	3 (อาจารย์ศิวัช)		
1.ด้านอุปกรณ์					
1.1 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	0	+1	+1	0.6	ใช้ได้
1.2 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการบริหารข้อมือและแขน	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.3 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการบริหารข้อมูลและแขนในผู้สูงอายุ	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
1.4 โดยส่วนรวมท่านคิดว่าอุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการกระตุ้นให้ผู้สูงอายุหันมาสนใจออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น	+1	0	+1	0.6	ใช้ได้
2.ด้านเกม					
2.1 เกมมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในแต่ละท่าทาง	0	+1	+1	0.6	ใช้ได้
2.2 เกมมีความเหมาะสมต่ออุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้
2.3 เกมมีความเหมาะสมต่อการรับรู้ของผู้สูงอายุ	0	+1	0	0.3	ปรับปรุง
2.4 โดยภาพรวมท่านคิดว่าเกมมีประสิทธิภาพต่อการกระตุ้นให้ผู้สูงอายุหันมาสนใจการออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น	+1	+1	+1	1.0	ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

$$\text{ค่า IOC} = \frac{0.6+1.0+1.0+0.6+0.6+1.0+0.3+1.0}{8} = \frac{6.1}{8} = 0.76$$

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของแบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อการวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.76 คะแนน ซึ่งสามารถนำงานวิจัยนี้ไปใช้งานได้

4.2 ผลการวัดค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM)

ในการออกแบบการทดลองเพื่อการเก็บผลในหัวข้อดังกล่าวนั้น จากการสืบค้นหาข้อมูลสอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัด เวชศาสตร์การกีฬา และการวิเคราะห์ของผู้ทำงานวิจัย พบว่า การประเมินจากการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน เครื่องมือที่ใช้วัดคือ โกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) อ่านค่าที่วัดได้เป็น องศา ในการวิจัยในครั้งนี้ จะทำการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อมือและแขน โดยใช้โกนิโอมิเตอร์วัดองศาการเคลื่อนไหว โดยวัดทั้งหมด 4 ท่า ได้แก่ 1) Forearm Supination and Pronation 2) Wrist Supination and Pronation 3) Elbow flexion and extension และ 4) Wrist Flexion and Extension วัดจำนวน 2 ครั้ง คือ ก่อนใช้อุปกรณ์และหลังใช้อุปกรณ์ เป็นเวลา 3 สัปดาห์

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion : ROM) ก่อนและหลังการใช้งานอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนด้วยโกนิโอมิเตอร์

กลุ่มตัวอย่าง	ท่าบริหารข้อมือและแขน	การวัดพิสัยการเคลื่อนไหว	
		ก่อนใช้งาน	หลังการใช้งาน
กลุ่มตัวอย่างที่ 1	Supination forearm	78°	80°
	Pronation forearm	77°	79°
	Flexion Elbow	138°	140°
	Extension Elbow	4°	3°
	Supination Wrist and forearm	88°	90°
	Pronation Wrist and forearm	87°	90°
	Flexion Wrist	52°	59°
	Extension Wrist	54°	60°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มตัวอย่าง	ท่าบริหารข้อมือและแขน	การวัดพิสัยการเคลื่อนไหว	
		ก่อนใช้งาน	หลังการใช้งาน
กลุ่มตัวอย่างที่ 2	Supination forearm	77°	80°
	Pronation forearm	78°	80°
	Flexion Elbow	130°	134°
	Extension Elbow	9°	6°
	Supination Wrist and forearm	80°	80°
	Pronation Wrist and forearm	88°	89°
	Flexion Wrist	52°	55°
	Extension Wrist	43°	50°
กลุ่มตัวอย่างที่ 3	Supination forearm	78°	80°
	Pronation forearm	80°	80°
	Flexion Elbow	137°	139°
	Extension Elbow	0°	0°
	Supination Wrist and forearm	88°	89°
	Pronation Wrist and forearm	90°	90°
	Flexion Wrist	59°	59°
	Extension Wrist	60°	60°
กลุ่มตัวอย่างที่ 4	Supination forearm	79°	80°
	Pronation forearm	80°	80°
	Flexion Elbow	139°	139°
	Extension Elbow	0°	0°
	Supination Wrist and forearm	89°	89°
	Pronation Wrist and forearm	90°	90°
	Flexion Wrist	60°	60°
	Extension Wrist	55°	56°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มตัวอย่างที่ 5	Supination forearm	78°	79°
	Pronation forearm	80°	80°
	Flexion Elbow	130°	131°
	Extension Elbow	0°	0°
	Supination Wrist & forearm	88°	89°
	Pronation Wrist and forearm	90°	90°
	Flexion Wrist	60°	60°
	Extension Wrist	40°	42°

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ก่อนและหลังการใช้งานอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนด้วยโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) โดยวัดจากกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ไม่จำกัดเพศ จำนวน 5 คน พบว่า การวัดพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) ด้วยโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) ซึ่งค่าองศาหลังการใช้งานนั้นเพิ่มขึ้นจากก่อนการใช้งานอุปกรณ์ โดยมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1 – 2 องศา

4.3 ผลคะแนนจากการเล่นเกม

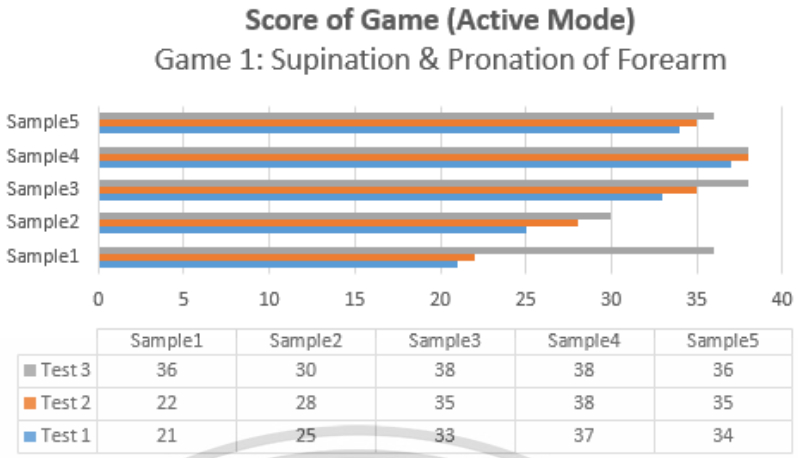
จากการสืบค้นหาข้อมูล สอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัด เวชศาสตร์การกีฬา และการวิเคราะห์ของผู้ทำงานวิจัย พบว่า เนื่องจากผู้สูงอายุบางคนมีการใช้ข้อมือและแขนทำงานเป็นอย่างหนัก ส่งผลให้เมื่ออายุที่เพิ่มมากขึ้น ข้อมือและแขนมีรูปทรงที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม เพราะเนื่องจากในชีวิตประจำวันได้ใช้ข้อมือและแขนกระทำในท่าเดิม ๆ ซ้ำ ๆ จนทำให้ข้อมือและแขนมีพังผืดมาเกาะ ทำให้ไม่สามารถยืดข้อมือและแขนได้อย่างเช่นเคย ดังนั้น ในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ทราบผลคะแนนจากการเล่นเกมในแต่ละครั้งว่ามีการพัฒนายิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลคะแนนจากการเล่นเกมในโหมดปกติ (Active Mode)

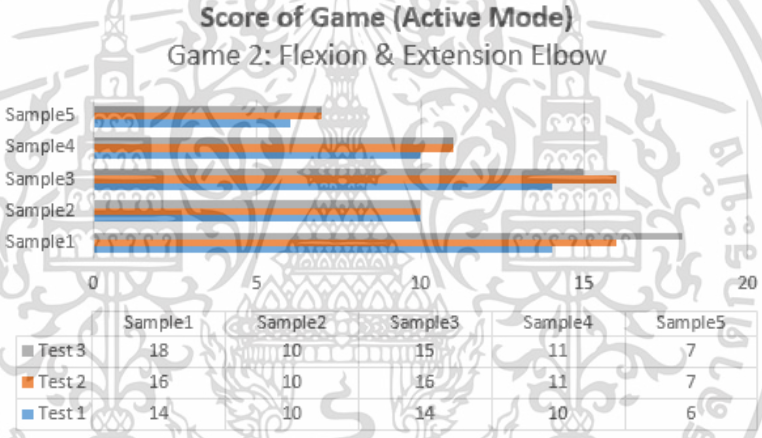
กลุ่มตัวอย่าง	เกม	คะแนนในโหมดปกติ (Active Mode)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
กลุ่มตัวอย่างที่ 1	Game 1: Supination & Pronation forearm	21	22	36
	Game 2: Flexion & Extension Elbow	14	16	18
	Game 3: Supination & Pronation Wrist & forearm	15	20	27
	Game 4: Flexion & Extension Wrist	22	27	31
กลุ่มตัวอย่างที่ 2	Game 1: Supination & Pronation forearm	25	28	30
	Game 2: Flexion & Extension Elbow	10	10	10
	Game 3: Supination & Pronation Wrist & forearm	15	18	20
	Game 4: Flexion & Extension Wrist	37	37	38
กลุ่มตัวอย่างที่ 3	Game 1: Supination & Pronation forearm	33	35	38
	Game 2: Flexion & Extension Elbow	14	16	15
	Game 3: Supination & Pronation Wrist & forearm	29	30	30
	Game 4: Flexion & Extension Wrist	23	25	28
กลุ่มตัวอย่างที่ 4	Game 1: Supination & Pronation forearm	37	38	38
	Game 2: Flexion & Extension Elbow	10	11	11
	Game 3: Supination & Pronation Wrist & forearm	27	30	30
	Game 4: Flexion & Extension Wrist	23	25	30
กลุ่มตัวอย่างที่ 5	Game 1: Supination & Pronation forearm	34	35	36
	Game 2: Flexion & Extension Elbow	6	7	7
	Game 3: Supination & Pronation Wrist & forearm	12	15	18
	Game 4: Flexion & Extension Wrist	32	33	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



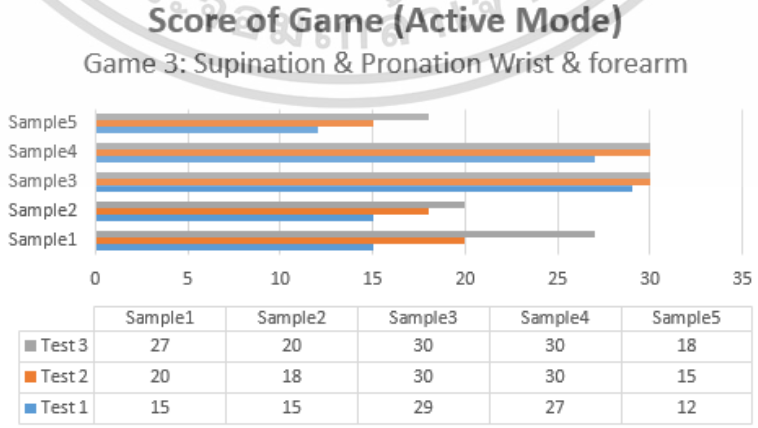
	Sample1	Sample2	Sample3	Sample4	Sample5
Test 3	36	30	38	38	36
Test 2	22	28	35	38	35
Test 1	21	25	33	37	34

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 1 ท่า Supination and Pronation of Forearm โหมดปกติ (Active Mode)



	Sample1	Sample2	Sample3	Sample4	Sample5
Test 3	18	10	15	11	7
Test 2	16	10	16	11	7
Test 1	14	10	14	10	6

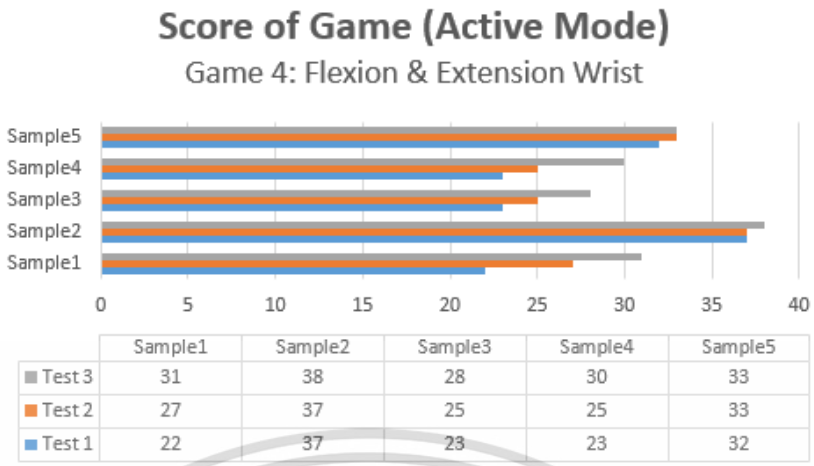
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 2 ท่า Flexion and Extension of Elbow โหมดปกติ (Active Mode)



	Sample1	Sample2	Sample3	Sample4	Sample5
Test 3	27	20	30	30	18
Test 2	20	18	30	30	15
Test 1	15	15	29	27	12

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 3 ท่า Supination and Pronation of wrist and forearm โหมดปกติ (Active Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 4 ท่า Flexion and Extension of wrist โหมดปกติ (Active Mode)

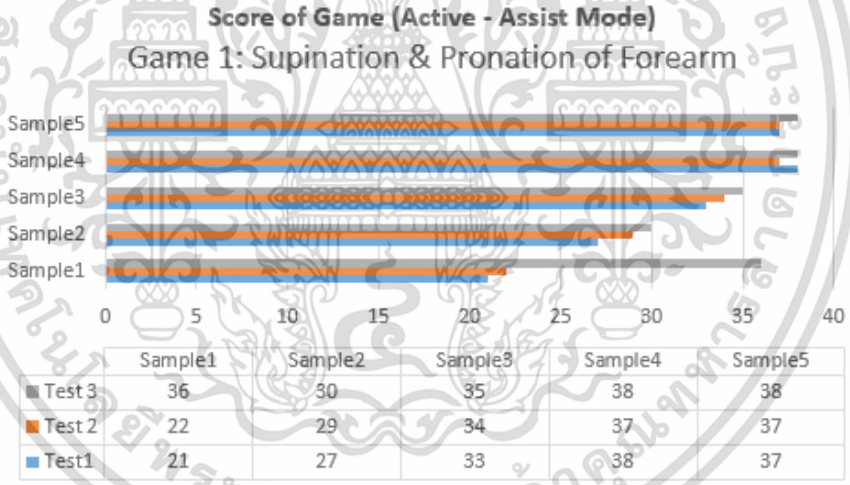
จากตารางที่ 4.3 และ รูปที่ 4.1 – 4.4 แสดงผลคะแนนจากการเล่นเกมในโหมดปกติ (Active Mode) โดยวัดจากกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ไม่จำกัดเพศ จำนวน 5 คน พบว่า ผลคะแนนจากการเล่นเกมทั้งหมด จำนวน 3 ครั้ง โดยกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์

ตารางที่ 4.4 แสดงผลคะแนนจากการเล่นเกมในโหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode)

กลุ่มตัวอย่าง	เกม	คะแนนในโหมดปกติ (Active Mode)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
กลุ่มตัวอย่างที่ 1	Game 1: Supination & Pronation forearm	21	22	36
	Game 2: Flexion & Extension Elbow	14	16	18
	Game 3: Supination & Pronation Wrist & forearm	15	20	27
	Game 4: Flexion & Extension Wrist	22	27	31
กลุ่มตัวอย่างที่ 2	Game 1: Supination & Pronation forearm	27	29	30
	Game 2: Flexion & Extension Elbow	15	18	19
	Game 3: Supination & Pronation Wrist & forearm	27	28	30
	Game 4: Flexion & Extension Wrist	29	34	36

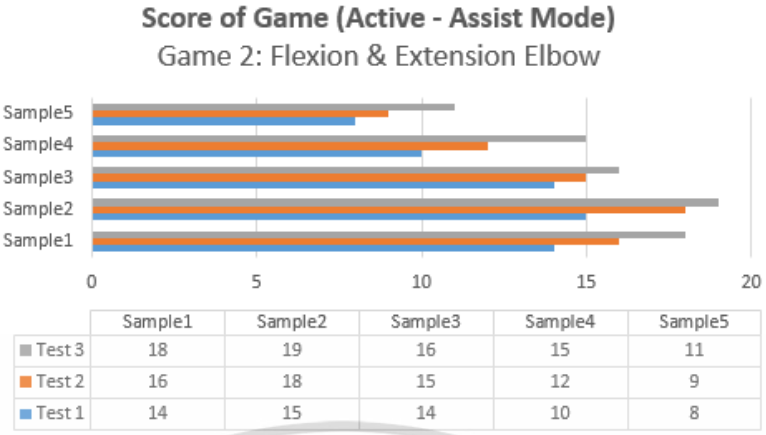
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มตัวอย่างที่ 3	Game 1: Supination & Pronation forearm	33	34	35
	Game 2: Flexion & Extension Elbow	14	15	16
	Game 3: Supination & Pronation Wrist & forearm	29	31	32
	Game 4: Flexion & Extension Wrist	23	26	28
กลุ่มตัวอย่างที่ 4	Game 1: Supination & Pronation forearm	38	37	38
	Game 2: Flexion & Extension Elbow	10	12	15
	Game 3: Supination & Pronation Wrist & forearm	31	33	33
	Game 4: Flexion & Extension Wrist	24	25	33
กลุ่มตัวอย่างที่ 5	Game 1: Supination & Pronation forearm	37	37	38
	Game 2: Flexion & Extension Elbow	8	9	11
	Game 3: Supination & Pronation Wrist & forearm	17	20	25
	Game 4: Flexion & Extension Wrist	27	28	32



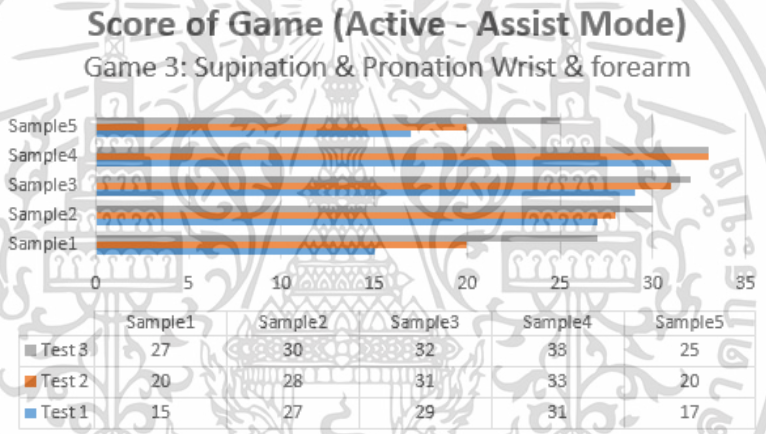
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 1 ท่า Supination and Pronation of wrist and forearm โหมดช่วยเหลือ (Active-Assist Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



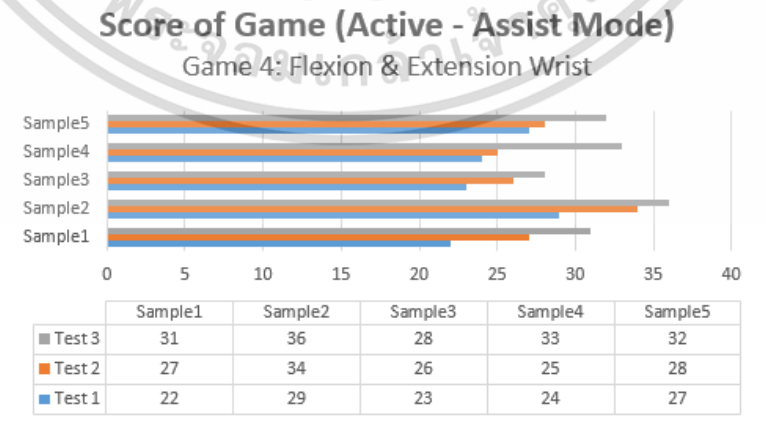
	Sample1	Sample2	Sample3	Sample4	Sample5
Test 3	18	19	16	15	11
Test 2	16	18	15	12	9
Test 1	14	15	14	10	8

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 2 ท่า Flexion and Extension of Elbow โหมดช่วยเหลือ (Active-Assist Mode)



	Sample1	Sample2	Sample3	Sample4	Sample5
Test 3	27	30	32	33	25
Test 2	20	28	31	33	20
Test 1	15	27	29	31	17

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 3 ท่า Supination and Pronation of wrist and forearm โหมดช่วยเหลือ (Active-Assist Mode)



	Sample1	Sample2	Sample3	Sample4	Sample5
Test 3	31	36	28	33	32
Test 2	27	34	26	25	28
Test 1	22	29	23	24	27

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลคะแนนของเกมที่ 4 ท่า Flexion and Extension of wrist โหมดช่วยเหลือ (Active-Assist Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 – 4.8 แสดงผลคะแนนจากการเล่นเกมในโหมดช่วยเหลือ (Active – Assist Mode) โดยวัดจากกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ไม่จำกัดเพศ จำนวน 5 คน พบว่า ผลคะแนนจากการเล่นเกมทั้งหมด จำนวน 3 ครั้ง โดยกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลจากตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 นั้น พบว่า ผลคะแนนในแต่ละสัปดาห์ของโหมดช่วยเหลือ (Active – Assist Mode) มีผลคะแนนมากกว่าในโหมดปกติ (Active Mode) และในแต่ละสัปดาห์นั้น กลุ่มตัวอย่างสามารถเล่นเกมให้มีคะแนนเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ของทั้ง 2 โหมด

4.4 ผลการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG)

จากการสืบค้นหาข้อมูล สอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัด เวชศาสตร์การกีฬา และการวิเคราะห์ของผู้ทำงานวิจัย พบว่า เนื่องจากผู้สูงอายุบางคนมีการใช้ข้อมือและแขนทำงานเป็นอย่างหนัก ส่งผลให้เมื่ออายุที่เพิ่มมากขึ้น ข้อมือและแขนมีรูปทรงที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม เพราะเนื่องจากในชีวิตประจำวันได้ใช้ข้อมือและแขนกระทำในท่าเดิม ๆ ซ้ำ ๆ จนทำให้ข้อมือและแขนมีพังผืดมาเกาะ ทำให้ไม่สามารถยืดข้อมือและแขนได้อย่างเช่นเคย ดังนั้น ในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ทราบผลการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อก่อนและขณะเล่นเกมของ ก่อนการใช้งาน (Before), โหมดปกติ (Active Mode) และ โหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode) ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงผลจากการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) ระหว่างก่อนการใช้งาน (Before), โหมดปกติ (Active Mode) และ โหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode)

กลุ่มตัวอย่าง	ท่าทางในการบริหารข้อมือและแขน	ผลการวิเคราะห์ค่า EMG (Volts)		
		MVIC	Active	Active-Assist
กลุ่มตัวอย่างที่ 1	1. Supination & Pronation forearm	1.08E-05	1.68E-19	1.68E-19
	2. Flexion & Extension Elbow	1.08E-05	1.68E-19	1.68E-19
	3. Supination & Pronation Wrist and forearm	1.08E-05	1.68E-19	1.68E-19
	4. Flexion & Extension Wrist	1.67E-19	1.68E-19	1.68E-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มตัวอย่างที่ 2	1. Supination & Pronation forearm	1.67E-19	1.67E-19	1.67E-19
	2. Flexion & Extension Elbow	1.67E-19	1.67E-19	1.67E-19
	3. Supination & Pronation Wrist and forearm	1.67E-19	1.67E-19	1.67E-19
	4. Flexion & Extension Wrist	1.67E-19	1.67E-19	1.67E-19
กลุ่มตัวอย่างที่ 3	1. Supination & Pronation forearm	1.67E-19	1.68E-19	1.68E-19
	2. Flexion & Extension Elbow	1.67E-19	1.68E-19	1.68E-19
	3. Supination & Pronation Wrist and forearm	1.67E-19	1.68E-19	1.67E-19
	4. Flexion & Extension Wrist	1.67E-19	1.67E-19	1.67E-19
กลุ่มตัวอย่างที่ 4	1. Supination & Pronation forearm	1.67E-19	1.68E-19	1.68E-19
	2. Flexion & Extension Elbow	1.67E-19	1.67E-19	1.67E-19
	3. Supination & Pronation Wrist and forearm	1.67E-19	1.68E-19	1.68E-19
	4. Flexion & Extension Wrist	1.68E-19	1.69E-19	1.69E-19
กลุ่มตัวอย่างที่ 5	1. Supination & Pronation forearm	1.68E-19	1.74E-19	1.74E-19
	2. Flexion & Extension Elbow	1.67E-19	1.68E-19	1.69E-19
	3. Supination & Pronation Wrist and forearm	1.68E-19	1.69E-19	1.69E-19
	4. Flexion & Extension Wrist	1.69E-19	1.69E-19	1.68E-19

จากตารางที่ 4.5 แสดงผลจากการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) ก่อนการใช้งาน และระหว่างก่อนการใช้งานของโหมดปกติ (Active Mode) และ โหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode) พบว่า ค่าพื้นที่ใต้กราฟ โดยการคำนวณด้วยวิธีการหาอินทิกรัล ระหว่างใช้งานมีของโหมดปกติและโหลดช่วยเหลือมีค่ามากกว่าก่อนใช้งาน แต่ค่าของโหมดปกติและโหมดช่วยเหลือไม่แตกต่างกันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองทั้งหมดจากการเก็บผลกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป จำนวน 5 คน ทั้งหมด 2 โหมดด้วยกัน ได้แก่ โหมดปกติ (Active Mode) และ โหมดช่วยเหลือ (Active - Assist Mode) ซึ่งในแต่ละโหมดจะมีเกมให้กลุ่มตัวอย่างเล่นแตกต่างกันออกไปทั้งหมด 4 เกมหรือ 4 ท่าทาง เพื่อบริหารส่วนของข้อมือและแขน ซึ่งในการนำผลมาวิเคราะห์นั้นจะดูจาก 1) การวัดค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) 2) คะแนนจากการเล่นเกม และ 3) การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) โดยสามารถสรุปผลได้ ดังนี้

จากการทดลองการวัดค่าพิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion: ROM) โดยการวัดจากโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) จากการใช้อุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนของผู้สูงอายุนั้น มีค่าหลังการใช้งานมากกว่าก่อนใช้งาน ซึ่งส่งผลให้ผู้สูงอายุสามารถเคลื่อนไหวข้อมือและแขนได้มากยิ่งขึ้นและมีความรู้สึกปวดตึงในบริเวณข้อมือและแขนน้อยลง

จากการเก็บคะแนนจากการเล่นเกม จากการทดลองในระยะเวลา 3 ครั้ง ภายใน 3 สัปดาห์ พบว่า ผลคะแนนจากการเล่นเกมมีค่าเพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ สัปดาห์ เนื่องจากภายในเกมมีการจับเวลาและเก็บคะแนนเพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดความท้าทาย ความตื่นเต้น อีกทั้ง ผู้สูงอายุมีความรู้สึกอยากแข่งขันกับกลุ่มตัวอย่างคนอื่น ๆ จึงขอทดลองใช้อุปกรณ์มากกว่า 1 ครั้ง ของทุกครั้งที่เข้ามาทำการทดลอง จึงส่งผลให้ในแต่ละสัปดาห์ผู้สูงอายุมีความรู้สึกต้องการออกกำลังกายกับอุปกรณ์มากยิ่งขึ้น

การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) หลังการใช้งานมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงถึงกล้ามเนื้อมีกำลังมากยิ่งขึ้นหลังจากการใช้งานอุปกรณ์

จากการทดลองทำให้ได้ข้อสรุปอีกประการหนึ่ง นั่นคือ อุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนที่มีการเชื่อมต่อและเล่นไปพร้อมกับเกม ซึ่งเกมสามารถส่งผลกระตุ้นให้ผู้สูงอายุมีความต้องการเล่นเกมเพื่อแข่งกับเวลา เก็บคะแนนให้ดียิ่งขึ้นกว่าเดิม อีกทั้ง สามารถแข่งกับบุคคลอื่น ๆ จึงส่งผลให้ในแต่ละสัปดาห์ผู้สูงอายุมีความรู้สึกต้องการออกกำลังกายกับอุปกรณ์มากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้ ในงานวิจัยยังเกิดข้อบกพร่องบางประการในเรื่องของ การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เนื่องจากผู้สูงอายุบางคน เมื่อมีอายุมากยิ่งขึ้นร่างกาย อวัยวะ รวมทั้งกล้ามเนื้อเสื่อมถดถอยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้สูงอายุบางคน ไม่ได้มีการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อเอ็นตึง กล้ามเนื้อเหลว จนส่งผลให้ไม่สามารถวัดคลื่นไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ ซึ่งในงานวิจัยนี้เหมาะสำหรับนักกายภาพ นักเวชศาสตร์ เพื่อสามารถนำไปกระตุ้นให้ผู้ป่วยมีแรงจูงใจในการรักษามากยิ่งขึ้น

เนื่องจากอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนนี้ ก่อนได้นำไปทดลองใช้งานกับผู้สูงอายุได้มีการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ (นักกายภาพบำบัด อาจารย์สอนเกี่ยวกับเทคโนโลยี นวัตกรรม ทางการแพทย์) โดยให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงต่อไปดังนี้

- ควรมีการให้เลือกโหมดในการปรับความหนักได้ เพื่อจะได้มีความหลากหลายและมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น
- ควรมีเสียง เช่น เสียงกระโดด หลบซ้าย หลบขวา เข้ามาในเกมขณะหลบสิ่งกีดขวาง เพื่อเป็นการกระตุ้น
- ตัวอุปกรณ์ควรมีลวดลายให้ดึงดูดต่อการใช้งานมากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] United Nations World Population Ageing. Available From: http://www.un.org/en/sections/issuesdepth/ageing/index.html. Accessed August 8, 2018.

[2] National Statistical Office (Thailand), Available From: http://www.nso.go.th/sites/2014/Pages/Press_Release/2561/N10-04-61-1.aspx. Accessed August 8, 2018.

[3] อริสรา สุขวัจนี. **ผู้สูงอายุกับการออกกำลังกาย**. นครนายก. คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ.

[4] Butler, R. N., Davis. R., Lewis. C. B.,Nelson. M. E.,& Strauss. E. 1995. **Physical fitness: Benefits of exercising for the older patient. Med Sci Sports Exerc**, 27, 641-647.

[5] Jakicic, J. M.; Gallagher, K. I. 2003. **Exercise consideration for the sedentary, overweight adult. Exercise and Sport Sciences Review**, 31, 91-95.

[6] อรสิรา สุขวัจนี. 2553. **ผลของ "ชักรอกออกกำลังขา" ต่อการฟื้นฟูความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในผู้ป่วยอัมพาตที่มีขาอ่อนแรง**. นครนายก: คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ.

[7] รศ.นพ.พิบูลย์ อิทธิระวิวงศ์. **Basic Musculoskeletal Science**. ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] พญ.จีระนันท์ ระพิพงษ์, **การออกกำลังกายเพื่อการบำบัดรักษา**. Available From: http://www.med.cmu.ac.th/dept/rehab/2017/images/Study_guide/08_1MSKExercise_JR.pdf. Accessed September 28, 2018.

[9] **คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ**. Available From: http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/54910007/chapter2.pdf. Accessed September 28, 2018.

[10] **การออกแบบเกม (Game Design).** Available From: https://sites.google.com/site/kittikasrijeam/2-game-design. Accessed September 29, 2018.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[11] **องค์ประกอบของการออกแบบเกม.** Available From: https://prezi.com/qfrk0ktymrst/presentation/. Accessed September 29, 2018.

[12] **Exergaming.** Available From: https://tha.medicine-consultant.com/exergaming-workouts-that-work-11711. Accessed September 30, 2018.

[13] Sherry Christiansen, **Exergaming**. Available From: https://livepast100well.com/th/. Accessed September 30, 2018

[14] **Goniometry**. Available From: https://www.scranton.edu/faculty/kosmahl/courses/gonio/upper/index.shtml. Accessed September 30, 2018

[15] **การบริหารกล้ามเนื้อแขนและข้อมือ.** ศูนย์ศัลยกรรมทางมือ. โรงพยาบาลเวชธานี Available From: https://www.thairath.co.th/lifestyle/woman/138003. Accessed September 30, 2018

[16] อาจารย์ผ่องอำไพ เสนแสง. **การหาคุณภาพของเครื่องมือ**. Available From: http://www.norththonburi.com/attachments/article/77/. Accessed September 30, 2018

[17] **การรำมวยจีนเป็นการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ**. Available From: https://www.thaihealth.or.th/tag/ไทเก๊ก/. Accessed September 30, 2018

[18] **การวิ่งเหยาะ ๆ เป็นการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ**. Available From: http://www.bangkokhealth.com/health/article/การออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ-689. Accessed September 30, 2018

[19] **อาการชาที่นิ้วมือ**. Available From: https://www.vejthani.com/th/มือเท้าชา/. Accessed September 30, 2018.

[20] **อาการชาที่นิ้วมือ.** Available From: https://www.honestdocs.co/what-is-polyneuropathy/numbness. Accessed September 30, 2018.

[21] **สาเหตุการชาปลายนิ้วมือ**. Available From: https://health.kapook.com/view139914.html. Accessed September 30, 2018.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[22] **การป้องกันอาการชาปลายนิ้วมือ**. Available From: https://www.pobpad.com/ชาปลายนิ้ว. Accessed October 3, 2018.

[23] **โรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ**. Available From: http://www.pt.mahidol.ac.th/knowledge/?p=196. Accessed October 3, 2018.

[24] **โรคพังผืดทับเส้นประสาท.** Available From: https://health.kapook.com/view54414.html. Accessed October 3, 2018.

[25] **เกม Dream Girlfriend.** Available From: http://dreamgirlf.com/pc/?. Accessed October 3, 2018.

[26] **เกม SimCity BuildIt.** Available From: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ea.game.simcitymobile_row&hl=th. Accessed October 3, 2018.

[27] **คุณลักษณะที่ดีของเครื่องมือวัดและประเมินผล.** Available From: http://edu.yru.ac.th/evaluate/attach/1465551003. Accessed October 3, 2018.

[28] K.X. Khor, P.J.H. Chin. A.R.Hisyam, C.F. Yeong, A.L.T.Narayanan, E.L.M. Su. Development of CR2-Haptic: A compact and portable rehabilitation robot for wrist and forearm traning. 2014 IEEE Conference on Biomedical Engineering and Sciences, 8 – 10 December 2014, Miri, Sarawak, Malaysia.

[29] เสาวลักษณ์ ชโลธร, ฑิฆัมพร กรงทอง และอาภรณ์ ศรีเหรา. 2558**. การออกแบบเกมและอุปกรณ์สำหรับการกายภาพบำบัดส่วนแขนของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง.** สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[30] รุ่งทิพย์ เรืองเชื้อเหมือน และกรองแก้ว นวลศรี. 2559. **การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เกมการกายภาพบำบัดสำหรับแขนของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง.** สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย. โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[31] นครินทร์โรจน์ บุญสุข, พิมพ์ชนก ชุติมาวุฒิกุล, นภสร ปัทวิภาต และ ภาณุพงศ์ สายใจ. 2560. **การพัฒนาอุปกรณ์ทำกายภาพบำบัดผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง.** สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[32] กฤษณะ วิฒิรณประเสริฐ, สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร และทรงศักดิ์ ชุษณพิพัฒน์. 2545. **การประยุกต์ใช้ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มเร็วในการวิเคราะห์เสถียรภาพภาวะชั่วครู่.** คณะวิศวกรรมศาสตร์.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[33] **อินทิเกรชัน และการประยุกต์(Integrationand Applications)** Available From: http://biochemistry.sci.ku.ac.th/wp-content/uploads//130613_143716.pdf. Accessed October 3, 2018.

[34] **โปรแกรม acknowledge 4.2**. Available From: https://www.biopac.com/acqknowledge-4-2-released/. Accessed October 3, 2018.

[35] รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์, สัญญาณและระบบ (Signals and Systems). 2560. **อนุกรมฟูเรียร์**. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

แบบประเมินผลงานของผู้เชี่ยวชาญการวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ โดยมีผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน ได้แก่

1. คุณวรพงษ์ คงทอง นักกายภาพบำบัดประจำทีมตะกร้อชาย ชุดทีมชาติไทย

2. อาจารย์วิจิตรา ประสาทแก้ว อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชามีเดียชีวการแพทย์ โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3. อาจารย์ศิวัช สุขศรี อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อการวิจัย

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน

ผู้เชี่ยวชาญ..... คุณวรพงษ์ ครทอง..... **สังกัด**.....นักกายภาพบำบัดประจำทีมตะกร้อชาย ชุดทีมชาติไทย.....

ตอนที่ 2 การประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ โดยมีหัวข้อต่างๆ ดังนี้

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

รายการความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ข้อเสนอแนะ
1. ด้านอุปกรณ์				
1.1 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน		✓		
1.2 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการบริหารข้อมือและแขน	✓			
1.3 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการบริหารข้อมูลและแขนในผู้สูงอายุ	✓			
1.4 โดยส่วนรวมท่านคิดว่าอุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการกระตุ้นให้ผู้สูงอายุมีความสนใจออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น	✓			
2. ด้านเกม				
2.1 เกมมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในแต่ละท่าทาง		✓		
2.2 เกมมีความเหมาะสมต่ออุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน	✓			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เกมมีความเหมาะสมต่อการรับรู้ของผู้สูงอายุ		✓		
2.4 โดยภาพรวมท่านคิดว่าเกมมีประสิทธิภาพต่อการกระตุ้นให้ผู้สูงอายุหันมาสนใจการออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น	✓			

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

- ควรมีตามล็อก mode ในการปรับความยากง่ายได้ (เช่น intermediate ก็ดี)
- ควรมีเสียง เช่น กระโดด ทุบซ้าย ขวา เข้าตามจังหวะ เสียงกลองต่อ เพื่อเป็นแนวทาง กลุ่มผู้สูงอายุ
- ตัวอย่างภาพ หรือวีดีโอ ประกอบ หรือคำอธิบาย ลดการสับ
- Explanation and Promotion ที่ดี หน่อย! แต่ Explanation and Promotion ดี ควรมี ตัวอย่าง ทำให้ชัดเจน เพราะเดาวิธีเล่น กลไกเกมยังไม่ได้

ลงชื่อ .....

(คุณวรพงษ์ คงทอง)

นักกายภาพบำบัดประจำทีมตะกร้อชาย ชุดทีมชาติไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อการวิจัย

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน

ผู้เชี่ยวชาญ.....อาจารย์วิจิตรา ประสาทแก้ว..... **สังกัด**...อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชามีเดียทางการแพทย์ โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ...มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี....

ตอนที่ 2 การประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ โดยมีหัวข้อต่างๆ ดังนี้

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

รายการความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ข้อเสนอแนะ
1. ด้านอุปกรณ์				
1.1 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	✓			
1.2 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการบริหารข้อมือและแขน	✓			
1.3 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการบริหารข้อมูลและแขนในผู้สูงอายุ	✓			
1.4 โดยส่วนรวมท่านคิดว่าอุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการกระตุ้นให้ผู้สูงอายุหันมาสนใจออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น		✓		ไม่ค่อยมีประโยชน์ ถ้าใช้งานจริงๆ ผู้ใช้งานไม่ค่อยมีเวลาออกกำลังกาย ไม่ใช่ผู้ป่วยที่ต้องใช้ประโยชน์
2. ด้านเกม				
2.1 เกมมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในแต่ละท่าทาง	✓			
2.2 เกมมีความเหมาะสมต่ออุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน	✓			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 มีความเหมาะสมต่อการรับรู้ของผู้สูงอายุ	✓			
2.4 โดยภาพรวมคาดคิดว่าจะมีประสิทธิภาพต่อการกระตุ้นให้ผู้สูงอายุตื่นเกิดความสนใจการออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น	✓			

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

ลงชื่อ .....

(อาจารย์วิจิตรา ประสาทแก้ว)

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเวชศาสตร์การแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อการวิจัย

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน

ผู้เชี่ยวชาญ..... อาจารย์ดิวัจ สุขศรี..... สังกัด.....อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาเทคโนโลยีมีเดีย (กลุ่มเอกเทคโนโลยีมีเดียชีวการแพทย์) โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ...มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี....

ตอนที่ 2 การประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ โดยมีหัวข้อต่างๆ ดังนี้

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

รายการความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ข้อเสนอแนะ
1. ด้านอุปกรณ์				
1.1 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	✓			
1.2 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการบริหารข้อมือและแขน	✓			
1.3 อุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการบริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ	✓			
1.4 โดยส่วนรวมท่านคิดว่าอุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการกระตุ้นให้ผู้สูงอายุตื่นตาสนใจออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น	✓			
2. ด้านเกม				
2.1 เกมมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในแต่ละท่าทาง	✓			
2.2 เกมมีความเหมาะสมต่ออุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน	✓			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เกมมีความเหมาะสมต่อการรับรู้ของผู้สูงอายุ		✓		รูปแบบของสถานการ ยังไม่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ
2.4 โดยภาพรวมท่านคิดว่าเกมมีประสิทธิภาพต่อการกระตุ้นให้ผู้สูงอายุหันมาสนใจการออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น	✓			

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(อาจารย์ศิวัช สุขศรี)

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาเทคโนโลยีมีเดีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....ที่อยู่.....
เบอร์โทรศัพท์.....E-mail..... ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยที่แนบมาและข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยิมยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนาม และวันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ทั้งนี้ ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยระยะเวลาในการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่างๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น บุคคลอื่นในนามของบริษัทผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนอาจได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจและประมวลข้อมูลของข้าพเจ้า ทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลงที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลประวัติทางการแพทย์ของข้าพเจ้าได้

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใดๆ เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิกการให้สิทธิในการใช้ข้อมูลของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อ จะผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกและในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางการวิชาการ

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นและมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความเต็มใจจึงได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้

ลงนามผู้ให้ความยินยอม

.....

ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการออกกำลังกายหรือการกายภาพบำบัดให้แก่ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่ต้องทำการกายภาพบำบัดเกี่ยวกับแขน
2. เพื่อกระตุ้นให้ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่ต้องทำการกายภาพบำบัดเกี่ยวกับแขนต้องการทำการกายภาพมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

เนื่องจากการเก็บข้อมูลจะมีการทดสอบและเก็บผลทั้งหมด 3 วิธี ซึ่งจะเก็บทั้งหมดจำนวน 3 สัปดาห์ โดยทดสอบสัปดาห์ละ 1 ครั้ง คือ

1. คะแนนจากการเล่นเกม; โดยให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบเล่นเกมทั้งหมด 4 เกม เกมละ 3 นาที และบันทึกข้อมูล
2. การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG); ซึ่งจะทำการวัดก่อนและหลังใช้งานอุปกรณ์ประมาณ 3 นาที ซึ่งจะทำการวัดที่แขนโดยติด electrode ไปที่แขน 2 จุด
3. Goniometry; โดยใช้ไม้ goniometer ในการวัดองศาก่อนและหลังใช้งานอุปกรณ์

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรงหรือผู้ป่วยที่ต้องการกายภาพบำบัดเกี่ยวกับแขนมีความต้องการกายภาพบำบัดมากยิ่งขึ้น
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์กายภาพบำบัดให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

แบบสอบถามเกี่ยวกับสุขภาพ

เพื่อเป็นการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างเบื้องต้น และนำข้อมูลมาประกอบงานวิจัยเรื่องการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขนในผู้สูงอายุ โดยกลุ่มข้อมูลที่วัดจากกลุ่มอาสาสมัครจะนำไปใช้ในการทดสอบอุปกรณ์บริหารข้อมือและแขน

1. **ข้อมูลทั่วไป**

   1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

   1.2 อายุ ..... ปี

2. **ข้อมูลทางด้านสุขภาพ**

   2.1 ท่านมีโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรงหรือไม่

   ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

   2.2 ภายใน 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา ท่านได้รับประทานยาอะไรหรือไม่

   ☐ ใช่ *(ตอบข้อ 2.3) ☐ ไม่ใช่

   *2.3 ยาที่ท่านรับประทานมีผลเกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อหรือไม่

   ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

   2.4 ท่านเคยได้รับการผ่าตัดหรือไม่

   ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

   2.5 ท่านเคยได้รับการผ่าตัดหรือบาดเจ็บทางข้อมือและแขนหรือไม่

   ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บผลกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง

คุณสมบัติ : อายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป, ไม่จำกัดเพศ, ไม่ค่อยออกกำลังกายใน 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา,ไม่รับประทานยาเกี่ยวกับกล้ามเนื้อ, จำนวน 30 คน

ในการเก็บผลข้อมูล (1) Goniometry , (2) EMG และ (3) ผลคะแนนของเกม

(1) Goniometry (ก่อน – หลัง)

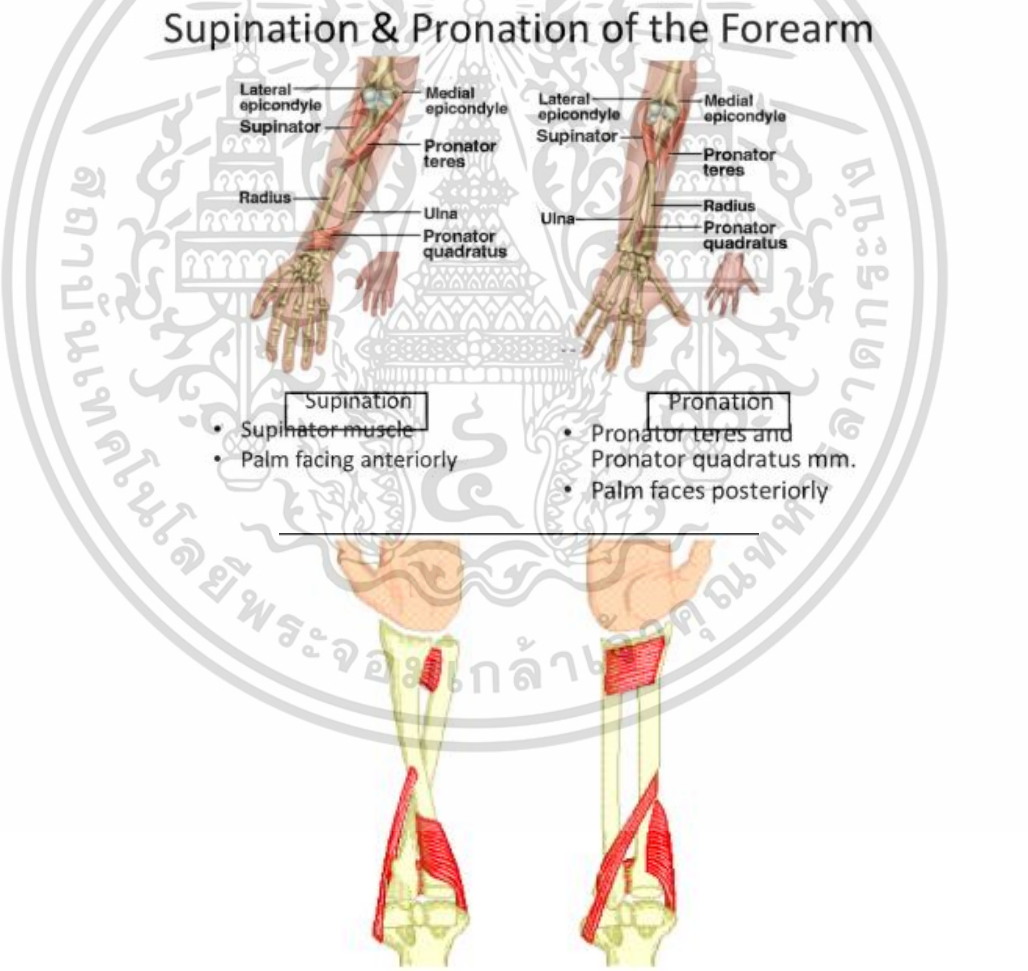
1.1 Forearm Supination (80) **หงายมือ**, Forearm Pronation (80) **คว่ำมือ**

1.2 Wrist Supination (90) **หงายมือ**, Wrist Pronation (90) **คว่ำมือ**

1.3 Wrist Flexion (60) **ลง**, Wrist Extension (60) **ขึ้น**

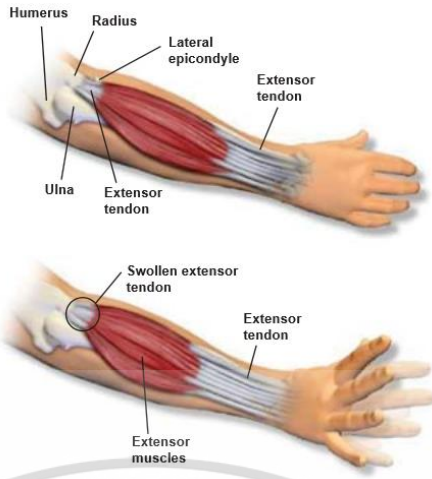
1.4 Elbow Flexion (140) **พับแขน**, Elbow Extension (0) **วางยาว**

(2) EMG (ก่อน – ขณะใช้งาน) (100 ค่า)

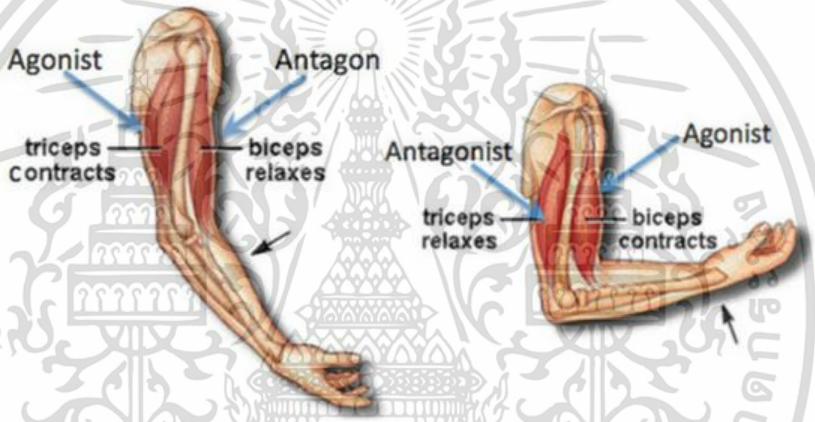


- Wrist Flexion (60) ลง - Wrist Extension (60) ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

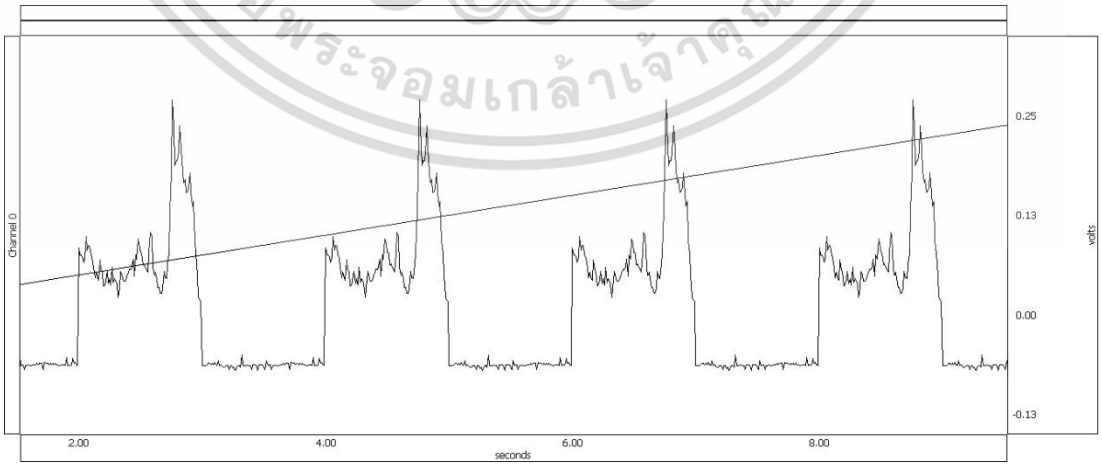


- Elbow Flexion (140) พับแขน - Elbow Extension (0) วางยาว



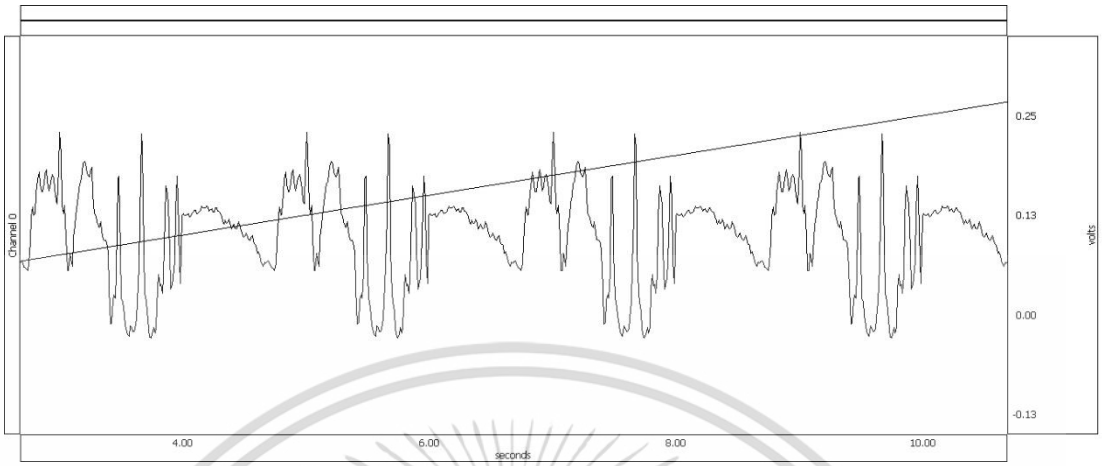
(3) Score of game คะแนนหลังจากการเล่นเกม

สัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ก่อนใช้งานอุปกรณ์ของ ผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป

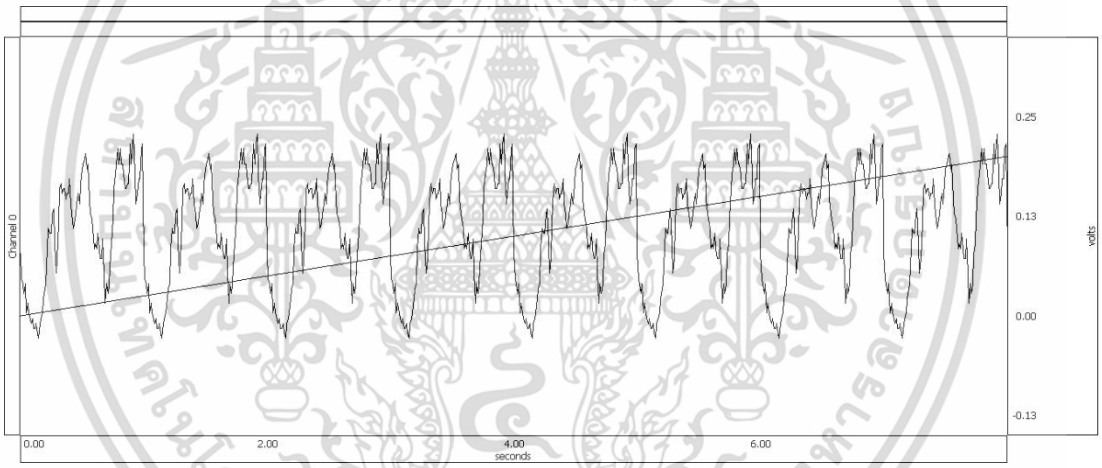


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

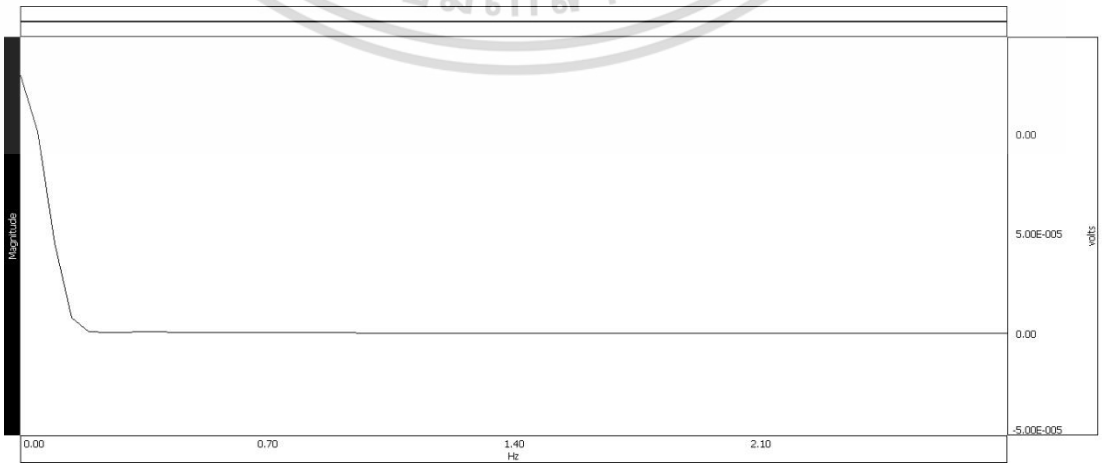
สัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ขณะใช้งานอุปกรณ์ในโหมดปกติ (Active) ของผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป



สัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ขณะใช้งานอุปกรณ์ในโหมดช่วยเหลือ (Active-Assist) ของผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป



สัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ของผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป วิเคราะห์ด้วย Fast Fourier Transform และทำการคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟด้วย Intergral



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวศิริพรรณ เพชรน่วม

วัน เดือน ปีเกิด 10 สิงหาคม 2562 ที่กรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ 22/10 หมู่ที่ 10 ซอยกลับเจริญ ถนนปู่เจ้าสมิงพราย ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ 10130
โทร.098-514-7462

ประวัติการศึกษา 2558 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย (กลุ่มเอกชีวการแพทย์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2558 – 2562 ครูปฏิบัติการ สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการร่วมบริหารหลักสูตรฯ (มีเดีย) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปัจจุบัน ผู้ช่วยสอน สาขาวิชานวัตกรรมบริการดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ผลงานวิจัย

พ.ศ. 2559 Estimating PSD Characteristics of ECG in Comparison Between Normal And Supraventricular Subjects", Lecture Notes in Computer Science Book series (LNCS, volume 10004).

พ.ศ. 2560 T.Yingthawornsuk and S.Phetnuam, "Heart rate Estimation of III-Lead ECG Measurement", Journal of Intelligent Informatics and Smart Technology (Volume 3, April 2018).

พ.ศ. 2561 S.Phetnuam, C. Pintavirooj and S.Tungjitkusolmun, "Design and Development of Equipment Wrist and Forearm Physical Therapeutic in Elderly Persons", 2018 11th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), Chiang Mai, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้