

โปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด Knee Joint Muscle Measurement Application for Physical Therapy Treatment

วิมลลักษณ์ พินธุศิริกุล¹, ระพีพัฒน์ เนตรพลับ¹, ทิวา โกศล², วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ^{1*}
Wimonluk Pintusirakun¹, Raphiphat Netphlap¹, Tiwa Koson², Wisan Tangwongcharoen^{1*}

¹ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 ประเทศไทย

² คณะกายภาพบำบัดและเวชศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000 ประเทศไทย

¹ Computer Science, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

² Faculty of Physical Therapy and Sport Medicine, Rangsit University, Pathum Thani 12000, Thailand

* Corresponding author: Wisan Tangwongcharoen, wisan.ta@kmitl.ac.th

Received:

8 March 2023

Revised:

15 May 2023

Accepted:

17 June 2023

คำสำคัญ:

กายภาพบำบัดข้อเข่า, วิเคราะห์ข้อมูล, การวัดสมรรถนะ, เซนเซอร์ตรวจวัดการเคลื่อนไหว, โปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่า

Keywords:

Knee Physical Therapy, Data Analysis, Performance Measurement, Motion Sensor, Knee Joint Muscle Measurement Program

บทคัดย่อ: โปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่มีปัญหาเกี่ยวกับข้อเข่าในการทำกายภาพบำบัด โดยพัฒนาควบคู่กับอุปกรณ์ที่มี Gyroscope Sensor เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหว และจะส่งสัญญาณขณะที่ทำกายภาพบำบัดส่งผ่านอุปกรณ์ส่งสัญญาณไวไฟไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เพื่อบันทึกข้อมูลของผู้ป่วยและผู้สูงอายุ ได้แก่ ท่าที่ใช้ฝึกกายภาพบำบัด จำนวนเวลาที่บำบัด องศาของการขยับขา เป็นต้น โดยซอฟต์แวร์จะบันทึกข้อมูลของผู้กายภาพบำบัดเพื่อนำมาช่วยในการตรวจสอบและวิเคราะห์ จากนั้นจึงได้นำอุปกรณ์ไปทดสอบกับอาสาสมัครจำนวน 10 คนเพื่อทดสอบความพึงพอใจ โดยผลการทดสอบความพึงพอใจพบว่ากลุ่มคนในช่วงอายุ 20 ปี มีความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด โดยมีความพึงพอใจที่ 3.95

Abstract: The knee joint muscle measurement application for physical therapy treatment was developed to aid patients and the elderly with knee problems during the physical therapy session. It was developed in conjunction with a device that has a gyroscope sensor to detect the movement. The signal was then sent to a computer server, while doing physical therapy through a Wi-Fi device, in order to record information about patients and the elderly, including postures used in physical therapy practice, amount of treatment time, degree of leg movement, etc. The

software also records the physical therapist's information for inspection and analysis. We tested the device on ten volunteers for satisfaction. The satisfaction test results indicated that people in their 20s were satisfied with the knee joint muscle measurement device for physical therapy, with a satisfaction rating of 3.95.

1. บทนำ

โรคข้อเข่าเสื่อม (Osteoarthritis of Knee) เป็นโรคในระบบกล้ามเนื้อและกระดูกที่พบในผู้สูงอายุและผู้ป่วยที่มีน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีความบกพร่องในการใช้ชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ อาการของโรคข้อเข่าเสื่อมที่พบได้บ่อย ได้แก่ อาการปวด ข้อบวม ข้อเข่าผิดรูป กล้ามเนื้อรอบข้อเข่าอ่อนแรงและการเคลื่อนไหวที่บริเวณเข่าลดลงอาจมีอาการติดขัดขณะเดิน (Dungkong, 2017) เป็นสาเหตุให้มีการสูญเสียตำแหน่งการรับสัมผัสบริเวณรอบข้อเข่า ส่งผลให้ผู้ที่มีข้อเข่าเสื่อมมีความสามารถในการทรงตัวลดลงเมื่อเทียบกับคนทั่วไป ภาวะข้อเข่าเสื่อมเกิดขึ้นได้กับทุกคนเมื่อมีอายุที่มากขึ้นเนื่องจากเป็นข้อที่รับน้ำหนักและใช้งานมาก ผู้ที่เป็นข้อเข่าเสื่อมหากปฏิบัติตัวหรือได้รับการรักษาที่ไม่เหมาะสมอาการเสื่อมของข้อเข่าจะเป็นไปดำเนินไปเรื่อยๆ เมื่ออาการมากขึ้นจะทำให้เกิดความเจ็บปวด มีลักษณะอาการของข้อเข่าที่ผิดรูปทำให้เกิดผลกระทบต่อการดำเนินกิจวัตรประจำวัน ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย ทำให้เกิดความทุกข์ทรมานทั้งร่างกายและจิตใจ โดยเฉพาะสภาพจิตใจที่ต้องมีความกังวลกับการเจ็บป่วยและต้องทำการรักษาในระยะยาวเนื่องจากการรักษาอย่างต่อเนื่อง เช่น ต้องมีการทำกายภาพบำบัด การใช้ยารักษา หรือการรักษาโดยไม่ใช้ยาที่เป็นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การใช้ชีวิตเพื่อกำจัดสาเหตุของโรค และการผ่าตัด เป็นต้น (Lamcharoen, Potisupsuk, & Nuysri, 2018; Methabutr, 2022) จึงทำให้คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมแย่ลง

ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความเสื่อมบริเวณกระดูกของโรคข้อเข่าเสื่อม ได้แก่ อายุที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักตัว

กรรมพันธุ์ หรือการได้รับบาดเจ็บบริเวณข้อเข่า โรคข้อเข่าเสื่อมจำเป็นที่ต้องได้รับการรักษาและฟื้นฟูอย่างถูกต้องและเหมาะสม (Utchin & Thato, 2017) นอกจากปัจจัยที่เกิดเฉพาะแต่ละบุคคลแล้วยังมีสาเหตุทางกายภาพอื่นๆ ที่เป็นต้นเหตุของอาการปวดข้อเข่าเสื่อม เช่น การยืนและการเดินนานๆ การขึ้นลงบันไดบ่อยๆ การนั่งพับเพียบหรือนั่งขัดสมาธิ รวมถึงท่าทางจากกิจกรรมที่มีแรงกดต่อข้อเข่ามากๆ เช่น การคุกเข่า การเล่นกีฬาที่เกี่ยวข้องกับข้อเข่าและขา เป็นต้น และเมื่อเกิดอาการปวดวิธีการปฏิบัติก็มักจะรับประทานยาแก้ปวดเพื่อบรรเทาอาการ ซึ่งเป็นเพียงการบรรเทาปวดในระยะสั้นเพื่อไม่ให้กระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวันเท่านั้น แต่อาการของโรคก็จะเกิดขึ้นมาอีกเมื่อข้อเข่าถูกกระตุ้นทางกายภาพจากสาเหตุดังกล่าว (Lamcharoen, Potisupsuk, & Nuysri, 2018)

วิธีการในการรักษาโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับความนิยมและเหมาะสมกับโรคข้อเข่าเสื่อมระยะเริ่มต้น คือ การทำกายภาพบำบัด มีหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรักษาโรคข้อเข่าเสื่อมที่แสดงให้เห็นว่าการรักษาด้วยการกายภาพบำบัดเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ด้วยเป็นวิธีการที่หลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดจากการผ่าตัดโดยเฉพาะหากเกิดกับผู้สูงอายุ ไม่ว่าจะเป็นความเสี่ยงขณะผ่าตัดหรือผลกระทบที่เกิดหลังจากการผ่าตัด (Dungkong, 2017; Thitikunpatthanawadee, Kanjanasit, & Setthaphatthaphon, 2018; Robrujen, 2020) ด้วยโรคข้อเข่าเสื่อมมักจะเป็นกับบุคคลที่มีอายุมากแล้วถึงจะแสดงอาการของโรคให้เห็น ดังนั้นการรักษาด้วยวิธีการกายภาพบำบัดจึงเป็นวิธีการที่ช่วยฟื้นฟูและป้องกันไม่ให้ข้อเสื่อมมากขึ้น การรักษาด้วยวิธีการกายภาพบำบัดจะขึ้นอยู่กับว่าอาการเจ็บข้อเข่า

เกิดจากสาเหตุใด เพราะจำเป็นต้องทำการฟื้นฟูสภาพข้อเข่าให้ตรงกับสาเหตุที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วย หากสาเหตุเกิดจากโรคอาจจะต้องทำการรักษาด้วยแพทย์เฉพาะทางและทำการกายภาพบำบัดเพื่อฟื้นฟูการร่วมด้วยจุดประสงค์ของการทำการกายภาพบำบัดก็เพื่อบรรเทาอาการปวดและสามารถคงประสิทธิภาพการทำงานข้อเข่าไว้ได้ (Saisuri & Pensri, 2022) การฟื้นฟูด้วยการทำการกายภาพบำบัดอาจจะต้องใช้เวลานานในการรักษาเพื่อให้มีประสิทธิภาพกับร่างกายและข้อเข่ามากที่สุดซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การใช้เครื่องมือทางการกายภาพบำบัด การออกกำลังกายเพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกาย เป็นต้น (Kinrehabilitation, n.d.)

จากระยะเวลาของโปรแกรมสำหรับการทำกายภาพที่ใช้เวลาค่อนข้างนาน ผู้ทำวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบโปรแกรมการทำการกายภาพสำหรับฟื้นฟูผู้ป่วยข้อเข่าเสื่อมผ่านเกม 3D และโปรแกรมการตรวจวัดกล้ามเนื้อที่เป็นเครื่องมือช่วยผู้ป่วยในการทำกายภาพบำบัด โดยโปรแกรมสำหรับการทำการกายภาพก็จะเน้นไปที่การฝึกการใช้กล้ามเนื้อในส่วนที่เกิดปัญหา เป็นการรักษาเพื่อบรรเทาและชะลอความเสื่อมของข้อเข่าช่วยให้ผู้ป่วยเห็นความก้าวหน้าของการทำการกายภาพบำบัดของตนเอง แพทย์ที่ดูแลผู้ป่วยก็สามารถติดตามผลเพื่อตรวจเช็คสถานะต่างๆ และปรับเปลี่ยนรูปแบบการรักษาให้เหมาะสมต่อไปได้ ซึ่งส่งผลให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ดีและลดความเสี่ยงต่อการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม

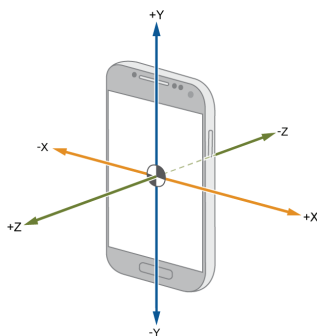
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคข้อเข่าเสื่อมและการรักษาโดยวิธีกายภาพบำบัด

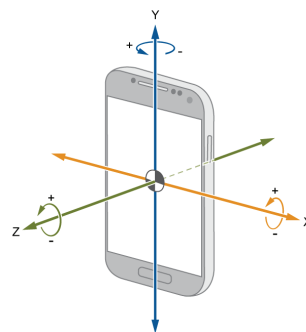
โรคข้อเข่าเสื่อมเป็นโรคในระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่พบในวัยผู้ป่วยและผู้สูงอายุมีแนวโน้ม

เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีความบกพร่องในการใช้ชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ และติดหนึ่งในสิบของโรคที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะทุพพลภาพของผู้สูงอายุในประเทศไทย อาการของโรคข้อเข่าเสื่อมที่พบได้บ่อย ได้แก่อาการปวด ข้อฝืด การบาดเจ็บบริเวณข้อเข่า และการเคลื่อนไหวที่บริเวณเข่าลดลง มีเสียงดังในข้อขณะเคลื่อนไหว อาจมีอาการติดขัดขณะเดิน (Sroisong et al., 2019) นอกจากนี้ยังเป็นเหตุให้มีการสูญเสียตำแหน่งการรับสัมผัสกล้ามเนื้ออ่อนแรงส่งผลให้ผู้ที่มีข้อเข่าเสื่อมมีความสามารถในการทรงตัวลดลงเมื่อเทียบกับคนทั่วไป โดยพบว่าปัจจัยที่ทำให้ความรุนแรงของโรคข้อเข่าเสื่อมเพิ่มขึ้นได้แก่ วัยผู้ใหญ่ตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป และมักพบว่ามีความรุนแรงขึ้นเมื่ออายุ 65 ปีขึ้นไป ผู้ที่ดัชนีมวลกายสูง เพศหญิง อาชีพ วัชหมดประจำเดือน การมีกิจวัตรประจำวันที่ไม่เหมาะสม การบาดเจ็บที่ข้อเข่า การขาดการปฏิบัติกิจกรรมทางกายอย่างต่อเนื่อง (Nuchasilp & Chongton, 2022)

กายภาพบำบัด (Physical Therapy) ใช้วิธีการตรวจประเมิน และบำบัดความบกพร่องของร่างกายซึ่งเกิดจากภาวะของโรค หรือการเคลื่อนไหวที่ไม่ปกติ การกายภาพบำบัดและการฟื้นฟูสมรรถภาพสภาพช่วยเพิ่มความสามารถการทำหน้าที่ต่างๆ ของข้อเข่าให้ดีขึ้นจากการออกกำลังกาย ซึ่งจะช่วยเพิ่มมุมมองของข้อ (Range of motion) เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบๆ ข้อเข่า (Supichyangur, 2019) โดยการตรวจประเมินผู้ป่วยแต่ละรายเพื่อวิเคราะห์ปัญหาของผู้ป่วยโดยใช้หลักการของการเคลื่อนไหว กายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา และทฤษฎีต่างๆ ที่ผสมผสาน เพื่อใช้ในการรักษาผู้ป่วย เช่น การฝึกเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ และความมั่นคงในการทรงตัว การออกกำลังกาย การดัด ดึงข้อต่อด้วยเทคนิคต่างๆ (Deethong et al., 2022)



ภาพประกอบ 1 เซนเซอร์ความเร่ง
(Accelerometer Sensor)



ภาพประกอบ 2 หลักการของ Gyroscope Sensor

2.2 หลักการของเซนเซอร์ความเร่ง (Accelerometer Sensor)

การทำงานของเซนเซอร์ Accelerometer คือ เซนเซอร์ที่วัดความเร็วในการเปลี่ยนแปลงของแกน สมาร์ทโฟนในทิศทางต่าง ๆ ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลง ข้อมูลของแกนคือ การเขย่าโทรศัพท์มือถือ เมื่อเกิด เหตุการณ์เหล่านี้ขึ้นเซนเซอร์ Accelerometers จะ มีการเปลี่ยนแปลงค่าแกนต่าง ๆ ที่อยู่ทั้งหมด 3 โดย จะมีแกน X,Y,Z โดยการวัดความเร่งเชิงเส้นจะทำให้ วัดค่าได้ว่าวัตถุอยู่นิ่งหรือเคลื่อนไหว (Suksawatchon et al., 2021) ดังภาพประกอบ 1

2.3 หลักการของ Gyroscope Sensor

เซนเซอร์ Gyroscope มีความสามารถในการวัดความเร็วเชิงมุมของสมาร์ทโฟน ปัจจุบันจะถูก ติดตั้งในสมาร์ทโฟนรุ่นใหม่ ๆ มากขึ้นซึ่งมีลักษณะการ ทำงานของแกนต่างๆ แสดงให้เห็นการทำงานของ การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เมื่ออุปกรณ์มีการเคลื่อนที่ โดย เมื่ออุปกรณ์หมุนบนลงล่างและทำให้ค่าแกน Y มีการ เปลี่ยนแปลง เมื่ออุปกรณ์มีการพลิกจะทำให้แกน X มีการเปลี่ยนแปลง และแกน Z มีการเปลี่ยนแปลง เมื่ออุปกรณ์มีการหมุน (Nopavong Na Ayudhaya & Raklua, 2018) ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 3 อุปกรณ์รับสัญญาณ
TP link wireless M7350

2.4 อุปกรณ์รับสัญญาณ TP link wireless M7350

เป็นอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ wi-fi โดยจะทำการรับค่าจากตัวเซนเซอร์แล้วส่งข้อมูลผ่าน TP link wireless M7350 ดังภาพประกอบ 3

จากนั้นเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลรวมถึงจัดเก็บข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ รายละเอียดของอุปกรณ์ TP link wireless M7350 สามารถรองรับ 4G LTE ด้วย

2.5 ภาษา C#

ภาษา C# ถูกพัฒนามา จากภาษา C++ (ซี-พลัสพลัส) และมีโครงสร้างแบบเชิงวัตถุ (object-oriented programming) โดยใช้ Visual Studio เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถพัฒนา

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ไม่ยากนัก เป็นโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป การพัฒนานั้นนำทีมโดย Anders Hejlsberg และ ด้วย ซึ่งมันถูกพัฒนาโดยเวอร์ชันล่าสุดคือ C# 6.0 ซึ่งถูกเผยแพร่ในปี 2015 (Bishop & Freeman, 2006)

2.6 โปรแกรม Unity 3D

Unity Game Engine ที่ช่วยสร้างเกม 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งสามารถทำงานได้ บน 2 แพลตฟอร์ม คือ Windows และ OS และสามารถ Export งานเพื่อนำไปใช้งานได้หลาย แพลตฟอร์ม เช่น -Windows -OSX -Androids -iOS (iPhone) -WEB เป็นต้น โดยภาษาที่ใช้หลักๆจะมีอยู่ 2 ภาษานั้นก็คือ ภาษา C# และ ภาษา Javascript (Hébert, Chandrasekera, & Clare, 2020)

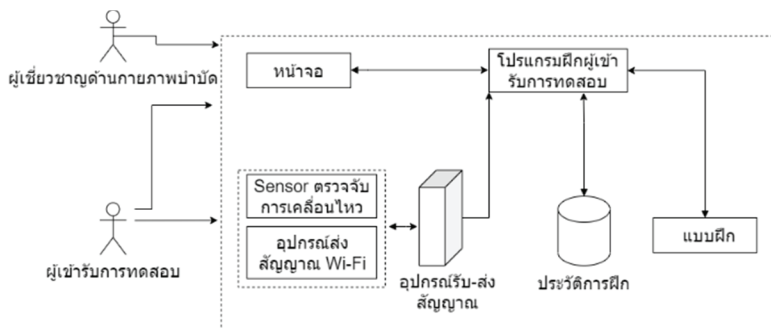
2.7 โปรแกรมฐานข้อมูล SQLite

เป็นโปรแกรมฐานข้อมูล SQLite มีขนาดเล็ก (ไม่ถึง 1 MB) เก็บฐานข้อมูลเป็นไฟล์โดยจำเป็นต้องมีเซิร์ฟเวอร์ ทำให้ถูกใช้งานในหลายๆ โปรแกรมหรือถูกติดตั้งลงในอุปกรณ์ (Arshad et al., 2023)

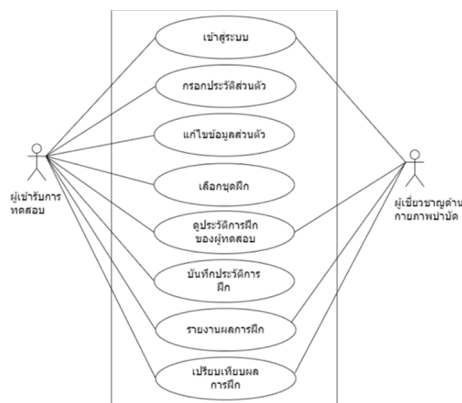
3. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างของชุดอุปกรณ์โปรแกรมแสดงถึงส่วนประกอบของระบบโปรแกรม ชุดอุปกรณ์ เซนเซอร์ ผู้ใช้งานและการทำงานของชุดโปรแกรม ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 โครงสร้างของระบบ



ภาพประกอบ 5 Use Case Diagram

เมื่อทำการเข้าสู่ระบบ รหัสผ่านของระบบ จะถูกส่งไปเช็คที่ฐานข้อมูลก่อนเพื่อตรวจสอบและ ส่งข้อมูลกลับมา โดยเมื่อเข้าสู่ระบบแล้วจะมีหน้า แสดงผลผู้ใช้งาน แสดงตารางการฝึกโดยการฝึก จะเป็นการติตเซนเซอร์ที่ขา จากนั้นระหว่าง การตรวจสอบจะทำการส่งข้อมูลให้ตัวรับสัญญาณ และส่งต่อไปยังโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข้า ขณะกายภาพบำบัด ข้อมูลการฝึกจะถูกส่งไปยังฐาน ข้อมูลเพื่อบันทึกประวัติการฝึกและเมื่อการฝึกสำเร็จ ระบบจะทำการวิเคราะห์การฝึกและเวลาที่ใช้ที่ได้ถูก บันทึกไว้ จากนั้นจะนำมาแสดงผลเป็นกราฟ

3.2 Use Case Diagram

ลักษณะการใช้งานโปรแกรมของผู้ป่วย และบุคลากรทางการแพทย์เป็นไปตาม Use Case Diagram ดังภาพประกอบ 5

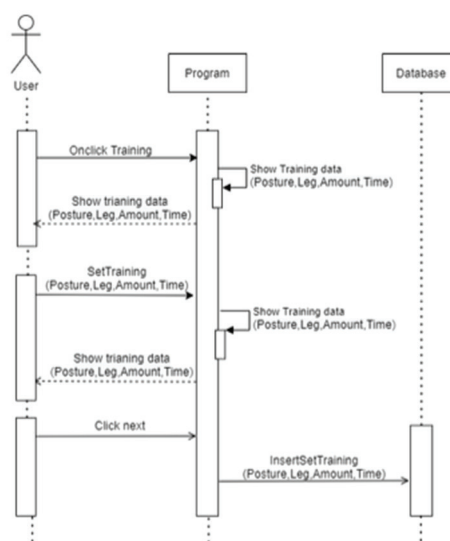
จากภาพแสดง Use Case Diagram เมื่อ ผู้เข้ารับการทดสอบเข้าสู่ระบบแล้วจะสามารถรอก ประวัติส่วนตัวหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวได้ จากนั้น ทำการเลือกชุดฝึกเพื่อทำการฝึก หลังจากฝึกเสร็จ ในแต่ละครั้งจะมีการบันทึกประวัติการฝึก ผู้ทดสอบ

และผู้เชี่ยวชาญด้านกายภาพบำบัดจะสามารถดูบันทึก ประวัติการฝึก รายงานผลการฝึก และผลเปรียบเทียบ การฝึกแต่ละครั้งได้

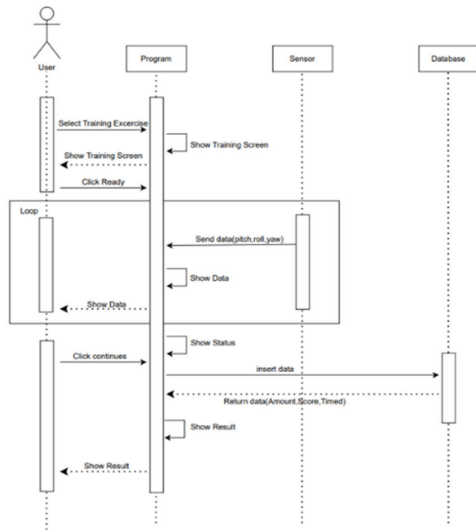
3.3 แผนภาพลำดับการตั้งค่าการใช้งานแบบฝึกโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข้าขณะกายภาพบำบัด

จากภาพประกอบ 6 แสดง sequence diagram ของการดำเนินงานในขั้นตอนการตั้งค่า การใช้งานแบบฝึกโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข้า ขณะกายภาพบำบัด การตั้งค่าการใช้งานโปรแกรม จะเริ่มจากการกรอกเวลาและองศาของโปรแกรม จากนั้นผู้ป่วยจะทำการเคลื่อนไหวขาและข้อเข้า ข้างที่ติตเซนเซอร์ตามเวลาและองศาที่ได้เลือกไว้ หลังจากนั้นผู้ป่วยจะทำการกดบันทึก ตัวโปรแกรม ก็จะมีการบันทึกข้อมูลการตั้งค่าและการฝึกลง ฐานข้อมูล

โดยขั้นตอนของการตั้งค่าเริ่มต้นและโปรแกรม การฝึกรูปแบบต่างๆ ผู้ป่วยสามารถเลือกโปรแกรมการ ฝึกเพิ่มเติมได้เรื่อยๆ และทำการปรับเปลี่ยนองศาให้ เข้ากับลักษณะทางกายภาพของผู้ป่วยและเหมาะสม



ภาพประกอบ 6 Sequence diagram การตั้งค่าการใช้งานแบบฝึกโปรแกรม



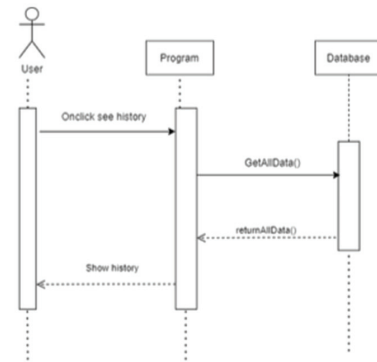
ภาพประกอบ 7 Sequence diagram
สำหรับการเลือกรูปแบบโปรแกรมการฝึก

กับรูปแบบการฝึก จากนั้นทำการเคลื่อนไหวขาข้างที่สวมเซนเซอร์จนครบตามเวลาที่ตั้งไว้จึงทำการบันทึกค่าที่ได้ลงฐานข้อมูล หลังจากนั้นโปรแกรมจะดึงข้อมูลการฝึกออกมาแสดงผลและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จดังแสดงใน sequence diagram ตามภาพประกอบ 7

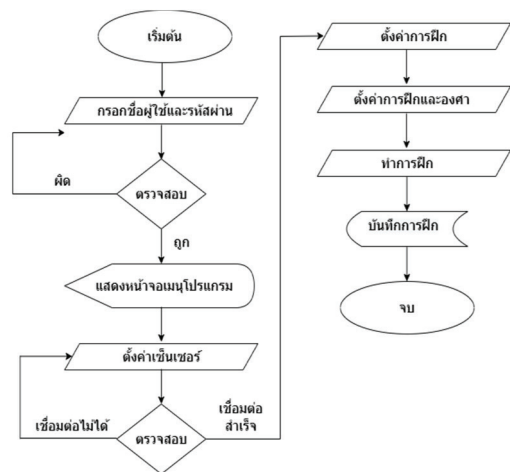
ในขั้นตอนของการเลือกรูปแบบโปรแกรมการฝึก ที่หน้าจอจะแสดงหน้าจอป๊อปอัพขึ้นมาให้ผู้ช่วยกดเพื่อกำหนดการเล่นแบบฝึกที่ได้เลือก ผู้ช่วยต้องทำการยกขาตามท่าทางที่เลือกไว้ก่อนหน้าเพื่อบังคับตัวละครในแบบฝึกให้ทำตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ เมื่อได้คะแนนเท่ากับจำนวนครั้งที่ตั้งไว้หรือหมดเวลาของการฝึก โปรแกรมก็จะแสดงป๊อปอัพขึ้นมาและทำการส่งข้อมูลการฝึกไปยังฐานข้อมูล

3.4 แผนภาพลำดับประวัติการฝึก

ภาพประกอบ 8 แสดง sequence diagram ของการเลือกดูข้อมูลสรุปการฝึก ในส่วนหน้าจอผู้ใช้งานผู้ช่วยจะทำการเลือกดูข้อมูล ดูประวัติการฝึกผ่านหน้าจอโปรแกรม โดยโปรแกรมจะทำการเรียก



ภาพประกอบ 8 Sequence diagram สรุปการฝึก

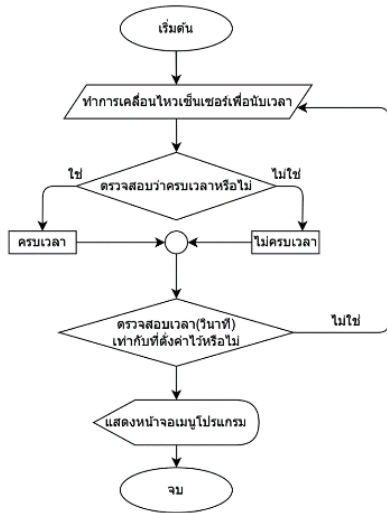


ภาพประกอบ 9 การเขียนผังงาน (Flow chart)

ข้อมูลประวัติการฝึกในฐานข้อมูล จากนั้นฐานข้อมูลจะส่งข้อมูลประวัติการฝึกกลับมายังผู้ใช้งานผ่านหน้าจอแสดงผล

3.5 การเขียนผังงาน (Flow chart)

ผังงานแสดงการดำเนินการโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด แสดงให้เห็นถึงกระบวนการเข้าสู่การใช้งานโปรแกรมการฝึกกายภาพบำบัด ดังภาพประกอบ 9 ดังนี้



ภาพประกอบ 10 อัลกอริทึมขั้นตอนของโปรแกรม
ตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด

เริ่มต้นกระบวนการจากการล็อกอินเข้าสู่ระบบ (login) โดยให้ผู้ป่วยทำการกรอกข้อมูล username และ password เพื่อเข้าสู่ระบบ เมื่อ login สำเร็จ จะต้องทำการเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ โดยทำการเลือก port ให้ตรงกับตัวเซ็นเซอร์ที่จะใช้แล้วกดเชื่อมต่อ เมื่อเชื่อมต่อเซ็นเซอร์สำเร็จแล้วจะเข้าสู่หน้าหลัก เพื่อให้เลือกเมนูตั้งค่าการฝึก โดยเมนูนี้จะให้ตั้งค่าแต่ละท่าของการฝึกกายภาพว่าสามารถยกขาได้สูงที่สุดเท่าใด หลังจากนั้นผู้ใช้จะเข้าสู่เมนูการฝึกอิสระ และทำการตั้งค่าการฝึกอีกครั้ง หลังจากนั้นผู้ใช้จะทำการฝึกตามโปรแกรมที่ได้ตั้งค่าไว้ ซึ่งมี 2 รูปแบบคือ รูปแบบหุ่นและรูปแบบเกม เมื่อเลือกแล้วให้ผู้ป่วยกายภาพทำการฝึกตามที่เกมได้แนะนำไว้จนครบจำนวนหรือจนหมดเวลา เมื่อฝึกจนครบแล้วโปรแกรมก็จะสรุปผลการฝึกและบันทึกค่าข้อมูลไว้เป็นประวัติข้อมูลการฝึกของผู้กายภาพ

3.6 อัลกอริทึมที่ใช้ในโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด

อัลกอริทึมที่ใช้ในแบบฝึกเกมเป็นแนวคิดหรือขั้นตอนการทำงานของ กระบวนการเพื่อนำไปใช้



ภาพประกอบ 11 แผนภาพ ER Diagram

ในการเขียนโปรแกรมตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ สามารถเขียนเป็นรูปแบบไดอะแกรมได้ดังภาพประกอบ 10 ดังนี้

จากภาพประกอบ 10 เป็นผังงานที่ใช้ดำเนินงานของอัลกอริทึมโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด โดยเริ่มจากการรับค่าเวลาที่ต้องการใช้ทดสอบ เมื่อเริ่มทำการทดสอบเวลาจะเริ่มนับและตรวจสอบว่าครบตามเงื่อนไขหรือไม่ ถ้าใช่จะแสดงหน้าจอเมนูผู้ใช้งานเมนูโปรแกรม ถ้าไม่ใช่จะให้ทำการเริ่มจับเวลาใหม่อีกครั้ง

3.7 แผนภาพ ER Diagram

แผนภาพการออกแบบฐานข้อมูลในรูปแบบของ ER Diagram มีดังนี้

จากแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัดกับโปรแกรมในการใช้งานโปรแกรม โดยต้องเข้าสู่ระบบและโปรแกรมจะเก็บข้อมูลผู้ทำกายภาพ รูปแบบการฝึกการตั้งเวลา จำนวนครั้งที่ฝึก เพื่อเก็บเป็นประวัติของผู้ป่วยให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญสามารถนำไปวิเคราะห์ได้อีกหนึ่งความสัมพันธ์เป็นความสัมพันธ์ของโปรแกรมและท่าออกกำลังกายจะสัมพันธ์กับตารางออกกำลังกาย (Exercise) โดยจะมีการวัดสมรรถนะก่อนและหลังการฝึก แล้วนำค่าทั้งสองมาเปรียบเทียบเพื่อให้แพทย์เก็บเป็นประวัติวินิจฉัยต่อไป

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 การเตรียมอุปกรณ์และติดตั้ง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัดประกอบไปด้วยเครื่องมือการตรวจจับและเซนเซอร์มีดังนี้

4.1.1 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

การเชื่อมต่อแผงวงจรผู้ใช้งานต้องเชื่อมต่อวงจรเข้าด้วยกันทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ Razor-IMU, Wi-Fi board และ Battery ดัง ภาพประกอบ 12

4.1.2 อุปกรณ์สายรัดเซนเซอร์

ใช้สายรัดในการติดเซนเซอร์ในแต่ละส่วนซึ่งสายรัดนั้นจะทำให้อุปกรณ์ติดอยู่แต่ละส่วนได้ดีและไม่ขยับเวลาฝึก สายรัดเซนเซอร์มีความสะดวกต่อการใช้งานและยังสามารถขยับหาจุดที่ต้องการได้ง่าย ดังภาพประกอบ 13

4.1.3 กล่องใส่เซนเซอร์

โดยกล่องนั้นปรี้นโดยเครื่องปรี้นสามมิติ จะมีการออกแบบกล่องให้พอดีกับตัวเซนเซอร์รวมถึง



ภาพประกอบ 12 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

เป็นการป้องกันไม่ให้เซนเซอร์เกิดความเสียหายต่อตัวเซนเซอร์ ดังภาพประกอบ 14

4.1.4 การติดตั้งเซนเซอร์

ทำการติดตั้งเซนเซอร์ทั้งหมด 3 ตัว แต่มีจุดที่ติดตั้งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบการฝึก ซึ่งจุดแรกติดตั้งบริเวณเหนือหัวเข่าขึ้นมาประมาณ 5 เซนติเมตร จุดที่สองติดตั้งบริเวณใต้หัวเข่าถึงกึ่งกลางหน้าแข้ง โดยเซนเซอร์นั้นจะติดอยู่ได้โดยการใช้ผ้ารัดมารัดในแต่ละส่วนเพื่อให้เซนเซอร์ติดอยู่กับตัวและไม่หลุดหรือเคลื่อนระหว่างการฝึก ดังภาพประกอบ 15

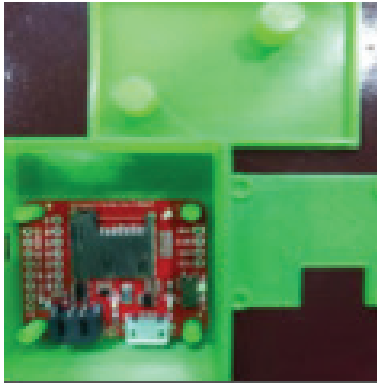
4.1.5 หน้าจอแสดงโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด

หน้าจอการเข้าสู่ระบบโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด ผู้ใช้สามารถกรอก Username และ Password เมื่อกรอกข้อมูลเสร็จทำการกดปุ่ม login เพื่อเข้าใช้งานระบบ ดังแสดงภาพประกอบ 16

ภาพประกอบ 17 แสดงหน้าบันทึกผลตรวจข้อเข่าให้กรอกองศาที่ผู้ใช้ทำได้แต่ละครั้ง ให้ใส่องศาระหว่าง 0-90 องศาเท่านั้น (ในกรณีคนที่เล่นในรูปแบบหุ่น ถ้าเล่นในรูปแบบเกมสามารถเลือกไว้ที่



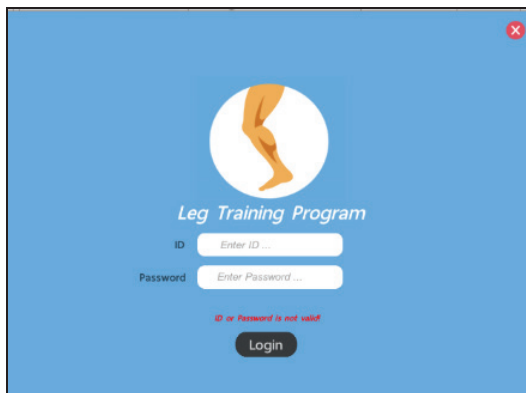
ภาพประกอบ 13 อุปกรณ์สายรัดเซนเซอร์



ภาพประกอบ 14 กล่องใส่เซนเซอร์



ภาพประกอบ 15 การติดตั้งเซนเซอร์



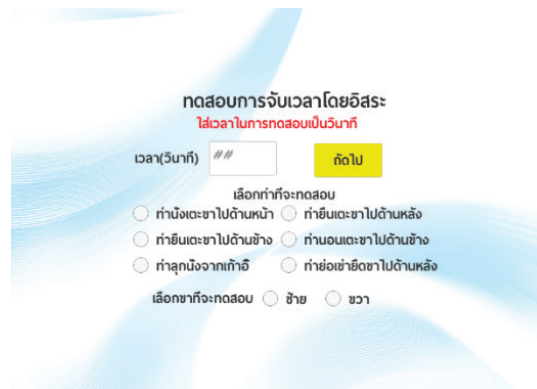
ภาพประกอบ 16 หน้าล็อกอิน



ภาพประกอบ 17 บันทึกผลตรวจข้อเข่า



ภาพประกอบ 18 หน้ารายงานผลการฝึก



ภาพประกอบ 19 หน้าแบบทดสอบยกขา

0 องศา) ท่าที่ผู้ฝึกแต่ละครั้ง คะแนนที่ได้ และ เวลาที่ได้แต่ละครั้งโดยให้ใส่ว่าทำได้กี่วินาที แล้ว กดบันทึก และสามารถเข้าไปดูในรูปแบบกราฟและ โขว์บันทึกผลตรวจข้อเข่าครั้งล่าสุดได้

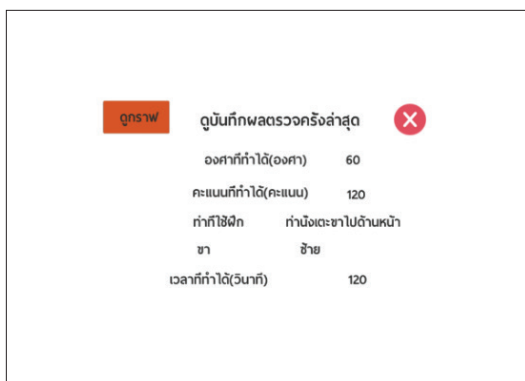
นอกจากนี้ยังมีการแสดงหน้าจอรายงานผลการฝึก เป็นการรายงานผลการฝึกแต่ละครั้งโดยเขียน วันที่ฝึกแต่ละครั้ง ท่าที่ใช้ฝึกแต่ละครั้ง องศาที่ได้ โดยให้ใส่ระหว่าง 0-90 องศาเท่านั้น (ในกรณีคนที่



ภาพประกอบ 20 หน้าแบบทดสอบยกขาโดยจับเวลา



ภาพประกอบ 21 หน้ากรอกประวัติส่วนตัว



ภาพประกอบ 22 หน้าจอบันทึกผลตรวจข้อเข่า



ภาพประกอบ 23 หน้าจอกราฟ

เล่นในรูปแบบหุ่น ถ้าเล่นในรูปแบบเกมสามารถเลือกไว้ที่ 0 องศา) คะแนนที่ทำได้ และเวลาที่ทำได้เป็นวินาที ดังแสดงภาพประกอบ 18 และยังมีหน้าส่วนการแสดงผลแบบทดสอบยกขา โดยให้ผู้ป่วยทดสอบการยกขาเบื้องต้นก่อนว่าในการทดสอบการยกขาเบื้องต้นผู้ป่วยจะยกขาได้กี่วินาทีก่อนที่จะฝึกจริงในรูปแบบหุ่น หรือรูปแบบเกม โดยกรอกเวลาเป็นวินาที และเลือกท่าที่จะใช้ในการทดสอบและขาที่จะใช้ในการทดสอบ แล้วกดถัดไป ดังแสดงที่ภาพประกอบ 19

หน้าจอนี้เป็นการทดสอบการยกขาโดยการจับเวลา โดยตัวเลขของเวลาอ้างอิงจากเวลาที่กรอกและตัวเลขขององศาอ้างอิงจากเซ็นเซอร์ พอเริ่มทำการทดสอบให้กดปุ่ม Start หากต้องการหยุดการทดสอบ

กดปุ่ม Stop หรือกดปุ่ม Reset เพื่อทำการทดสอบใหม่อีกครั้ง ดังภาพประกอบ 20 ในส่วนหน้ากรอกประวัติส่วนตัวจะให้ผู้ใช้กรอกประวัติส่วนตัวโดยมีทั้งใส่ชื่อ-นามสกุล น้ำหนัก อายุ ส่วนสูง เพศ เบอร์โทรศัพท์ และอีเมล ดังภาพประกอบ 21

ภาพประกอบ 22 หน้าจอนี้เป็นหน้าบันทึกผลตรวจข้อเข่าครั้งล่าสุดในรูปแบบโชว์ผลลัพธ์ โดยจะโชว์ทั้งองศาที่ทำได้เป็นองศา คะแนนที่ทำได้เป็นวินาที ท่าที่ใช้ฝึก ขาที่ใช้ และเวลาที่ทำได้เป็นวินาที

ภาพประกอบ 23 เป็นหน้าจอแสดงกราฟบันทึกผลตรวจข้อเข่าครั้งล่าสุด โดยแกน X เป็นเวลาที่ทำได้ และแกน Y เป็นองศาที่ทำได้

4.2 ผลการทดสอบ

ผลการประเมินโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัดโดยทดสอบจากการใช้ฟังก์ชันในแต่ละหน้าจอโดยได้ผลการทดสอบดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงผลการทดสอบการใช้งานโปรแกรม ผลการทดสอบพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจและสามารถแสดงผลการทำงานได้จริงจากข้อมูลในระบบโดยถูกต้องและแม่นยำ

4.3 การทดสอบความพึงพอใจ

การทดสอบความพึงพอใจการใช้งานโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัดแบ่งการทดสอบเป็น 4 ด้านได้แก่ ด้านที่ 1) ความพึงพอใจในหน้าการใช้งานของผู้ป่วย ด้านที่ 2) ความน่าใช้งานของโปรแกรมการตรวจวัด ด้านที่ 3) ความพึงพอใจที่สามารถใช้งานได้จริง และด้านที่ 4) การช่วยในวัด

สมรรถนะของผู้ป่วย สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

จากผลการทดสอบความพึงพอใจการใช้งานแบ่งผู้ประเมินเป็น 3 กลุ่มตามช่วงอายุ โดยทำการทดสอบใช้งานโปรแกรมจากนั้นประเมินจำนวน 10 คน คือ ช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี ช่วงอายุ 20-30 ปี และช่วงอายุมากกว่า 30 ปี จากนั้นทำการทดสอบใช้งานโปรแกรมและนำผลที่ได้มาสรุปผลความพึงพอใจการใช้งาน จากตารางความพึงพอใจเฉลี่ยในด้านของการใช้โปรแกรมพบว่ากลุ่มช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี มีความพึงพอใจในการใช้โปรแกรมมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยคือ 3.95 เนื่องจากมีความเข้าใจการใช้งานโปรแกรมเป็นอย่างดี รองลงมากลุ่มช่วงอายุ 20-30 ปี ค่าเฉลี่ยคือ 3.68 กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยที่สุดคือช่วงอายุมากกว่า 30 ปี คือ 3.08 จากคะแนนเต็ม 5 เนื่องจากการไม่เข้าใจการทำงานของโปรแกรมจึงต้องมีการอบรมการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้นในกลุ่มช่วงอายุนี้

ตาราง 1 ผลการทดสอบใช้งานหน้าจอ

การทดสอบ	ผลทดสอบ
1. ความพึงพอใจในหน้าการใช้งานของผู้ป่วย	ผ่าน
2. ความน่าใช้งานของโปรแกรมการตรวจวัด	ผ่าน
3. ความพึงพอใจที่สามารถใช้งานได้จริง	ผ่าน
4. การช่วยในวัดสมรรถนะของผู้ป่วย	ผ่าน

ตาราง 2 ผลทดสอบความพึงพอใจ

ตารางสรุปการทดสอบความพึงพอใจ					
หัวข้อการทดสอบ/ช่วงอายุ	1	2	3	4	สรุปผลภาพรวม
อายุต่ำกว่า 20 ปี	4.4	3.2	4.1	4.1	3.95
อายุ 20-30 ปี	4	3.7	3.3	3.7	3.68
อายุมากกว่า 30 ปี	3.3	3.1	2.8	3.1	3.08

5. สรุปผลการดำเนินงาน

จากการตรวจวัดการเคลื่อนไหวในการขยับข้อเข่าเพื่อตรวจวัดสมรรถนะก่อนและหลังการฝึก รวมทั้งเรียกดูประวัติการใช้งานและค่าความสำเร็จ ซึ่งผลการทดสอบหน้าจอการใช้งานมีความถูกต้องและผลสำรวจการใช้งานอยู่ในระดับที่ดีและทดสอบความพึงพอใจในการใช้งานโดยช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี มีค่าความพึงพอใจมากที่สุดอยู่ที่ 3.95 และช่วงอายุมากกว่า 30 ปี มีค่าความพึงพอใจต่ำที่สุดอยู่ที่ 3.08 จากผลการสำรวจการใช้งานแสดงให้เห็นว่าควรมีการออกแบบการใช้งานโปรแกรมผู้ใช้งานเบื้องต้นก่อนใช้โปรแกรมการฝึกเพื่อกายภาพบำบัด โดยสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

1) การทดสอบครั้งแรกโดยการตั้งเวลาการฝึกตามที่พทย์กำหนดและวัดองศาที่ทำได้ถือเป็นค่าตั้งต้นที่ทำได้

2) การฝึกกายภาพตามเวลาที่แพทย์กำหนด โดยมีเวลาและองศาที่กำหนดเป้าหมายชัดเจน

3) การวัดผลการทดสอบโดยเปรียบเทียบการทดสอบครั้งแรกและการทดสอบหลังการกายภาพ เมื่อทำการฝึกเสร็จสิ้น ผลการฝึกจะถูกบันทึกลงฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการบำบัดและวิเคราะห์ต่อไป

7. ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1) การพัฒนาโปรแกรมจำเป็นต้องศึกษาหาข้อมูลในด้านกายภาพบำบัด และเก็บข้อมูลจากนักกายภาพบำบัด รวมไปถึงการปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาจึงส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการพัฒนาโปรแกรม

2) มีการใช้เครื่องมือมาช่วยในการพัฒนาโครงการทำให้ต้องมีการศึกษาเครื่องมือที่เข้ามาช่วยในการพัฒนา ซึ่งอาจจะต้องใช้เวลาในการศึกษาเป็นเวลานาน

3) ผู้พัฒนาขาดประสบการณ์ในการพัฒนาโปรแกรมร่วมกับอุปกรณ์จึงส่งผลให้การพัฒนาโปรแกรมเป็นไปอย่างล่าช้า

4) โปรแกรมตัวนี้ได้มีการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก บ่อยครั้งที่การเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม กับเซนเซอร์ Razor IMU เกิดความล้มเหลวแล้วต้องทำการเชื่อมต่อโปรแกรมกับเซนเซอร์ใหม่ ส่งผลให้การพัฒนาโปรแกรมมีความล่าช้า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายกฤตภาส วรโชคทวีกุล และนายสิขเรศ จำปาศรี ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาและออกแบบโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด

เอกสารอ้างอิง

Arshad, J., Siddiqui, T. A., Sheikh, M. I., Waseem, M. S., Nawaz, M. A. B., Eldin, E. T., & Rehman, A. U. (2023). Deployment of an intelligent and secure cattle health monitoring system. *Egyptian Informatics Journal*, 24(2), 265-275.

Bishop, W. & Freeman, G. H. (2006). The use of C# as a first programming language. *Proceedings of the International Conference on Frontiers in Education: Computer Science & Computer Engineering*, 97-103.

Deethong, R., Sattayasomboon, Y., Usathaporn, S., & Benjakul, S. (2022). Factors related to the physical therapy services utilization among clients in a community hospital, Prachuap Khiri Khan Province. *Public Health Policy and Laws Journal*, 8(2), 249-264. [In Thai]

- Dungkong, S. (2017). Physical therapy for osteoarthritis patients. *Siriraj Medical Bulletin*, 10(2), 115-121. [In Thai]
- Hébert, P. R., Chandrasekera, T., & Clare, G. (2020). Displaying a University's Frank Lloyd Wright Artifact reproductions: Physical and virtual environments. *Journal of Building Energy & Environment*, 3(1), 1-15.
- Kinrehabilitation. (n.d.). การรักษาอาการปวดเข่าและข้อเข่าเสื่อมในผู้สูงอายุด้วยการทำกายภาพบำบัด [Physical treatment for elderly patients suffering from knee pain and osteoarthritis]. Retrieved 28 September 2023. Retrieved from <https://www.kinrehab.com/news/view/598>. [In Thai]
- Lamcharoen, N., Potisupsuk, C., & Nuysri, M. (2018). Effects of a self-care to reduce knee pain program among elderly with knee osteoarthritis, Chaisatan Subdistrict, Muangnan District, Nan Province. *Journal of Nursing and Health Care*, 36(3), 107-116. [In Thai]
- Methabutr, C. (2022). Development of the management model for osteoarthritis among elderly in Chumphuang District, Nakhon Ratchasima Province. *Regional Health Promotion Center 9 Journal*, 16(3), 969-985. [In Thai]
- Nopavong Na Ayudhaya, T. & Rakkuea, P. (2018). Two-wheeled self-balancing vehicle based on inverted pendulum mechanism. *Journal of Engineering, RMUTT*, 16(1), 63-73. [In Thai]
- Nuchasilp, R. & Chongton, S. (2022). The effects of the older adult care program for knee osteoarthritis by community participation using traditional Thai massage combined with herbal wraps and self-care on severity level of knee osteoarthritis in a Tambon Health Promoting Hospital, Muang District, Phitsanulok Province. *Journal of Nursing Science & Health*, 45(2), 93-110. [In Thai]
- Robrujen, S. (2020). The development of knee osteoarthritis prevention program in elderly by community participation in Khu Mueang Subdistrict, Warin Chamrap District. *Journal of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University*, 3(1), 25-36. [In Thai]
- Saisuri, P. & Pensri, P. (2022). Factors associated with physical therapy treatments of patients with knee osteoarthritis in Thailand. *Thai Journal of Physical Therapy 2022*, 44(2), 131-48. [In Thai]
- Sroisong, S., Rueankon, A., Fuongtong, P., & Srathong, P. (2019). Nursing care for elderly people with knee osteoarthritis. *Region 11 Medical Journal*, 33(2), 197-210. [In Thai]
- Suksawatchon, U., Suksawatchon, J., Werapan, W., Wachirahatthapong, H., & Puntumchinda, W. (2021). Adaptive human daily activity recognition using accelerometer sensory data from smartphones. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 39(2), 237-250. [In Thai]

- Supichyangur, K. (2019). Reliability of postoperative rehabilitation program after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Region 4-5 Medical Journal*, 38(1), 61-71. [In Thai]
- Thitikunpatthanawadee, S., Kanjanasit, W., & Setthaphatthaphon P. (2018). Nurse practitioner's role to reduce osteoarthritis pain in patient's with knee osteoarthritis by using the thing muscle exercise program. *Christian University of Thailand Journal*, 24(4), 636-646. [In Thai]
- Utchin, R. & Thato, R. (2017). Predictive factors of knee osteoarthritis preventive behaviors among professional nurses in tertiary hospitals, Bangkok Metropolis. *Journal of Nursing Science Chulalongkorn University*, 29(1), 11-24. [In Thai]