รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
การพัฒนาและทดสอบอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อ เพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง
(Development and Testing of Range of Motion Tool for Self-Screening and Monitoring of Joint Stiffness)

นางศิริรัตน์ เกียรติกูลานุสรณ์

นายสราวุธ เวชกิจ

นางนงนุช ล่วงพ้น

นางพรลักษณ์ แพเพชร์ เสือโต

นางสาวฉวีวรรณ ธงเจริญ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินอุดหนุนจากรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 23657
สัญญาเลขที่ 41/2562

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
การพัฒนาและทดสอบอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อ เพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง
(Development and Testing of Range of Motion Tool for Self-Screening and Monitoring of Joint Stiffness)

นางศิริรัตน์ เกียรติกูลานุสรณ์
นายสราวุธ เวชกิจ
นางนงนุช ล่วงพ้น
นางพรลักษณ์ แพเพชร์ เสือโต
นางสาวฉวีวรรณ ธงเจริญ

สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
เทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี

ตุลาคม 2561

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 41/2562

นางศิริรัตน์ เกียรติกูลานุสรณ์
นายสราวุธ เวชกิจ
นางนงนุช ล่วงพ้น
นางพรลักษณ์ แพเพชร์ เสือโต
นางสาวฉวีวรรณ ธงเจริญ
กันยายน 2563

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประดิษฐ์นวัตกรรมอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง ที่มีลักษณะพิเศษคือผู้ใช้งานสามารถใช้ได้เอง ใช้ง่าย อ่านและแปลผลได้เองทันที สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวเพื่อรายงานต่อผู้ให้การรักษาได้ และสามารถตรวจการเคลื่อนไหวข้อต่อรยางค์ทั้งบนและล่างได้ โดยสามารถตรวจองศาการเคลื่อนไหวทุกทิศทางหลักของข้อต่อเหล่านั้น โดยดำเนินการศึกษา ออกแบบ ประดิษฐ์ ทดสอบ และปรับปรุงการประดิษฐ์นวัตกรรม และทดสอบความเที่ยงตรงและความแม่นยำภายในและระหว่างผู้วัด (concurrent validity, intra-rater and interrater reliability) ในการวัด standardized angle โดยเปรียบเทียบกับ goniometer และ inclinometer ในนักวิจัยที่เป็นนักกายภาพบัด 3 คน และศึกษาความพึงพอใจของนักกายภาพบำบัดต่อการใช้งาน

ผลการศึกษาพบว่า BUU ROM test kit: self-assess goniometry ที่ประดิษฐ์ขึ้นจากการศึกษานี้ มีส่วนประกอบได้แก่ แผ่น calibrate ซึ่งมีส่วนยึดติดกับผู้ใช้ทางด้านหลัง แผ่นตรวจ/ แปลผลซึ่งมีสเกลองศาและแถบสีซึ่งสัมพันธ์กับค่าองศาการเคลื่อนไหวปกติของแต่ละทิศทางการเคลื่อนไหวของข้อต่อ โดยในชุดมี 4 แผ่นสำหรับตรวจ ข้อใหล่ ข้อศอก-ข้อมือ ข้อสะโพก ข้อเข่า-ข้อเท้า และแผ่นอ่านผลซึ่งมี weighted pendulum indicator ติดอยู่ ทั้ง 3 แผ่นเชื่อมกันที่จุดกึ่งกลางด้วยแกนหมุน (axis) ซึ่งสามารถปรับให้หลวมเมื่อตรวจและปรับให้แน่นเมื่อวัดองศาแล้วหรือจัดเก็บ ทำให้อุปกรณ์มีคุณสมบัติวัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อได้โดยใช้สามารถใช้ได้เอง ใช้ง่าย อ่านและแปลผลได้เองทันทีจากภาพและแถบสี ด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) เลือกแผ่นตรวจ (2) ติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับร่างกาย (3) ตั้งค่า 0 เมื่ออยู่ในท่าเริ่มต้น และ (4) อ่านและแปลผลเมื่อเคลื่อนไหวสู่ท่าสุดท้าย อุปกรณ์สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวจากสเกลองศาหรือสเกลแถบสีเพื่อรายงานต่อผู้ให้การรักษาได้

การทดสอบประสิทธิภาพในการวัด standardized angle พบ Intra-rater reliability ของผู้วัดทั้ง 3 คนมีค่า ICC=0.996-1.000 Inter-rater reliability ของการวัดทุกช่วงองศาการเคลื่อนไหวมีค่า ICC=0.994-0.999 concurrent validity ของการวัดทุกช่วงองศาการเคลื่อนไหวมีค่า ICC=0.997-1.000 เมื่อเทียบกับ universal goniometer และ inclinometer ค่า 95%CI of limit of agreement อยู่ในช่วง -4.535 ถึง 4.196 องศา ระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานของนักกายภาพบำบัด 4.87/5

ดังนั้น BUU ROM test kit มี Intra-rater reliability และ Inter-rater reliability อยู่ในระดับสูงมาก มี concurrent validity ในระดับ reasonable validity โดยความคาดเคลื่อนเป็นระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก จึงสามารถนำมาใช้แทน universal goniometer หรือ inclinometer ในทางคลินิกเพื่อใช้คัดกรองและติดตามภาวะข้อต่อติดด้วยตัวเองได้ อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นข้อมูลในการใช้งานทางคลินิกควรมีการศึกษาปริมาณความคาดเคลื่อนที่เกิดจากปัจจัย patient-specific เพิ่มเติมต่อไป

คำสำคัญ: คัดกรองภาวะข้อติด, องศาการเคลื่อนไหว, อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหว, นวัตกรรมโกนิมิเตอร์

Abstract

The purpose of this research was to study, design and invent innovative range of motion tool for self-screening and monitoring of joint stiffness (called BUU ROM test kit: self-assess goniometry) that has special characteristics, namely the user can be used by themselves, provide simple resulting report and automatically interpretation. The innovation can provide objective data for user and therapist. Additionally, it can be applied to assess all major movements of peripheral joint. Education, design, fabrication, testing and improvement of innovative inventions will be conducted. After that the test of accuracy and reliability was carried out. The concurrent validity of BUU ROM test kit was compared with universal goniometer and inclinometer which was performed to measure standardized angle. The intra-rater reliability and inter-rater reliability of 3 physical therapy researchers were examined. The satisfaction of physical therapists for using the BUU ROM test kit was studied.

The result of this study showed that the BUU ROM test kit consisted of calibration plate with adjustable strap for connecting to user, examination/interpretation plate and result reading plate with weighted pendulum indicator. The set of examination/interpretation plate contained 4 sets: shoulder, elbow-wrist, hip and knee-ankle joint. Each examination/interpretation plate showed degree scale and color band corresponding to the normal degree of motion of each joint motion direction. At the center of all 3 plates were connected with adjustable axis. These composition of the invented BUU ROM test kit deliver user friendly which process of applications were 4 steps included (1) select evaluation plate, (2) connect the assessment tool to the user, (3) set zero for starting position and (4) reading the ROM result for final position. Therefore, the invention can be executed to monitor and report the progression of joint ROM.

The intra-rater reliability and inter-rater reliability to assess standardized angle ranged from 0-180 degrees of the 3 physical therapy researchers showed excellent (ICC=0.996-1.000 and 0.994-0.999). The concurrent validity of the BUU ROM test kit when compared with goniometer and inclinometer presented excellent (ICC=0.997-1.000). The 95%CI of limit of agreement ranged from -4.535 to 4.196 degrees. The satisfaction of physical therapists for using the BUU ROM test kit was 4.87/5. It can be concluded that the BUU ROM test kit was reasonable validity and have the capacity to act as a substitute for a universal goniometer or inclinometer for self-screening and monitoring joint stiffness disorder. However, the research in participant should be further to measure that how the patient specific factor effect to measurement error.

Key words: self-screening for joint stiffness, Range of motion, ROM measurement tool, invented goniometer

สารบัญเรื่อง

หน้า

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
Abstract ..... ค
สารบัญเรื่อง ..... ง
สารบัญตาราง ..... จ
สารบัญรูปภาพ ..... ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย ..... ฌ
บทนำ (Introduction) 1
เนื้อหาของเรื่องที่เคยมีผู้ทำการวิจัยมาก่อน 1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา 3
วัตถุประสงค์การวิจัย 6
ขอบเขตการวิจัย 6
กรอบแนวคิดการวิจัย 7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
เนื้อเรื่อง (Main body) 9
วิธีดำเนินการวิจัย (Materials & Method) 9
ผลการวิจัย (Results) 25
อภิปรายผลการวิจัย (Discussion) 35
สรุปและเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัย 38
สรุปผลการวิจัย 38
ข้อจำกัดของงานวิจัย ข้อเสนอแนะ และประโยชน์ในทางประยุกต์ของผลงานวิจัย 38
ผลผลิต (Output) 39
ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ 39
การยื่นจดสิทธิบัตร 39
การใช้ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ 39
เอกสารอ้างอิง (Reference) 40
ภาคผนวก 43
ประวัตินักวิจัย 44

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รูปแบบของการประดิษฐ์ต้นแบบของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ..... 14
ตารางที่ 2 องศาการเคลื่อนไหวปกติและท่าทางในการตรวจองศาการเคลื่อนไหวด้วยอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง 20
ตารางที่ 3 ค่า Mean, Standard Deviation (SD) และ Standard Error of Mean (SEM) ของการใช้ universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit..... 29
ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ROM ที่วัดได้ระหว่างผู้วัด 3 คน และค่าความเที่ยงระหว่างผู้วัด (ICC) โดยใช้เครื่อง universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit..... 29
ตารางที่ 5 ความเที่ยงระหว่างผู้วัด (ICC) โดยใช้เครื่อง universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit 30
ตารางที่ 6 ความเที่ยงภายในผู้วัด (ICC) โดยใช้เครื่อง universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit โดยผู้วัดคนที่ 1-3..... 30
ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ROM ที่วัดได้ระหว่างการใช้เครื่อง universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit 30
ตารางที่ 8 Intraclass-Correlation Coefficient (ICC) และ 95% Confidence Intervals (95%CI), Mean different (MD), Standard deviation (SD) และ Standard Error of Mean (SEM) ของ MD และ 95%CI of Limit of agreement (LOA) ของการใช้ universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit..... 31
ตารางที่ 8 ร้อยละ (%) และค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของนักกายภาพบำบัดต่อการใช้งาน BUU ROM test kit (n=3) 34

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 กรอบแนวคิดโครงการวิจัย 7
รูปที่ 2 แนวคิดต้นแบบส่วนประกอบของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง 11
รูปที่ 3 แนวคิดต้นแบบด้านหลังแผ่นอ่านและแปลผล ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง 12
รูปที่ 4 แนวคิดต้นแบบแผ่น calibrate ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง 12
รูปที่ 5 แนวคิดต้นแบบแผ่นตรวจสำหรับข้อไหล่ ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง 13
รูปที่ 6 แนวคิดต้นแบบแผ่นตรวจสำหรับข้อศอกและข้อมือ ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง 13
รูปที่ 7 แนวคิดต้นแบบแผ่นตรวจสำหรับข้อสะโพก ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง 13
รูปที่ 8 แนวคิดต้นแบบแผ่นตรวจสำหรับข้อเข่าและข้อเท้า ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง 14
รูปที่ 9 แสดงกฎการหมุน ซึ่งจะเกิดการหมุนเมื่อแนวแรงที่กระทำไม่ผ่านจุดหมุน (pivot) 17
รูปที่ 10 การหมุนรอบจุดหมุน ทำให้เกิดการกระจัดเชิงมุม 18
รูปที่ 11 การเคลื่อนไหวของข้อต่อเป็นการเคลื่อนไหวรอบจุดหมุน 18
รูปที่ 12 กฎความโน้มถ่วงสากลของนิวตัน 19
รูปที่ 13 การใช้ weighted gravity-pendulum indicator มาใช้ในการวัดการกระจัดเชิงมุมหรือองศาการเคลื่อนไหว 19
รูปที่ 14 แนวคิดการออกแบบการแปลผลองศาการเคลื่อนไหวด้วยแถบสีของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเองในงานวิจัยนี้ (การงอข้อไหล่) 23
รูปที่ 15 กล่องบรรจุชุดทดสอบ BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry 26
รูปที่ 16 ส่วนประกอบของ BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry 26
รูปที่ 17 ส่วนประกอบของส่วนหลัก และแผ่นตรวจและแปลผลทั้ง 4 แผ่นของ BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry 27
รูปที่ 18 ตัวอย่างการใช้ BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry วัดองศาการงอข้อไหล่ ซึ่งผู้ใช้อาจใช้งานด้วยตัวเองเมื่อเคลื่อนไหวแบบทำเอง (active ROM) หรือมีญาติช่วยตรึงแขนเมื่อเคลื่อนไหวแบบทำให้ (passive ROM) 28
รูปที่ 19 Bland-Altman plots เปรียบเทียบ การใช้ universal goniometer และ inclinometer และ BUU ROM test kit 32
รูปที่ 20 Bland-Altman plots เปรียบเทียบ การใช้ universal goniometer และ BUU ROM test kit 32
รูปที่ 21 Bland-Altman plots เปรียบเทียบ การใช้ inclinometer และ BUU ROM test kit 33

รูปที่ 22 การใช้ BUU ROM test kit: self-assess goniometry ในการเรียนการสอนหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด..... 39

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน 16

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

BUU Burapha University
ROM Range of Motion
ICC Intraclass Correlation Coefficient

บทนำ (Introduction)

เนื้อหาของเรื่องที่เคยมีผู้ทำการวิจัยมาก่อน

การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ พบว่ามีการศึกษาอย่างแพร่หลายและต่อเนื่อง ได้แก่

การศึกษาของ Haynes และ Edmondston (1) ศึกษาความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือในรูปแบบใหม่ของ Neck Goniometer โดยใช้พื้นฐานของไม้โปรแทร็คเตอร์ เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือของ SpinT goniometer ซึ่งเป็นเครื่องมือไม้โปรแทร็คเตอร์แบบใหม่ที่ใช้สำหรับวัดช่วงการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังระดับคอ นอกจากนี้การเปรียบเทียบความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังระดับคอและ SpinT goniometer ในการวัดทิศทางการหมุนในแนวแกน Y ที่มีการเอียงและไม่มีการเอียง ผู้ทดสอบ 2 คน ทำการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังระดับคอของผู้ป่วยจานวน 23 คนที่มีสุขภาพดี (ผู้ชาย 15 คน, ผู้หญิง 8 คน; มีอายุ 21-42 ปี) ผู้ป่วยอยู่ในท่านั่งตัวตรงและถูกสั่งให้เคลื่อนไหวคอไปจนสุดช่วงการเคลื่อนไหวที่สามารถทาได้ ความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดช่วงการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังระดับคอและ SpinT goniometer ได้รับการประเมินด้วยเครื่องมือการทดสอบความสามารถในการหมุนหรือการเอียงที่ได้ตั้งมุมไว้แล้ว ผลการศึกษาพบว่ามีความน่าเชื่อถือระหว่างการวัด SpinT goniometer ในทิศทางการหมุนในแนวแกน Y เมื่อเทียบกับการอ่านจาก platform โดยไม่คำนึงถึงมุมในการเอียง ในขณะที่เครื่องมือวัดช่วงการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังระดับคอจะแสดงถึงความคลาดเคลื่อนเมื่อเอียงเกิน 5 องศา การทดสอบความน่าเชื่อถือโดยทั่วไปจะเกิดข้อตกลงในระหว่างการตรวจสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหมุนซ้าย, หมุนขวา และการเหยียด การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการวัดช่วงการเคลื่อนไหวด้วย SpinT goniometer มีความน่าเชื่อถือและ SpinT goniometer มีความเที่ยงตรงในการวัดทิศทางการหมุนที่สัมพันธ์กับการเอียง

การศึกษาของ Ha และคณะ (2) ศึกษาความน่าเชื่อถือและความเที่ยงตรงของ Goniometric และการวัดมุมเอียงของ Clavicular ด้วยวิธีการถ่ายภาพ จุดมุ่งหมายของการศึกษานี้เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือในการวัดมุมเอียงของ Clavicular โดยใช้ Goniometric และการถ่ายภาพในการวัด และทดสอบความเที่ยงตรงของการวัดโดยการเปรียบเทียบผลกับภาพถ่ายรังสี (Gold standard) การวัดมุมเอียงของ Clavicular จะทำการวัดในคนที่มีสุขภาพดีจำนวน 18 คน โดยใช้ Goniometric, การถ่ายภาพ และภาพถ่ายรังสี และจะวัดซ้าโดยใช้ Goniometric, การถ่ายภาพ ซึ่งจะทำ 2 ช่วงเวลาในวันที่แตกต่างกันเพื่อประเมินค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินและค่าความเชื่อมั่นภายในผู้ประเมินของทั้ง 2 วิธี ภาพถ่ายรังสีวัดครั้งเดียว โดยนาใช้ในการคานวณการทดสอบความเที่ยงของ Goniometric และการถ่ายภาพในการวัดมุมเอียงของ Clavicular ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการวัดมุมเอียงของ Clavicular ระหว่างการทดสอบความน่าเชื่อถือของการวัดด้วย Goniometric (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผู้ประเมิน (ICC) = 0.85 (95% CI = 0.72-0.92) และ 0.87 (95% CI = 0.77-0.87) ค่า ICC ภายในผู้ประเมิน = 0.80 (95% CI = 0.64-0.89)) และการวัดด้วยภาพถ่าย (ค่า ICC ระหว่างผู้ประเมิน = 0.89 (95% CI = 0.80-0.94) และ 0.95 (95% CI = 0.91-0.98); ค่า ICC ภายในผู้ประเมิน = 0.84 (95% CI = 0.71-0.92) และ 0.84 (95% CI = 0.69-0.91)) การใช้ Goniometric และการถ่ายภาพในการวัดมุมเอียงของ Clavicular มีความสัมพันธ์อย่างมากกับการถ่ายภาพรังสี (r = 0.83, 0.78 ตามลาดับ) Goniometric และการถ่ายภาพการวัดมุมเอียงของ Clavicular ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีความน่าเชื่อถือและสามารถใช้ Goniometric และภาพถ่ายในการวัดมุมเอียงของ Clavicular แทนภาพถ่ายรังสีได้

การศึกษาของ Nussbaumer และคณะ (3) ศึกษาความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือจากการทดสอบซ้ำของ Goniometer ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวข้อสะโพกในผู้ป่วย Femoroacetabular impingement มีจุดมุ่งหมายของการศึกษาเพื่อประเมินความเที่ยงตรง (ในกลุ่มที่มีประสบการณ์) ความเที่ยงตรง (ในกลุ่มที่ไม่มีประสบการณ์) และการทดสอบซ้ำ (ภายในผู้ประเมิน) ความน่าเชื่อถือของ Goniometers ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกในผู้ป่วย Femoroacetabular impingement วัดองศาการเคลื่อนไหวของ Hip flexion, abduction, adduction, internal and external rotation โดยมีผู้กระทำให้ (Passive) วัดพร้อมกันโดยใช้ Goniometer และ Electromagnetic tracking system (ETS) ทดสอบ 2 ครั้ง ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ทำศึกษาในผู้ป่วย Femoroacetabular impingement ทั้งหมด 15 คน และกลุ่มควบคุมคืออาสาสมัครที่มีสุขภาพดี 15 คน ผลการศึกษาพบว่า Goniometers มีค่าองศาการเคลื่อนไหวข้อสะโพกดีกว่าเมื่อเทียบกับ ETS (อยู่ในช่วง 2.0-18.9 องศา; $p < 0.001$) ซึ่งแสดงความเที่ยงตรงของ Hip abduction และ internal rotation เท่านั้น โดยมีค่า Intraclass correlation coefficients (ICC) อยู่ที่ 0.94 และ 0.88 ตามลาดับ ในผู้ป่วยพบว่าอุปกรณ์ทั้ง 2 มีค่าองศาการเคลื่อนไหวของ Hip abduction ต่ำกว่าปกติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p < 0.01$) ความน่าเชื่อถือการทดสอบซ้ำมีค่า ICCs สูงกว่า 0.90 ยกเว้น Hip adduction (0.82-0.84) ดังนั้น Goniometer และ ETS มีความน่าเชื่อถือไม่ต่างกัน การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการประเมินผล Goniometer มีความสำคัญในการประเมินองศาการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก โดยการวัดมุมองศา (เช่น งอต้นขาชิดลาตัวสาหรับท่างอสะโพก) มีค่าองศาการเคลื่อนไหวข้อสะโพกที่เที่ยงตรงมากกว่า ค่าที่มากเกินไปของการเคลื่อนไหวเหล่านี้ มีแนวโน้มว่าจะเกิดจากการที่ไม่สามารถควบคุมการหมุนของกระดูกเชิงกรานได้, ความยากในการวาง Goniometer ให้ถูกต้อง และท่าการเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตาม Goniometer มีความน่าเชื่อถือสามารถใช้ประเมินในทางคลินิกได้

การศึกษาของ Werner และคณะ (4) ทำการศึกษาเรื่องการตรวจสอบวิธีวัดองศาการเคลื่อนไหวข้อไหล่ด้วย Smartphone clinometer application วัตถุประสงค์เพื่อสร้างค่าความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ด้วย Smartphone clinometer application ในอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี ซึ่งทำการวัดโดยแพทย์ผ่าตัด ผู้ช่วยแพทย์และนักศึกษาแพทย์ ในอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี 24 คน ผู้ทดลองวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อไหลในอาสาสมัครทั้ง 2 ไหล่ ด้วย Goniometer และ Smartphone clinometer โดยวิธีการสุ่ม ผลแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสาคัญที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ICC) 0.61 (ค่าประมาณ), 0.69 (Goniometer) และ 0.80 (สมาร์ทโฟน) โดยผู้ทดลองมีค่า ICC= 0.98 สรุป Smartphone clinometer application สามารถวัดองศาการเคลื่อนไหวข้อไหลในอาสาสมัครได้อย่างถูกต้อง

การศึกษาของ Shin และคณะ (5) ศึกษา ความน่าเชื่อถือของการวัดองศาการเคลื่อนไหวข้อไหล่ด้วยสมาร์ทโฟนการวัดองศาการเคลื่อนไหวเป็นขั้นตอนแรกในการตรวจร่างกายและการประเมินการทำงานของข้อไหล่ โดยสามารถใช้ Digital inclinometers อย่างไรก็ตาม Digital inclinometers มีราคาแพง และด้วยเหตุนี้จึงไม่ได้นำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการใหม่สำหรับการวัดองศาการเคลื่อนไหวข้อไหลโดยใช้โปรแกรม inclinometer บนสมาร์ทโฟน ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่าวิธีการนี้จะแสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้และมีความเที่ยงตรง โดยผู้ทดสอบทั้ง 3 คน วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อไหล่ด้วย Goniometric และ smartphone Inclinometric ให้อาสาสมัครทำการเคลื่อนไหวเอง (Active) และให้ผู้อื่นทำการเคลื่อนไหวให้ (Passive) ในท่างอข้อไหล (Flexion), กางข้อไหล่ (Abduction) ,หมุนข้อไหล่ออกด้านนอก (External rotation) ขณะที่แขนอยู่ข้างลาตัว, หมุนข้อไหล่ออกด้านนอกในท่ากางแขน 90 องศา และหมุนข้อไหล่เข้าด้านใน (Internal rotation) ในท่ากางแขน 90

องศา ทาการวัดในอาสาสมัคร 41 คน วิเคราะห์ผลการวัดค่าความน่าเชื่อถือภายในและระหว่างผู้วัดโดยใช้ correlation coefficient (ICC) ค่าความน่าเชื่อถือของ Goniometric และ Inclinometric แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือที่น่าพึงพอใจในระหว่างผู้วัดยกเว้น Internal rotation ที่มีการกางแขน 90 องศามีค่า ICC เป็น <0.7 (ค่าระหว่าง 0.63-0.68) ความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้วัดมีค่า ICC >0.9 สำหรับการเคลื่อนไหวบางอย่าง การวัดด้วยโปรแกรม Inclinometer บนสมาร์ทโฟนแสดงให้เห็นถึงค่าความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับการวัดการเคลื่อนไหวด้วย Goniometric ความสัมพันธ์ระหว่างทั้ง 2 เครื่องมือมีค่าใกล้เคียงกันมาก พิจารณาจากความเหมาะสมและประสิทธิภาพในการวัด วิธีการใหม่นี้สามารถนาไปใช้ได้อย่างแพร่หลายสำหรับการวัดองศาการเคลื่อนไหวข้อไหล่

การศึกษาของ Bot และคณะ (6) รายงานเรื่อง Clinimetric evaluation of Shoulder disability questionnaires: a systematic review of the literature ในปี 2004 มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินแบบสอบถามข้อไหล่ที่มีอยู่ทั้งหมดและประเมินเครื่องมือที่มีคุณภาพที่ใช้ทางคลินิก วิธีการคือทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการประเมินข้อไหล่ด้วยตนเอง ตรวจสอบการพัฒนาและเครื่องมือที่ใช้ทางคลินิก จากการตรวจสอบพบแบบประเมินผล 16 แบบประเมิน Disability of the Arm, Shoulder, and Hand scale (DASH), the Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), and the American Shoulder and Elbow Surgeons Standardised Shoulder Assessment Form (ASES) ได้รับการศึกษาและการตีพิมพ์มากที่สุด แต่มีข้อจำกัดคือศึกษาในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก โดย DASH ได้รับการจัดอันดับที่ดีที่สุดสำหรับการใช้ทางคลินิก Disability of the Arm, Shoulder and Hand scale ข้อดี คือ เป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินในขั้นต้นและสามารถใช้งานได้ง่าย ข้อเสียของอุปกรณ์ชนิดนี้ คือ ไม่ทราบมุมองศาการเคลื่อนไหวจริง

แม้จะมีการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่ออย่างแพร่หลายและต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ที่ยังนิยมและได้รับการยอมรับในทางคลินิกมากที่สุดก็คือ standard goniometer แต่ก็เป็นวิธีการที่ต้องดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญจึงจะมีความเที่ยงตรงและแม่นยำ และต้องใช้ 2 มือในการจับอุปกรณ์เพื่อการตรวจ จึงยังมีข้อจำกัดในการใช้วัดองศาการเคลื่อนไหวด้วยตัวเองแต่ก็เป็นอุปกรณ์ที่เหมาะกับการนำมาเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อ นอกจากนี้มีการพัฒนาวิธีการวัดองศาการเคลื่อนไหวด้วยตัวเองมาอย่างต่อเนื่อง แต่ส่วนมากเน้นการประเมินองศาการเคลื่อนไหวแบบองค์รวมไม่จำเพาะกับแต่ละข้อต่อและแต่ละระนาบ แต่การรักษาฟื้นฟูภาวะข้อต่อยึดติดนั้น การประเมินองศาการเคลื่อนไหวที่จำเพาะแต่ละข้อต่อและระนาบเป็นวิธีการปกติทั่วไปที่มีความสำคัญต่อการรักษาฟื้นฟูมากที่สุด อย่างไรก็ตามในปัจจุบันอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวที่ผู้ป่วยสามารถใช้วัดองศาการเคลื่อนไหวด้วยตนเองที่มีความเที่ยงตรง แม่นยำที่ยอมรับได้ ทางคลินิก ยังต้องมีการพัฒนาให้ใช้งานง่าย แปลผลง่าย จำเพาะกับแต่ละข้อต่อและระนาบ สามารถใช้วัดได้หลายข้อต่อและระนาบโดยอุปกรณ์เดียว

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ภาวะข้อต่อยึดติด (joint stiffness) คือ ภาวะที่ข้อต่อมีการจำกัดการเคลื่อนไหว ทำให้ร่างกายมีความสามารถในการเคลื่อนไหวลดลง ซึ่งเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ภาวะความเจ็บป่วย ไม่ว่าจะเป็นความเจ็บป่วยระบบใด ผู้ป่วยจะมีการเคลื่อนไหวร่างกายลดลง ทำให้ร่างกายอ่อนแอลง โดยเฉพาะระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง ความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อรอบข้อต่อลดลง ส่งผลให้เกิดภาวะข้อติดตามมา นอกจากนี้สาเหตุที่สำคัญ คือ ภาวะโรคข้อเสื่อม ซึ่งเป็นภาระที่สำคัญที่เกี่ยวกับผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้น ทำให้พบอุบัติการณ์โรคเรื้อรังของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นประเด็นสำคัญทั้งระดับประเทศและระดับโลก เนื่องจากภาวะข้อต่อยึดติดส่งผลผลกระทบสูง

ต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยและครอบครัว เนื่องจากภาวะข้อต่อยึดติดทำให้ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยเคลื่อนไหวร่างกายลดลง และส่งผลกระทบต่อร่างกายทุกระบบ ได้แก่ ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและหลอดเลือดระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหารและการเผาผลาญในร่างกายระบบทางเดินปัสสาวะ ระบบผิวหนัง (เกิดแผลกดทับ) ระบบประสาท และส่งผลต่อด้านสังคมและสภาวะทางจิตใจของผู้สูงอายุและผู้ป่วยด้วย (7, 8) จึงนำไปสู่ความพิการและการเป็นภาระพึ่งพิงบุคคลอื่น คุณภาพชีวิตของผู้ป่วย รวมทั้งภาระค่าใช้จ่ายในการรักษาฟื้นฟูที่สูงขึ้น

สาเหตุสำคัญของภาวะข้อยึดติด คือ โรคทางกระดูกและข้อโดยเฉพาะโรคข้อเสื่อม (Osteoarthritis) ซึ่งโรคกระดูกและข้อเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญเนื่องจากอุบัติการณ์ของโรคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเป็นสาเหตุสำคัญอันก่อให้เกิดความทุพพลภาพในผู้สูงอายุ อีกทั้งมีผลกระทบสูงต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยและครอบครัว โดยรายงานภาระโรคและการบาดเจ็บของประชากรไทย พ.ศ. 2556 ได้รายงานการสูญเสียปีสุขภาวะ Disability-Adjusted Life Year : DALY ว่าอัตราการสูญเสียปีสุขภาวะจากภาวะบกพร่องทางสุขภาพของประชากรไทย พ.ศ. 2556 มีสาเหตุจากความผิดปกติทางกระดูกและกล้ามเนื้อเป็นลำดับที่ 4 ในเพศชาย (ร้อยละ 6) และลำดับที่ 3 ในเพศหญิง (ร้อยละ 10) โดยพบอัตราการสูญเสียสูงขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น ทั้งนี้พบว่าโรคข้อเสื่อมเป็นสาเหตุของการสูญเสียปีสุขภาวะ เป็นลำดับที่ 5 (ร้อยละ 4.5) ในเพศชายและเป็นลำดับที่ 3 (ร้อยละ 7.4) ในเพศหญิง โดยจากรายงานประจำปี 2558 กรมควบคุมโรค สำนักโรคไม่ติดต่อ รายงานว่าโรคข้อเสื่อมมีความชุก 1.6 ซึ่งเป็นอันดับ 2 ของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังสำคัญรองจากโรคโลหิตจาง และรายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 5 พ.ศ 2557 แสดงความชุกของโรคเรื้อรังที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ และบุคลากรสาธารณสุขในประชากร 15 ปีขึ้นไป พบว่าเป็นเกาต์ร้อยละ 2.4 (ลำดับที่ 4) และข้ออักเสบร้อยละ 11.4 (ลำดับที่ 7) และพบว่าสาเหตุของความพิการในผู้สูงอายุ ลำดับที่ 4 คือ ความพิการทางกายหรือการเคลื่อนไหว ซึ่งโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุที่มีความชุกมากที่สุด คือ โรคข้อเข่าเสื่อมโดยเป็นภาวะที่พบประมาณ 1 ใน 4 ของผู้สูงอายุคือประมาณ 2.2 ล้านคน รองลงมาคือเกาต์ร้อยละ 5.41 (9-11)

การคัดกรองและติดตามภาวะข้อต่อยึดติด มีความสำคัญต่อการป้องกัน รักษา และฟื้นฟู ในผู้ป่วยและผู้สูงอายุ โดยตัวแปรหลักที่ใช้ในการประเมินภาวะข้อติด คือ องศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Range of motion) เนื่องจากตามหลักการทางชีวกลศาสตร์การเคลื่อนไหวของมนุษย์ การจะมีการเคลื่อนไหวที่ปกตินั้นข้อต่อจำเป็นต้องมีองศาการเคลื่อนไหวเป็นปกติ คือ เต็มช่วงการเคลื่อนไหว (normal range of motion) และการมีข้อต่อจำกัดการเคลื่อนไหวจะส่งผลจำกัดการเคลื่อนไหวของร่างกาย (12-15) การวัดองศาการเคลื่อนไหวเป็นสิ่งสำคัญทั้งทางคลินิกและทางด้านงานวิจัย ซึ่งความเที่ยงตรงในการวัดองศาการเคลื่อนไหวเป็นสิ่งสำคัญ มีวิธีการต่างๆ หลายวิธีที่สามารถใช้วัดองศาการเคลื่อนไหวของร่างกายได้ เช่น Visual estimation, Goniometer, Inclinometer, Radiography, Photography, Programe/ Software และ Application ทั้งนี้แต่ละวิธีมีข้อดี ข้อจำกัด ซึ่งเหมาะกับการใช้งานต่างกัน (12, 16) Radiography แม้จะความเที่ยงตรงมากที่สุดแต่มีความเสี่ยงต่อการสัมผัสรังสี จึงเหมาะกับงานวิจัยบางงานเท่านั้น Photography และ Programe/ Software เหมาะกับการวัดองศาการเคลื่อนไหวขณะร่างกายเคลื่อนไหว เช่น ทำงาน หรือเล่นกีฬา แต่อุปกรณ์ราคาแพงและการใช้งานซับซ้อนเหมาะกับใช้ในงานวิจัย (17-19) การวัดด้วย Smart phone application ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อตรึงโทรศัพท์ไว้กับผู้ป่วยหรือมีผู้อื่นจับให้ โดยตำแหน่งและการตรึงส่งผลต่อความเที่ยงตรงอย่างมาก ต้องมีความชำนาญในการวัดจึงยังไม่ถูกนำมาใช้ทางคลินิก (20) วิธีที่เหมาะและนิยมนำมาใช้ทางคลินิก คือ Visual estimation, Goniometer และ Inclinometer อย่างไรก็ตาม Visual estimation มีความสะดวกแต่มีข้อจำกัดอย่างมากด้านความน่าเชื่อถือและความเที่ยงตรง และเหมาะกับผู้เชี่ยวชาญทางคลินิกเท่านั้น สำหรับ

Goniometer และ Inclinometer เป็นวิธีการมาตรฐานทั่วไปที่ใช้ในทางคลินิกเนื่องจากมีความเที่ยงตรงและแม่นยำและอุปกรณ์พกพาสะดวก เป็นเทคนิคการวัดที่นักศึกษาแพทย์และนักกายภาพบำบัดจะต้องฝึกฝนให้ชำนาญ นอกจากนี้มักเป็นวิธีการมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบในการวิจัย อย่างไรก็ตามมีข้อจำกัดคือการระบุและการตรึงจุดอ้างอิงให้อยู่กับที่กระทำได้ยากส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนจึงเหมาะกับผู้วัดที่มีความเชี่ยวชาญ เช่น แพทย์ และนักกายภาพบำบัด อีกทั้งต้องใช้ 2 มือในการวัด ทำให้ไม่สามารถวัดด้วยตัวเองได้ (12, 16) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าโกนิโอมิเตอร์มาตรฐาน (Universal Goniometers (UG)) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวทางคลินิกมากที่สุด ประกอบด้วยแขน 2 ข้างเชื่อมต่อกัน ทำการวัดระยะทางเชิงมุมโดยกางแขนทั้ง 2 ข้างให้ห่างออกจากกัน Universal Goniometer มีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้งานได้ง่าย ราคาไม่แพงและพกพาสะดวก อย่างไรก็ตามการระบุและการตรึงจุดอ้างอิงให้อยู่กับที่กระทำได้ยากส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนและต้องวัดโดยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญทางคลินิก และในการวัดต้องใช้มือทั้ง 2 ข้าง จึงเป็นข้อจำกัดในการวัดองศาการเคลื่อนไหวด้วยตนเอง (12, 16, 21) โดยในทางคลินิกองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่ประเมินด้วย Universal Goniometer ที่ยอมรับได้ควรมีค่าความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ตรวจ (Intertester reliability) ค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.70 - 0.75 และความน่าเชื่อถือในตัวผู้ตรวจ (Intratester reliability) ค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.90 - 0.95 (21, 22)

การตรวจคัดกรองเพื่อการวินิจฉัยโรคเบื้องต้นและประเมินความเสี่ยงของภาวะข้อต่อยึดติดเป็นมาตรการป้องกันโรคที่มีประโยชน์และมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งผู้สูงอายุ และผู้ป่วย เพื่อให้สามารถดำเนินการป้องกันภาวะข้อต่อยึดติดได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และหากภาวะข้อติดเกิดขึ้นแล้วอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การติดตามการพัฒนาการความรุนแรงภาวะข้อติดโดยผู้ป่วยเองเป็นข้อมูลสำคัญในการให้การรักษาของแพทย์ และนักกายภาพบำบัด ตลอดจนการติดตามการเปลี่ยนแปลงขององศาการเคลื่อนไหวโดยผู้ป่วยเองเป็นข้อมูลป้อนกลับที่สำคัญให้กับผู้ป่วย แพทย์ และนักกายภาพบำบัด เพื่อติดตามผลการรักษา ฟื้นฟู ที่สำคัญอย่างยิ่ง (13-15) นอกจากนี้ในประเทศไทยระบบสาธารณสุขมีบุคลากรทางการแพทย์ไม่เพียงพอต่อจำนวนของผู้ป่วย ดังนั้นโปรแกรมการรักษา ฟื้นฟู จึงต้องเน้นการออกกำลังกายนำไปปฏิบัติเองที่บ้าน ซึ่งถือเป็นการรักษาที่ดีที่สุดที่จะเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวหรือแก้ไขภาวะข้อต่อยึดติดด้วยตัวผู้ป่วยเอง ดังนั้นการประเมินผลการรักษาว่าโปรแกรมที่ผู้ป่วยได้รับมีความเหมาะสมกับผู้ป่วยหรือไม่ และมีการตอบสนองต่อผลการรักษาที่ดีขึ้นหรือแย่ลงจึงเป็นสิ่งสำคัญ แต่การที่จะทราบองศาการเคลื่อนไหวได้นั้นต้องใช้เครื่องมือ Universal Goniometers ซึ่งมีข้อจำกัดคือการระบุและการตรึงจุดอ้างอิงได้ยากและต้องใช้ความชำนาญจึงส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อน และต้องทำการวัดโดยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญทางคลินิก เช่น แพทย์ และนักกายภาพบำบัด และต้องใช้ 2 มือในการจับอุปกรณ์ (12, 16) จึงทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถวัดองศาการเคลื่อนไหวได้ด้วยตนเอง และไม่สามารถประเมินผลของการรักษาจากการออกกำลังกายเองได้

จากทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการศึกษาพัฒนาการประเมินองศาการเคลื่อนไหวด้วยตัวเองซึ่งโดยมากเป็นแบบสอบถาม (questionnaire) เพื่อประเมินองศาการเคลื่อนไหวแบบ function และจำเพาะกับโรค หรือบางข้อต่อเท่านั้น เช่น ข้อไหล่ติด ข้อเข่าเสื่อม เป็นต้น แม้จะมีความเที่ยงตรง แม่นยำ และถูกนำไปใช้ทางคลินิกอย่างแพร่หลาย (23, 24) แต่มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถประเมินค่าองศาการเคลื่อนไหวแต่ละระนาบของข้อต่อได้ จึงเหมาะกับการติดตามผู้ป่วยระยะยาว และประเมินภาพรวมในการเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบดีว่าการป้องกันและฟื้นฟูภาวะข้อต่อติดยึดนั้นต้องมีการประเมินข้อต่ออย่างละเอียดทุกระนาบ ติดตามอย่างใกล้ชิด สม่ำเสมอ และข้อมูลจากผู้ป่วยเป็นองค์องค์ประกอบสำคัญที่สุดในการคัดกรองและฟื้นฟู (14, 15) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวที่ผู้ป่วยสามารถใช้

วัดองศาการเคลื่อนไหวด้วยตนเองที่มีความเที่ยงตรง แม่นยำที่ยอมรับได้ทางคลินิก ยังต้องมีการพัฒนาให้ใช้งานง่าย แปลผลง่าย จำเพาะกับแต่ละข้อต่อและระนาบ สามารถใช้วัดได้หลายข้อต่อและระนาบโดยอุปกรณ์เดียว (24, 25)

โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประดิษฐ์อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อต่อยึดติดด้วยตัวเอง โดยเป็นอุปกรณ์ ที่ใช้ง่าย แปลผลง่าย ราคาที่เข้าถึงได้ สามารถให้ผู้ใช้วัดองศาการเคลื่อนไหวได้เองและมีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะประเมินผลองศาการเคลื่อนไหวได้เอง โดยใช้ระดับของแถบสีและภาพเป็นตัวบอกและแปลผลองศาการเคลื่อนไหว โดยผู้วิจัยคาดว่าหากมีอุปกรณ์ที่ช่วยให้สามารถวัดองศาการเคลื่อนไหวได้ด้วยตนเองจะทำให้ผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีภาวะเสี่ยงต่อข้อต่อยึดติดสามารถคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดได้ด้วยตัวเอง ลดอุบัติการณ์ของภาวะข้อต่อยึดติด และผลการรักษาฟื้นฟูภาวะข้อต่อยึดติดมีประสิทธิภาพมากขึ้น

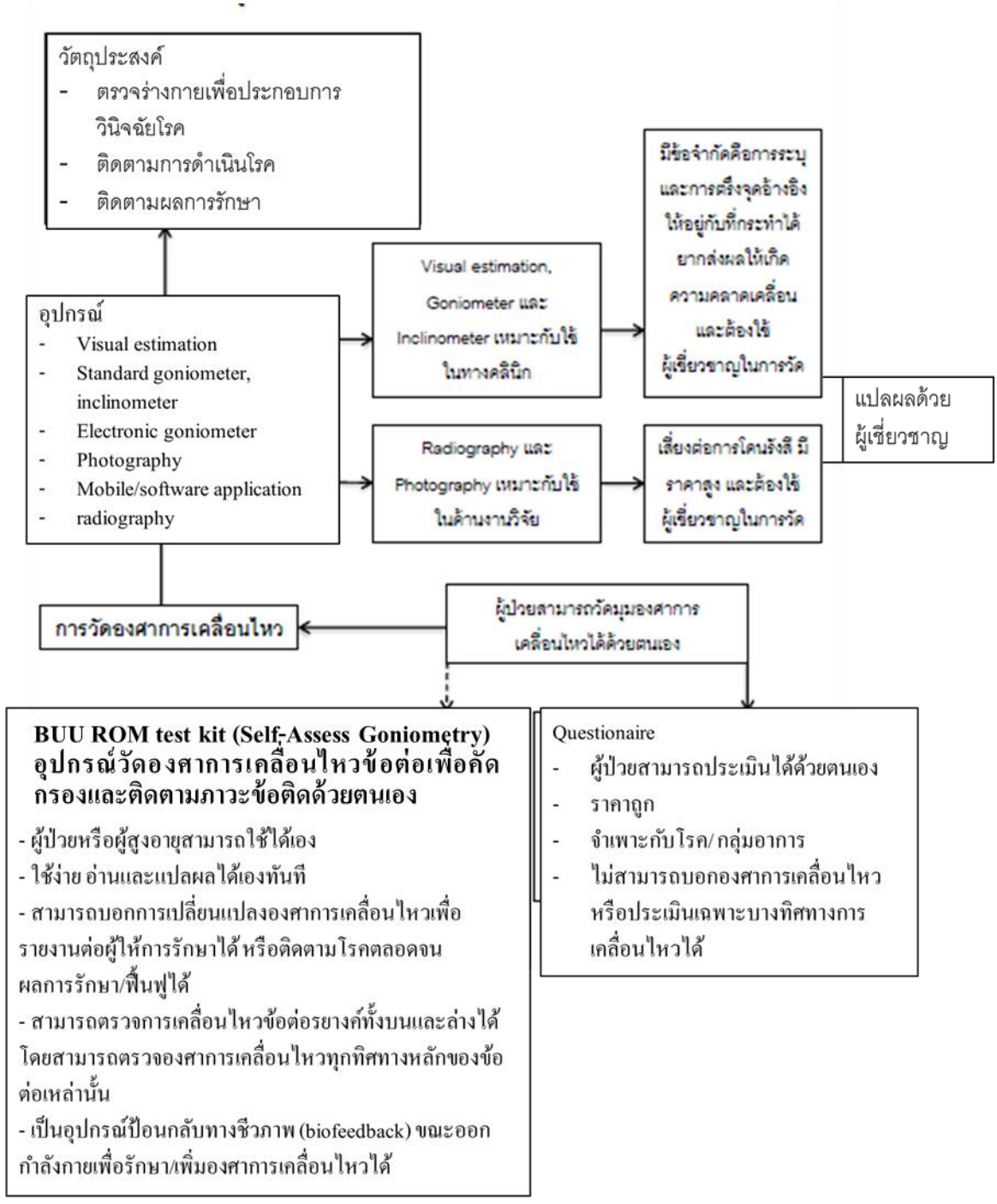
วัตถุประสงค์การวิจัย

ประดิษฐ์นวัตกรรมอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อ เพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง ที่มีลักษณะพิเศษคือ ผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุสามารถใช้ได้เอง ใช้ง่าย อ่านและแปลผลได้เองทันที สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวเพื่อรายงานต่อผู้ให้การรักษาได้ หรือติดตามโรคตลอดจนผลการรักษา/ฟื้นฟูได้ และสามารถตรวจการเคลื่อนไหวข้อต่อรยางค์ทั้งบนและล่างได้ โดยสามารถตรวจองศาการเคลื่อนไหวทุกทิศทางหลักของข้อต่อเหล่านั้น

ขอบเขตการวิจัย

เป็นการพัฒนาต้นแบบ (prototype) โดยประดิษฐ์นวัตกรรมอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง ทั้งนี้เป็นนวัตกรรมสำหรับข้อต่อรยางค์เท่านั้น (ยังไม่สามารถใช้กับคอและหลังได้)

กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดโครงการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถออกแบบและปรับแต่งอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง เพื่อใช้ในการตรวจวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อรยางค์ด้วยตัวเอง เพื่อคัดกรองภาวะข้อติด ตลอดจนติดตามโรคและผลการรักษา/ฟื้นฟู ในประชาชนทั่วไป ผู้สูงอายุ ผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อภาวะข้อติด ในชุมชน และโรงพยาบาล ศูนย์ฟื้นฟูผู้พิการ ที่มีความตรงและความเที่ยงเป็นที่ยอมรับ ในราคาที่เหมาะสม

2. อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเองสามารถใช้งานได้ง่าย พกพาได้สะดวก สามารถใช้และแปลผลด้วยตัวเอง หรือผู้เชี่ยวชาญสามารถใช้ตรวจวัดองศาการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยตามวิธีการมาตรฐานได้ด้วย

3. อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเองสามารถตรวจการเคลื่อนไหวข้อต่อรยางค์ทั้งบนและล่างได้ โดยสามารถตรวจองศาการเคลื่อนไหวทุกทิศทางหลักของข้อต่อเหล่านั้น

4. สามารถลดความเสี่ยงและความรุนแรงของการเกิดภาวะข้อติดของข้อต่อรยางค์ จากการใช้อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง

5. นำผลงานการผลิตและคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ที่มีศักยภาพสามารถพัฒนาไปสู่การใช้ประโยชน์หรือสร้างมูลค่าเชิงพาณิชย์เกี่ยวกับอุปกรณ์ทางการแพทย์

6. สามารถจดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร เพื่อนำมาเผยแพร่ได้ต่อไป

7. นำนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนในรายวิชา ชีวกลศาสตร์การเคลื่อนไหว การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและองศาการเคลื่อนไหว กายภาพบำบัดในระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ หรือกายภาพบำบัดในระบบประสาท หรือนำเผยแพร่ลงสู่พื้นที่ชุมชนผ่านรายวิชากายภาพบำบัดชุมชนหรือการดำเนินงานของคณะกรรมการ การส่งเสริมสุขภาพ บริการการรักษาและดูแลผู้สูงอายุเทศบาลเมืองแสนสุข ซึ่งคณะผู้วิจัยเป็นกรรมการดำเนินงานต่อไป

8. เผยแพร่ผลงานวิจัยลงในวารสารทางวิชาการ หรือการประชุมวิชาการ ในประเทศหรือต่างประเทศ

เนื้อเรื่อง (Main body)

วิธีดำเนินการวิจัย (Materials & Method)

ปีที่1: ปีงบประมาณที่ 2562

รูปแบบงานวิจัย การพัฒนาต้นแบบ (prototype)

วัตถุประสงค์ ประดิษฐ์นวัตกรรมอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อ เพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง ที่มีลักษณะพิเศษคือผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุสามารถใช้ได้เอง ใช้ง่าย อ่านและแปลผลได้เองทันที สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวเพื่อรายงานต่อผู้ให้การรักษาได้ หรือติดตามโรคตลอดจนผลการรักษา/ฟื้นฟูได้ และสามารถตรวจการเคลื่อนไหวข้อต่อรยางค์ทั้งบนและล่างได้ โดยสามารถตรวจองศาการเคลื่อนไหวทุกทิศทางหลักของข้อต่อเหล่านั้น

การดำเนินงานระยะที่ 1 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อ เพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง

การเคลื่อนไหวของข้อต่อรยางค์เป็นการเคลื่อนไหวของส่วนของร่างกายที่ประกอบเป็นข้อต่อนั้นรอบจุดหมุน (angular movement) โดยมีข้อต่อเป็นจุดหมุน (axis) เมื่อข้อต่อเคลื่อนไหวจึงเกิดมุม (angle) ดังนั้นการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อจึงควรวัดเป็นองศา อีกทั้งการเคลื่อนไหวของข้อต่อประกอบด้วยการเคลื่อนไหวแบบทำเอง (active movement) และการเคลื่อนไหวแบบทำให้ (passive movement) อย่างไรก็ตามการคลื่อนไหวแบบทำเองสะท้อนถึงประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ซึ่งแพทย์ และนักกายภาพบำบัดให้ความสำคัญในการประเมินเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติด ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวที่นิยมใช้ในทางคลินิก คือ โกนิโอมิเตอร์มาตรฐาน (standard goniometer) เนื่องจากใช้งานง่าย พกพาสะดวก มีความเที่ยงตรงและแม่นยำ อย่างไรก็ตามการใช้งานต้องวัดโดยผู้เชี่ยวชาญ เช่น แพทย์ หรือนักกายภาพบำบัด หรือบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับการฝึกฝน เนื่องจากต้องมีการวางตำแหน่งจุดหมุน และแขนวัดที่ถูกต้องตามปุ่มกระดูกและส่วนของร่างกาย ซึ่งต้องใช้ความชำนาญในการระบุจุดดังกล่าว ที่สำคัญต้องใช้ 2 มือ ในการจับอุปกรณ์ขณะวัด ดังนั้นจึงจำกัดการวัดด้วยตัวเอง อย่างไรก็ตามการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อมีความสำคัญในการคัดกรองภาวะข้อติดซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่จะทำให้เกิดการจำกัดการเคลื่อนไหวและนำไปสู่ภาวะพึ่งพิงทั้งในผู้สูงอายุ และผู้ป่วยระยะฟื้นฟู ซึ่งมีความจำเป็นในการติดตาม (monitor) ภาวะข้อติด หรือหากเกิดข้อติดแล้วก็มีความจำเป็นที่ต้องติดตามผลการรักษาฟื้นฟูด้วย จึงเกิดแนวคิดการพัฒนาและออกแบบอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดที่สามารถวัดและแปลผลได้ด้วยตัวเอง ใช้งานง่าย มีความตรงและความเที่ยงในระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก และราคาเข้าถึงได้

ดังนั้นนวัตกรรมอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่ออกแบบจึงจะใช้หลักการของการวัดมุมโดยใช้ weighted gravity-pendulum indicator หรือ fluid-level indicator มีส่วนที่ใช้ยึดตรึงกับร่างกายผู้ป่วย สามารถติดตั้งและถอดอุปกรณ์ได้เองโดยง่าย ใช้งานง่าย อ่านและแปลผลได้ง่าย ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้เอง

โดยกำหนดว่าอุปกรณ์ที่ออกแบบ

1. สามารถวัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้ทั้งรยางค์บนและล่าง ได้แก่ ข้อไหล่ (shoulder) ข้อศอก (elbow) ข้อมือ (wrist) ข้อสะโพก (hip) ข้อเข่า (knee) และข้อเท้า (ankle)

2. กำหนดความเที่ยงตรงเมื่อเทียบกับ universal goniometer หรือ inclinometer ไม่น้อยกว่า 0.9 ความละเอียดในการวัดองศาการเคลื่อนไหวไม่เกิน 10 องศา โดยทดสอบความเที่ยงตรงในการวัดมุมองศาการเคลื่อนไหวจำลอง (ซึ่งออกแบบโดยวิศวกร) ในห้องทดสอบทางวิศวกรรม โดยใช้การวัดซ้ำ (test-retest reliability) เทียบกับ universal goniometer หรือ inclinometer โดยนักกายภาพบำบัด 3 คน

ทีมนักวิจัยออกแบบจนได้อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่อาสาสมัครใช้งานเองแล้วมีความเที่ยงตรงเมื่อเทียบกับ universal goniometer หรือ inclinometer ซึ่งใช้โดยนักกายภาพบำบัด ในระดับความเที่ยงตรง ไม่น้อยกว่า 0.75

ในส่วนการงานและแปลผลนั้นทีมนักวิจัยออกแบบจนได้รูปแบบที่สื่อความหมายและเข้าใจง่าย แล้วประเมินจากนักกายภาพบำบัดที่เข้าร่วมการทดลองถึงความพึงพอใจในรูปทรง ขนาด และขั้นตอนใช้งานและการแปลผล

เพื่อหารูปแบบฟังชั่นที่เหมาะสมที่สุดของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่อาสาสมัครใช้งานได้เอง ทีมผู้วิจัยมีแนวคิดการออกแบบดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. คณะผู้วิจัยออกแบบต้นแบบอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยโปรแกรม VISIO โดยกำหนดลักษณะเป็นวงกลม ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่

1) ส่วน main unit เป็นแผ่นวงกลม 3 แผ่น ทำจากพลาสติกแข็ง คือ

1.1) แผ่น calibrate เป็นแผ่นพลาสติกทึบ ที่มีส่วน strap ที่ใช้ยึดตรึงกับผู้ป่วย และอีกด้านหนึ่ง (ด้านที่ติดกับแผ่นการตรวจ) มีแถบแม่เหล็ก (แถบแม่เหล็กอีกแถบอยู่ด้านหลังแผ่นการตรวจแต่ละแผ่น) เพื่อใช้ปรับตำแหน่งศูนย์ (zero)/ตำแหน่งเริ่มต้นการตรวจ (starting position) ของแผ่นการตรวจ

1.2) แผ่นตรวจ ประกอบด้วย 4 ชุด ได้แก่

(1) แผ่นตรวจสำหรับ ข้อไหล่ (shoulder)

(2) แผ่นตรวจสำหรับ ข้อศอกและข้อมือ (elbow and wrist)

(3) แผ่นตรวจสำหรับ ข้อสะโพก (hip)

(4) แผ่นตรวจสำหรับ ข้อเข่าและข้อเท้า (knee and ankle)

ทุกแผ่นการตรวจด้านหลังมีแถบแม่เหล็กเพื่อใช้ calibrate ตำแหน่งเริ่มต้นการตรวจ และด้านหน้ามีแถบอ่านและแปลผลการตรวจองศาการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นแถบสีซึ่งมีสเกลบอกองศาการเคลื่อนไหวด้วย โดยแถบสีแต่ละแถบจะแผ่ออกจากจุดเริ่มต้นออกไปกว้างเท่ากับองศาการเคลื่อนไหวปกติของการเคลื่อนไหวนั้น โดยแถบสีจะไล่โทนสีจากสีแดง (จุดเริ่มต้นการตรวจ/ศูนย์องศา/องศาการเคลื่อนไหวแย่ที่สุด/ข้อต่อยึดติดมากที่สุด) ส้ม เหลือง และเขียว (เต็มช่วงการเคลื่อนไหว/ช่วงการเคลื่อนไหวข้อต่อเป็นปกติ) ตามลำดับ โดย ณ ตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายจะมีภาพบอกท่าทางในการตรวจเริ่มต้น (องศาการเคลื่อนไหวแย่ที่สุด/ข้อต่อยึดติดมากที่สุด) และท่าทางในการตรวจสุดท้าย (เต็มช่วงการเคลื่อนไหว/ช่วงการเคลื่อนไหวข้อต่อเป็นปกติ) ดังนั้นการอ่านผลจึงอ่านจากสเกลองศาการเคลื่อนไหวและแปลผลความรุนแรงของภาวะข้อติดจากแถบสีและระยะห่างจากภาพจุดสุดท้าย (เต็มช่วงการ

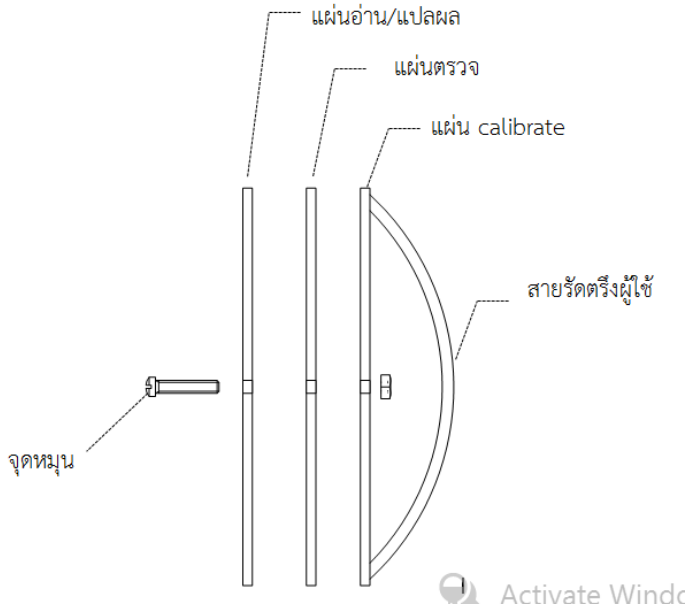
เคลื่อนไหว) จึงเป็นการอ่านและแปลผลจากแถบสีและภาพ ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ที่สื่อความหมายเข้าใจได้ง่าย

1.3) แผ่นอ่านและแปลผล เป็นพลาสติกใสเพื่อให้สามารถมองทะลุเห็นแผ่นตรวจได้ มีช่องสำหรับอ่านและแปลผล ซึ่งมี weighted gravity-pendulum indicator ติดอยู่

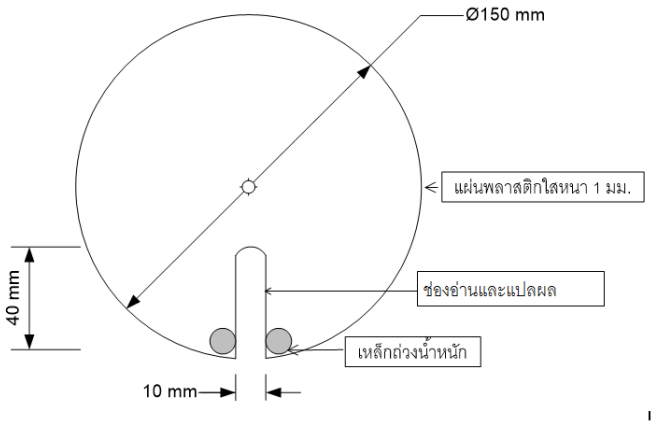
2) แกนหมุน ซึ่งต่อ man unit ทั้ง 3 แผ่นเข้าด้วยกัน เพื่อให้หมุนได้อิสระ สามารถถอดเพื่อเปลี่ยนแผ่นตรวจใหม่ได้ ทั้ง 3 แผ่นสามารถหมุนได้อิสระ และล็อกได้

3) weighted gravity-pendulum indicator หรือ fluid-level indicator ซึ่งติดอยู่กับ แผ่นอ่านและแปลผล

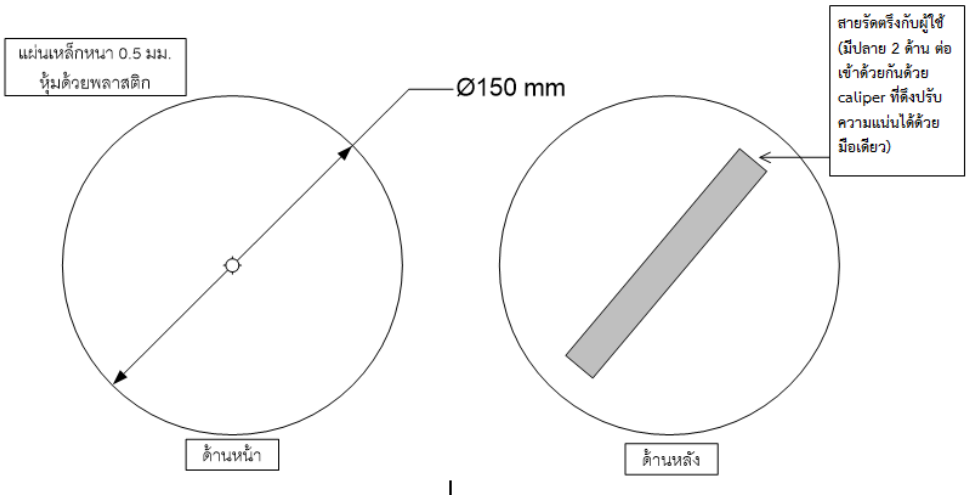
4) ส่วนยึดตรึงกับผู้ใช้ เป็นสายรัดสอง 2 ที่เชื่อมกันด้วย caliper ที่สามารถดึงปรับความแน่นได้ด้วยมือเดียว



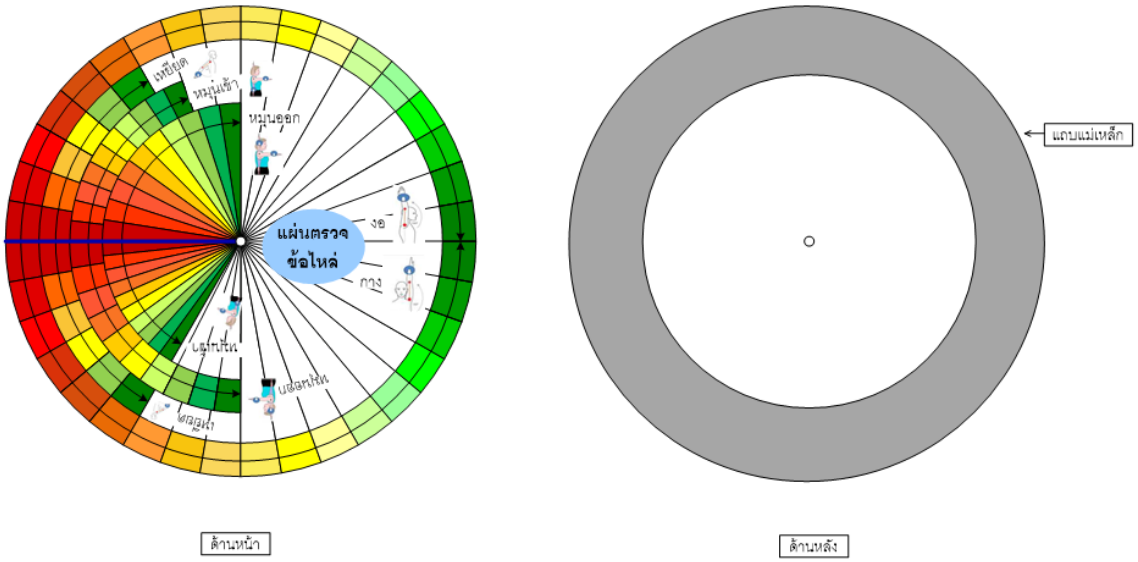
รูปที่ 2 แนวคิดต้นแบบส่วนประกอบของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง



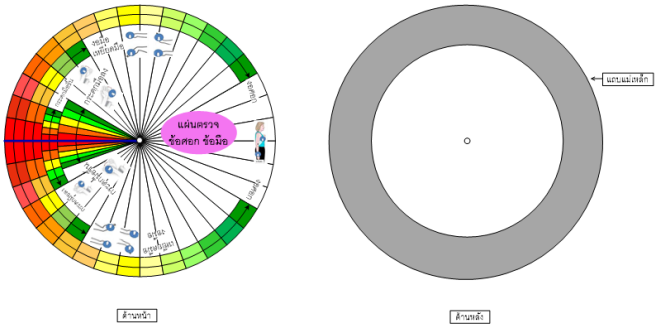
รูปที่ 3 แนวคิดต้นแบบด้านหลังแผ่นอ่านและแปลผล ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง



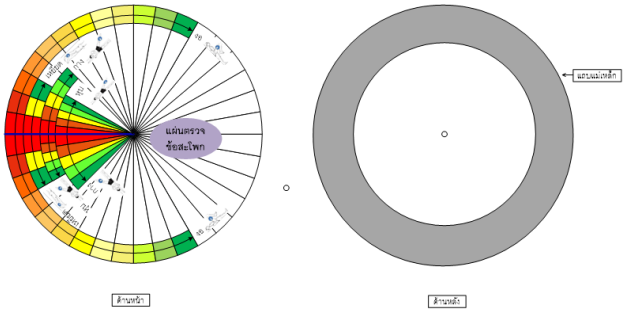
รูปที่ 4 แนวคิดต้นแบบแผ่น calibrate ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง



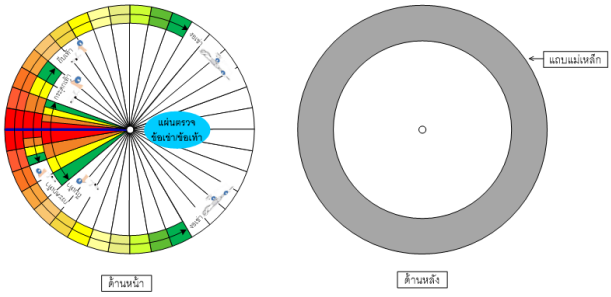
รูปที่ 5 แนวคิดต้นแบบแผ่นตรวจสำหรับข้อไหล่ ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง



รูปที่ 6 แนวคิดต้นแบบแผ่นตรวจสำหรับข้อศอกและข้อมือ ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง



รูปที่ 7 แนวคิดต้นแบบแผ่นตรวจสำหรับข้อสะโพก ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง



รูปที่ 8 แนวคิดต้นแบบแผ่นตรวจสำหรับข้อเข่าและข้อเท้า ของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตนเอง

รูปแบบของการประดิษฐ์ต้นแบบอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ โดยจัดทำใน 3 ขนาด ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 15 และ 20 เซนติเมตร โดยแต่ละรูปแบบจะประกอบด้วย 4 แบบย่อย คือ แต่ละแบบความละเอียดของสเกลองศาการเคลื่อนไหว (ความกว้างของแถบสี 1 โทน) เป็น 2.5 องศา 5 องศา และ 7.5 องศา และ 10 องศา ดังแสดงในตาราง 1

ตารางที่ 1 รูปแบบของการประดิษฐ์ต้นแบบของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ

รูปแบบขนาดของอุปกรณ์	**ความละเอียดของสเกลองศาการเคลื่อนไหว (ความกว้างของแถบสี 1 โทน)**
แบบที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร	2.5 องศา
	5 องศา
	7.5 องศา
	10 องศา
แบบที่ 2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร	2.5 องศา
	5 องศา
	7.5 องศา
	10 องศา
แบบที่ 3 เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร	2.5 องศา
	5 องศา
	7.5 องศา
	10 องศา

อย่างไรก็ตามการพัฒนาต้นแบบเพื่อให้ได้ชิ้นงานตรงตามวัตถุประสงค์ อาจมีรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาชิ้นงานแตกต่างจากรายละเอียดข้างต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลการทดสอบการใช้งานต้นแบบที่พัฒนาขึ้นแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประชุมทีมวิจัยเพื่อร่วมวางแผนงาน วิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงต่างๆ และศึกษาและสรุปค่าองศาการเคลื่อนไหวปกติของข้อต่อ

2. ออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อด้วยตัวเองโดยพิจารณาวัสดุที่หาได้ง่ายและราคาไม่สูง

3. วิเคราะห์ผลจากโครงสร้างจำลอง เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องของการตรวจทิศทางการเคลื่อนไหวของข้อต่อ และการอ่านผล

4. สร้างชิ้นงานทดสอบ

5. ออกแบบแผ่นการตรวจ สำหรับวัดการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ ข้อศอก ข้อมือ ข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า แต่ละทิศทาง

6. ออกแบบระบบการอ่านค่าและแปลผลองศาการเคลื่อนไหวด้วยช่องแถบสี

7. ออกแบบระบบการแปลผลด้วยภาพ

8. การประกอบติดตั้งแผ่น calibrate แผ่นตรวจ และผ่านอ่าน/แปลผล

9. ทดสอบการใช้งานการใช้งานเบื้องต้น

10. บันทึกข้อมูลเพื่อปรับปรุงอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อด้วยตัวเอง

11. ปรับปรุงอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อด้วยตัวเอง

12. ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน

13. บันทึกผลการทดลอง

14. สรุปผล

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน (12)

<u>ต้นแบบ</u>อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติด
(BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry)

↓

Concurrent validity, intra-rater reliability, Inter-rater reliability, Inter-device reliability
ทดสอบในห้องปฏิบัติการทางวิศกรรม โดยใช้การวัดซ้ำ (test-retest reliability)

นักกายภาพบำบัด 3 คน
วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อจำลอง (ROM test apparatus)

- กำหนดมุมในการวัด 12 มุม แต่ละมุมแตกต่างกันประมาณ 15 องศา ตั้งแต่ 0-180 องศา ซึ่งครอบคลุมองศาการเคลื่อนไหวทุกระนาบของทุกข้อต่อในร่างกาย
- นักวิจัยที่เป็นกายภาพบำบัด 3 คน (มีประสบการณ์ทางคลินิกมากกว่า 5 ปี) ทำการวัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อจำลอง มุมละ 10 ครั้งต่อเครื่องมือ (universal goniometer, inclinometer, BUU ROM test kit)
- ผู้ช่วยนักวิจัย#1 เป็นผู้กำหนดมุมของข้อต่อจำลองที่ต้องวัด
- นักวิจัย#1-#3 (นักกายภาพบำบัดผู้วัด) เป็นผู้ติดตั้งอุปกรณ์ โดยไม่เห็นค่าองศาที่วัดได้ (สเกลของเครื่องวัดถูกปกปิด)
- นักวิจัย#4 (นักกายภาพบำบัด) เป็นผู้อ่านค่าองศาที่วัดได้ โดยมีผู้ช่วยนักวิจัยเป็นผู้บันทึกค่า

Universal Goniometer	Inclinometer	BUU ROM test kit

↓

นักกายภาพบำบัด 3 คน
ประเมินความพึงพอใจและให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงต้นแบบ

แผนภูมิที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน

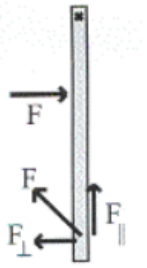
ทฤษฎีที่ใช้

1. Angular motion

การเคลื่อนไหวข้อต่อของร่างกายเป็นการเคลื่อนที่ของส่วนของร่างกายที่ประกอบเป็นข้อต่อ (body segment) รอบจุดหมุน โดยจุดหมุนก็คือข้อต่อ ดังนั้นการเคลื่อนไหวของร่างกายจึงก่อให้เกิดมุม ในทางชีวกลศาสตร์จึงใช้การวัดองศาการเคลื่อนไหวหรือก็คือการวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของข้อต่อ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้วัดองศาการเคลื่อนไหวจึงเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบบนหลักการของการวัดมุมนั่นเอง

การหมุน (angular motion) หรือการเคลื่อนที่แบบหมุนจะเป็นการเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบตัวเองรอบจุดใดจุดหนึ่ง หรือ แกนใดแกนหนึ่งในตัวมัน เช่น ลูกฟุตบอล ลูกข่าง พัดลม ล้อรถ เป็นต้น โดยการหมุนของวัตถุแข็งเกร็งรอบแกนตรึงแกนหนึ่ง แต่ละอนุภาคที่ประกอบกันเป็นวัตถุแข็งเกร็งจะมีความเร็วเชิงมุมและความเร่งเชิงมุมเท่ากันเสมอ

กฎข้อที่หนึ่งของนิวตันสำหรับการหมุนนั้นวัตถุทุกชนิดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่นอกจากมีทอร์คภายนอกมากระทำ ดังนั้นวัตถุจะเกิดการหมุนเมื่อมีโมเมนต์ (Moment) หรือ ทอร์ก (Torque) มากระทำ ซึ่งแนวแรงต้องไม่ผ่านจุดหมุน



รูปที่ 9 แสดงกฎการหมุน ซึ่งจะเกิดการหมุนเมื่อแนวแรงที่กระทำไม่ผ่านจุดหมุน (pivot)

1) ถ้าวัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ จะเกิดการหมุนเมื่อแนวแรงไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลและวัตถุนั้นจะมีการหมุนรอบจุดศูนย์กลางมวล

2) ถ้าวัตถุนั้นถูกยึดด้วยแกนหมุน เช่น พัดลม ดุมล้อจักรยาน จะเกิดการหมุนเมื่อแนวแรงไม่ผ่านแกนหมุนและวัตถุนั้นจะหมุนรอบแกนหมุนนั้น (ไม่จำเป็นต้องหมุนรอบจุดศูนย์กลางมวล เหมือนกรณีที่หนึ่ง)

เงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการเคลื่อนที่แบบหมุนมี 2 ประการ คือ

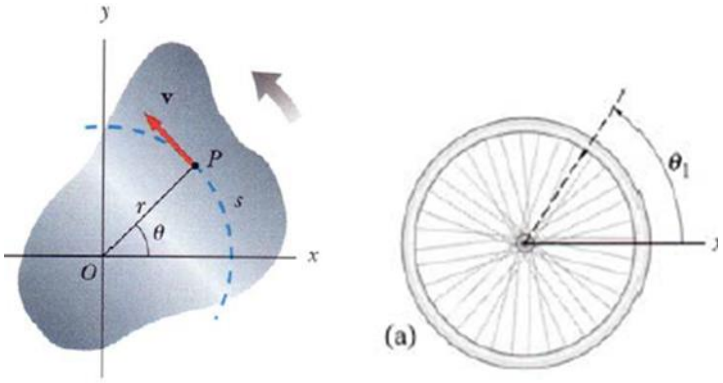
1) ทุก ๆ อณูของวัตถุต้องเคลื่อนที่ในแนววงกลม

2) ศูนย์กลางของทุก ๆ วงกลม ต้องอยู่บนเส้นตรงเดียวกันเส้นตรงนี้เรียกว่า แกนของการหมุน

การกระจัดเชิงมุม (Angular displacement) ($\Delta\theta$)

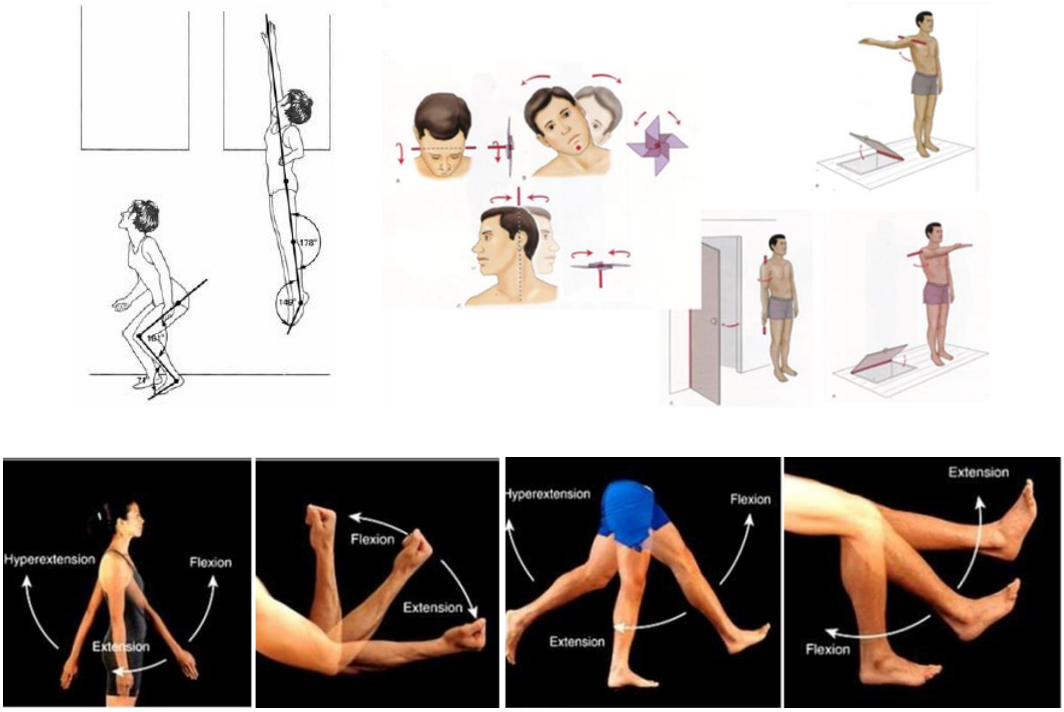
$\boxed{\Delta\vec{\theta} = \theta_2 - \theta_1}$ เมื่อ $\boxed{\theta = \frac{s}{r}}$ หน่วย radian(rad)

คือ มุมที่กวาดไปในระนาบของการเคลื่อนที่ เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศทางตามกฎมือขวา



รูปที่ 10 การหมุนรอบจุดหมุน ทำให้เกิดการกระจัดเชิงมุม

การเคลื่อนไหวข้อต่อร่างกายเป็นการเคลื่อนไหวเชิงมุม (angular joint movement) หรือเป็นการหมุนของส่วนของร่างกายที่ประกอบเป็นข้อต่อรอบข้อต่อ (จุดหมุน) นั้น ดังนั้นการกระจัดเชิงมุมที่เกิดขึ้นก็คือองศาการเคลื่อนไหวนั้นเอง



รูปที่ 11 การเคลื่อนไหวของข้อต่อเป็นการเคลื่อนไหวรอบจุดหมุน

2. Universal gravitation

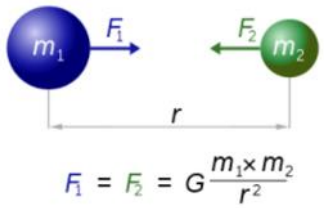
จากกฎแรงโน้มถ่วง จุดมวลที่อยู่บนโลกจะถูกดึงดูดเข้าสู่จุดศูนย์กลางของโลก เป็นที่มาของการใช้หลักการของ weighted gravity-pendulum indicator ในการออกแบบอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหว

กฎความโน้มถ่วงสากลของนิวตัน (Newton's law of universal gravitation) ระบุว่า แต่ละจุดมวลในเอกภพจะดึงดูดจุดมวลอื่นๆ ด้วยแรงที่มีขนาดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของมวลทั้งสอง และเป็นสัดส่วนผกผันกับค่ากำลังสองของระยะห่างระหว่างกัน แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2},$$

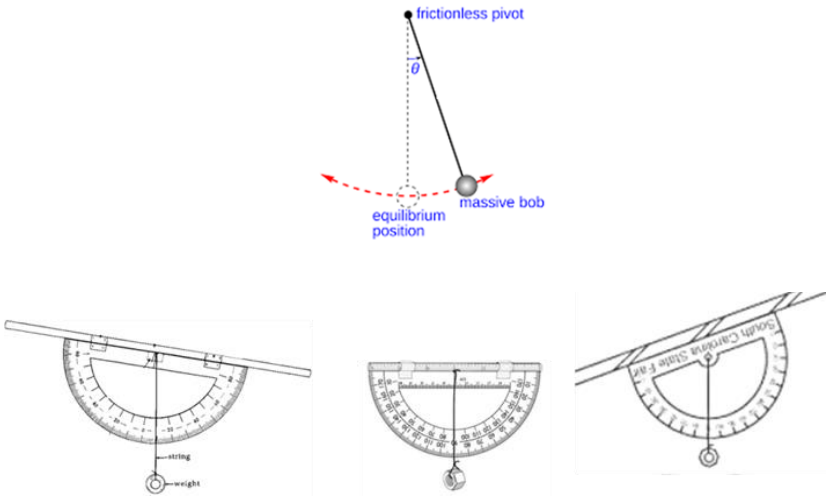
โดยที่:

F คือแรงดึงดูดระหว่างมวล,
G คือ ค่าคงที่โน้มถ่วงสากล,
m_1 คือมวลก้อนแรก,
m_2 คือมวลก้อนที่สอง, และ
r คือระยะห่างระหว่างมวล



รูปที่ 12 กฎความโน้มถ่วงสากลของนิวตัน

ดังนั้นอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวจึงออกแบบบนทฤษฎีการเคลื่อนที่รอบจุดหมุน ซึ่งวัตถุที่มีแรงภายนอกมากระทำจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ โดยถ้าวัตถุนั้นถูกยึดด้วยแกนหมุนจะเกิดการหมุนเมื่อแนวแรงไม่ผ่านแกนหมุนและวัตถุนั้นจะหมุนรอบแกนหมุนนั้น ซึ่ง weighted gravity-pendulum indicator ที่ใช้ในอุปกรณ์นี้ถูกออกแบบให้ติดไว้กับแผ่นอ่านและแปลผลในส่วนปลายของช่องอ่านและแปลผล ซึ่งแผ่นนี้ยึดกับแกนหมุนแบบอิสระ (frictionless pilot) เพื่อให้เมื่อแรงภายนอกซึ่งก็คือแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity) และแรงหดตัวของกล้ามเนื้อให้เกิดการเคลื่อนไหว มากระทำ และเกิดการกระจัดเชิงมุม (θ) ซึ่งก็คือองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อนั้นเอง โดยแผ่นตรวจที่มีสเกลบอกองศาการกระจัดและแถบสีแปลผลและถูกยึดกับส่วนของร่างกายโดยแผ่น calibrate และมีแกนหมุนเดียวกันกับแผ่นอ่านและแปลผลแต่เป็นแบบ (frition pilot) สามารถอ่านค่าองศาการกระจัดหรือองศาการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นได้ ทั้งนี้พื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อนี้ได้เอง (ไม่ต้องใช้ 2 มือ จับแขนอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหว goniometer)



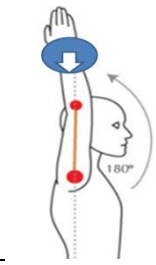
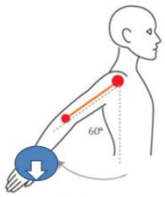
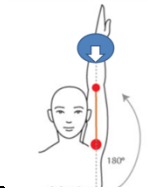
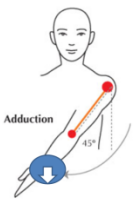
รูปที่ 13 การใช้ weighted gravity-pendulum indicator มาใช้ในการวัดการกระจัดเชิงมุมหรือองศาการเคลื่อนไหว

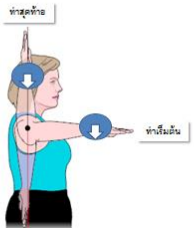
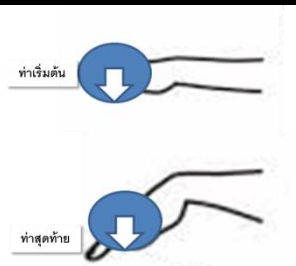
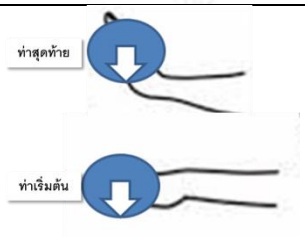
3. องศาการเคลื่อนไหวปกติ

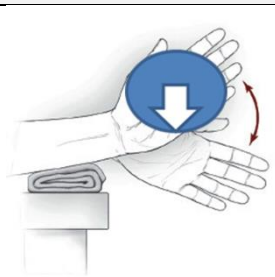
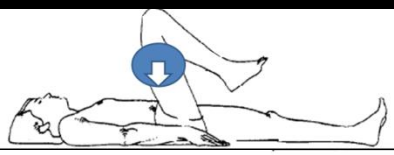
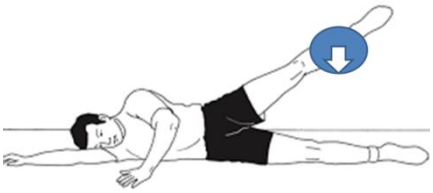
เนื่องจากอุปกรณ์ที่ออกแบบไม่เพียงสามารถบอกองศาการเคลื่อนไหวได้เพราะมีสเกลองศาเท่านั้นแต่มีแถบสีเพื่อแปลผลความรุนแรงของภาวะข้อติดหรือการจำกัดการเคลื่อนไหวด้วย ซึ่งแถบสีออกแบบให้มีโทนสีจากสีแดง ซึ่งหมายถึง องศาการเคลื่อนไหวน้อยที่สุดซึ่งก็คือข้อต่อยึดติดมากที่สุด ไล่โทนสีส้ม เหลือง และเขียว ตามลำดับ ซึ่งสีเขียว หมายถึง องศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเป็นปกติหรือเต็มช่วงการเคลื่อนไหว ดังนั้นจึงต้องกำหนดค่าองศาการเคลื่อนไหวปกติของข้อต่อแต่ละทิศทาง

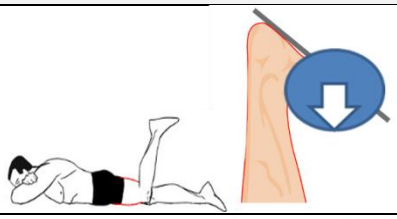
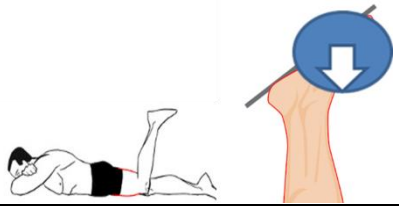
อย่างไรก็ตามองศาการเคลื่อนไหวปกติของข้อต่อแต่ละทิศทางนั้นมีการศึกษาสำรวจในคนเพศ และช่วงอายุต่างๆ อย่างแพร่หลาย ทำให้มีค่าอ้างอิงในการตรวจทางคลินิก ซึ่งงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ค่าอ้างอิงปกติขององศาการเคลื่อนไหวและท่าทางในการตรวจองศาการเคลื่อนไหวแบบ weighted gravity goniometry จาก Luttgens และ Hamilton (26) ดังตารางที่ 2

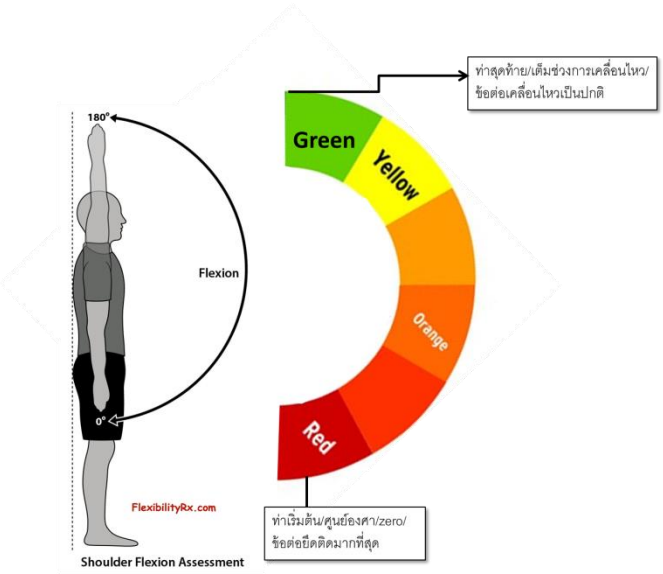
ตารางที่ 2 องศาการเคลื่อนไหวปกติและท่าทางในการตรวจองศาการเคลื่อนไหวด้วยอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง

การเคลื่อนไหว	ท่าตรวจ*	องศาการเคลื่อนไหวอ้างอิงปกติ (องศา)
ข้อไหล่ (shoulder)		
▪ งอ (flexion)		0-180
▪ เหยียด (extension)		0-60
▪ กาง (abduction)		0-180
▪ หุบ (adduction)		0-30

การเคลื่อนไหว	ท่าตรวจ*	องศาการเคลื่อนไหวอ้างอิงปกติ (องศา)
▪ หมุนเข้า (internal rotation)		0-70
▪ หมุนออก (external rotation)		0-90
ข้อศอก (elbow)		
▪ งอ (flexion)		0-150
ข้อมือ (wrist)		
▪ งอ (flexion)		0-60
▪ เหยียด (extension)		0-60

การเคลื่อนไหว	ท่าตรวจ*	องศาการเคลื่อนไหวอ้างอิงปกติ (องศา)
▪ กระดกขึ้น (radial deviation)		0-20
▪ กระดกลง (ulnar deviation)		0-30
ข้อสะโพก (hip)		
▪ งอ (flexion)		0-120
▪ เหยียด (extension)		0-30
▪ กาง (abduction)		0-45
ข้อเข่า (knee)		
▪ งอ (flexion)		0-120
ข้อเท้า		

การเคลื่อนไหว	ท่าตรวจ*	องศาการเคลื่อนไหวอ้างอิงปกติ (องศา)
▪ กระดกปลายเท้าขึ้น (dorsiflexion)		0-20
▪ เถียบปลายเท้าลง (plantar flexion)		0-40



รูปที่ 14 แนวคิดการออกแบบการแปลผลองศาการเคลื่อนไหวด้วยแถบสีของอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเองในงานวิจัยนี้ (การงอข้อไหล่)

<u>การประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน</u>ของ“อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง”

6.1 ตัวแปรหลัก (Primary outcome)

6.1.1 ICC for validity

6.1.2 ICC for intra-rater reliability

6.1.1 ICC for inter-rater reliability

6.2 ตัวแปรรอง (Secondary outcome)

6.2.1 แบบประเมินความพึงพอใจสำหรับอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเองมี ทั้งหมด 4 ข้อประกอบด้วย 1. ความยากง่ายในการใช้งาน 2. ความสะดวกในการพกพา 3. การออกแบบเหมาะสม 4. การอ่านและแปลผลเข้าใจง่าย 5. ประโยชน์ใน

การใช้งาน โดยแบ่งระดับคะแนนความพึงพอใจในการใช้งาน เป็น 5 ระดับ ตั้งแต่มากที่สุด (5) มาก (4) ปานกลาง (3) น้อย (2) และน้อยที่สุด (1)

<u>การวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยโปรแกรมวิเคราะห์เชิงสถิติ โดยเปรียบเทียบความแตกต่างขององศาการเคลื่อนไหวเมื่อวัดด้วย “อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง” และ“โกนิมิเตอร์มาตรฐาน (standard goniometer)” และ “inclinometer” ความแตกต่างระหว่างผู้วัดและความแตกต่างของค่าที่วัดได้แต่ละครั้ง ด้วยสถิติ one-way ANOVA โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ใช้สถิติ Intraclass Correlation Coefficient (ICC) ในการวิเคราะห์ ความเที่ยงตรง (concurrent validity) และความแม่นยำภายในผู้วัด (intra-rater reliability) และความแม่นยำระหว่างผู้วัด (inter-rater reliability) โดยใช้ Two-way mixed method, absolute agreement และ single measure agreement โดยกำหนดค่า ICC มากกว่า 0.9 สำหรับ resonable validity

ใช้สถิติเชิงพรรณนาโดยการแจกแจงความถี่และค่าร้อยละ เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้ “อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง”

ผลการวิจัย (Results)

1. นวัตกรรม “อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง” หรือ Burapha University Range of Motion test kit: Self-Assess Goniometrety หรือ BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry

นวัตกรรมที่ประดิษฐ์ขึ้น มีวัตถุประสงค์การประดิษฐ์ คือ ผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุสามารถใช้ได้เอง ใช้ง่าย อ่านและแปลผลได้เองทันที สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวเพื่อรายงานต่อผู้ให้การรักษาได้ หรือติดตามโรคตลอดจนผลการรักษา/ฟื้นฟูได้ และสามารถตรวจการเคลื่อนไหวข้อต่อรยางค์ทั้งบนและล่างได้ โดยสามารถตรวจองศาการเคลื่อนไหวทุกทิศทางหลักของข้อต่อเหล่านั้น ได้ออกแบบและประดิษฐ์ตามแนวคิดการศึกษาวิจัยเบื้องต้น ผ่านการทดสอบ แก้ไขปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้ได้ต้นแบบสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ซึ่งนวัตกรรม BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนหลัก ซึ่งประกอบด้วย แผ่นวงกลม 3 แผ่น ทำจากพลาสติกแข็งหรืออะคลิลิก ได้แก่

1.1 แผ่น calibrate เป็นแผ่นพลาสติกหรืออะคลิลิกใส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ที่มี Velcro ด้านหนามติดอยู่ทางด้านหลังเพื่อใช้ตรึงกับส่วนยึดตรึงกับผู้ป่วย และอีกด้านหนึ่ง (ด้านที่ติดกับแผ่นการตรวจ) มีแถบแม่เหล็ก (แถบแม่เหล็กอีกแถบอยู่ด้านหลังแผ่นการตรวจแต่ละแผ่น) เพื่อใช้ปรับตำแหน่งศูนย์ (zero)/ ตำแหน่งเริ่มต้นการตรวจ (starting position) ของแผ่นการตรวจ

1.2 แผ่นตรวจและแปลผล เป็นแผ่นพลาสติกหรืออะคลิลิกใส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ด้านหลังมีแถบแม่เหล็กเพื่อใช้ calibrate ตำแหน่งเริ่มต้นการตรวจ และด้านหน้ามีแถบอ่านและแปลผลการตรวจองศาการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นแถบสีซึ่งมีสเกลบอกองศาการเคลื่อนไหวด้วย โดยแถบสีแต่ละแถบจะแผ่ออกจากจุดเริ่มต้นออกไปกว้างเท่ากับองศาการเคลื่อนไหวปกติของการเคลื่อนไหวนั้น โดยแถบสีจะไล่โทนสีจากสีแดง (จุดเริ่มต้นการตรวจ/ศูนย์องศา/องศาการเคลื่อนไหวแย่ที่สุด/ข้อต่อยึดติดมากที่สุด) ส้ม เหลือง และเขียว (เต็มช่วงการเคลื่อนไหว/ช่วงการเคลื่อนไหวข้อต่อเป็นปกติ) ตามลำดับ โดย ณ ตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายจะมีภาพบอกท่าทางในการตรวจเริ่มต้น (องศาการเคลื่อนไหวแย่ที่สุด/ข้อต่อยึดติดมากที่สุด) และท่าทางในการตรวจสุดท้าย (เต็มช่วงการเคลื่อนไหว/ช่วงการเคลื่อนไหวข้อต่อเป็นปกติ) ดังนั้นการอ่านผลจึงอ่านจากสเกลองศาการเคลื่อนไหวและแปลผลความรุนแรงของภาวะข้อติดจากแถบสีและระยะห่างจากภาพจุดสุดท้าย (เต็มช่วงการเคลื่อนไหว) จึงเป็นการอ่านและแปลผลจากแถบสีและภาพ ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ที่สื่อความหมายเข้าใจได้ง่าย ในชุดตรวจมีแผ่นตรวจทั้งหมด 4 แผ่น ได้แก่

(1) แผ่นตรวจสำหรับ ข้อไหล่ (shoulder)

(2) แผ่นตรวจสำหรับ ข้อศอกและข้อมือ (elbow and wrist)

(3) แผ่นตรวจสำหรับ ข้อสะโพก (hip)

(4) แผ่นตรวจสำหรับ ข้อเข่าและข้อเท้า (knee and ankle)

1.3) แผ่นอ่านผลและ weighted gravity-pendulum indicator เป็นพลาสติกหรืออะคลิลิกใสเพื่อให้สามารถมองทะลุเห็นแผ่นตรวจได้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตรมีช่องสำหรับอ่านและแปลผลความกว้าง 10 องศา ซึ่งมี weighted gravity-pendulum indicator ติดอยู่

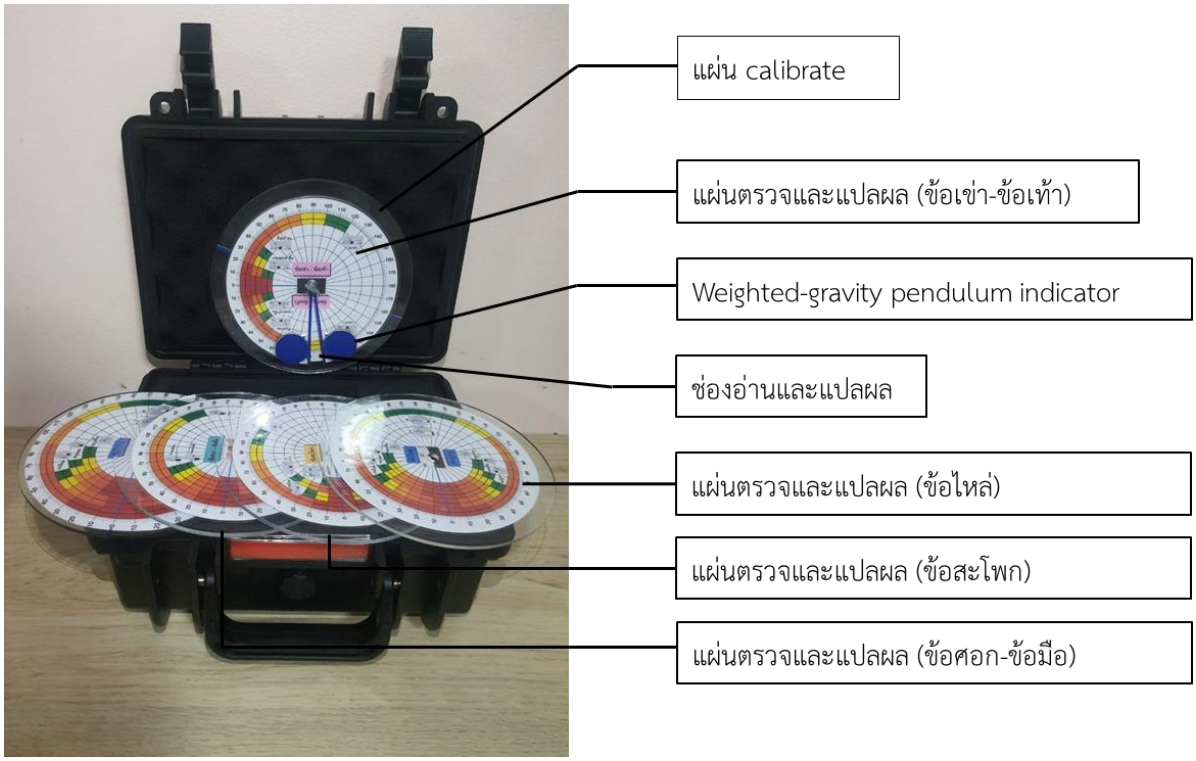
ตรงกึ่งกลางของส่วนหลักทุกแผ่นมี bearing ซึ่งมีขนาดสวมพอดีกับแกนหมุนอยู่เพื่อให้หมุนได้อย่างอิสระเมื่อประกอบเข้ากับแกนหมุน

2. แกนหมุน (axis) ซึ่งเชื่อมส่วนหลักทั้ง 3 แผ่นเข้าด้วยกันที่จุดกึ่งกลางของแต่ละแผ่น เพื่อให้หมุนได้อิสระ และสามารถถอดออกเพื่อเปลี่ยนแผ่นตรวจใหม่ได้ นอกจากนี้ยังทำให้แผ่นตรวจทั้ง 3 แผ่นสามารถหมุนได้อิสระโดยการคลายแกนหมุนให้หลวม และล็อกได้โดยการหมุนแกนหมุนให้แน่น

3. ส่วนยึดตรึงกับผู้ใช้ เป็นเทป Velcro แบบยืดด้านขนทั้ง 2 ด้าน และส่วนปลายด้านหนึ่งมี caliper และปลายอีกด้านหนึ่งเป็นเทป Velcro ด้านหนาม เพื่อให้ยึดกับส่วนของร่างกายได้อย่างมั่นคง และดึงปรับความแน่นได้ด้วยมือเดียว

รูปที่ 15 กล่องบรรจุชุดทดสอบ BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry

รูปที่ 16 ส่วนประกอบของ BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry

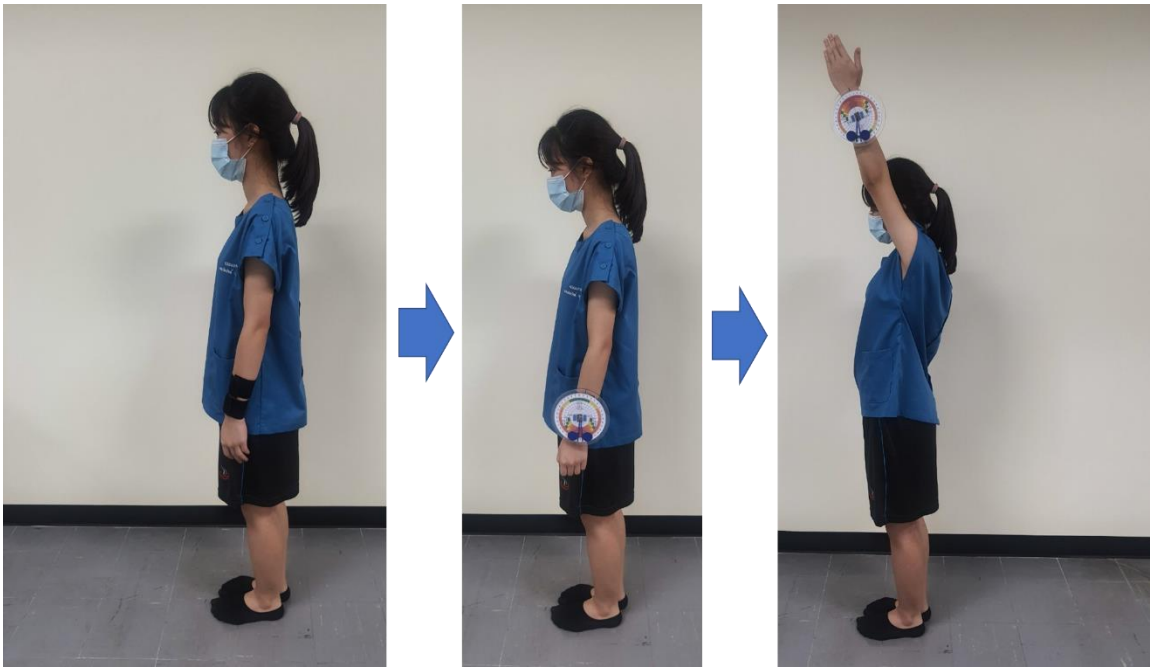


รูปที่ 17 ส่วนประกอบของส่วนหลัก และแผ่นตรวจและแปลผลทั้ง 4 แผ่นของ BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry

วิธีการใช้งาน BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry

ขั้นตอนการใช้งาน BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry 4 ขั้นตอนง่ายๆ ได้แก่ (1) เลือก (2) ติดตั้ง (3) set 0 และ (4) อ่านผล

1. **เลือก**: เลือกแผ่นตรวจตามข้อต่อที่ต้องการวัดองศาการเคลื่อนไหว แล้วประกอบชุดทดสอบเข้าด้วยกันด้วยแกนหมุน ได้แก่ แผ่น calibrate แผ่นตรวจและแปลผล และแผ่นอ่านผล ตามลำดับ โดยคลายแกนหมุนให้หลวม
2. **ติดตั้ง**: ติดตั้งส่วนยึดตรึงกับผู้ใช้ไว้บนส่วนปลายของกระดูกรยางค์ที่ประกอบเป็นข้อต่อ เช่น บริเวณเหนือข้อมือเมื่อตั้งการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ แล้วนำส่วนหลักมาติดบนส่วนยึดตรึงกับผู้ป่วยโดยให้เส้นตรงระหว่างเครื่องหมาย 0 และ 180 องศา ขนานกับรยางค์
3. **Set 0**: จัดท่าข้อต่อให้อยู่ในท่าเริ่มต้น (starting position) แล้วตั้งค่า 0 องศา โดยหมุนแผ่นตรวจให้องศา 0 อยู่กึ่งกลางของช่องอ่านผล
4. **อ่านค่า**: เคลื่อนไหวข้อต่อสู่ท่าสุดท้าย (final position) แล้วอ่านค่าองศาการเคลื่อนไหวพร้อมกับแปลผลในช่องอ่านผล (ดูแถบสีในช่องอ่านผล) อาจหมุนแกนหมุนให้แน่นเพื่อตรึงค่าองศาสุดท้ายที่วัดได้



รูปที่ 18 ตัวอย่างการใช้ BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry วัดองศาการงอข้อไหล่ ซึ่งผู้ใช้อาจใช้งานด้วยตัวเองเมื่อเคลื่อนไหวแบบทำเอง (active ROM) หรือมีญาติช่วยตรึงแขนเมื่อเคลื่อนไหวแบบทำให้ (passive ROM)

2. ผลการทดสอบ “อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง (BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry)

2.1 Interrater reliability

การทดสอบระดับความเที่ยงระหว่างผู้วัด (inter-rater reliability) ของ BUU ROM test kit, universal goniometer และ inclinometer ไม่พบความแตกต่างของค่า ROM ที่วัดได้ระหว่างผู้วัดเมื่อใช้อุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิด (F=0.003-0.230, p=0.997-0.795) โดยค่า ICC = 0.994-0.999 (ตารางที่ 3-5)

ตารางที่ 3 ค่า Mean, Standard Deviation (SD) และ Standard Error of Mean (SEM) ของการใช้ universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit

Standardized Measure Angle No.	Universal Goniometer (n=30)			Inclinometer (n=30)			BUU ROM test kit (n=30)		
	Mean	SD	SEM	Mean	SD	SEM	Mean	SD	SEM
1	11.77	0.82	0.15	12.07	0.78	0.14	12.77	0.97	0.18
2	28.73	0.64	0.12	28.80	0.76	0.14	29.07	1.39	0.25
3	41.97	0.76	0.14	42.13	0.68	0.12	40.67	1.15	0.21
4	60.77	0.94	0.17	60.00	0.83	0.15	60.57	0.94	0.17
5	74.47	0.90	0.16	74.33	0.71	0.13	73.93	2.18	0.40
6	88.87	1.17	0.21	89.13	1.46	0.27	89.67	1.37	0.25
7	103.63	1.59	0.29	104.23	0.90	0.16	105.27	1.08	0.20
8	117.07	1.62	0.30	118.40	1.63	0.30	119.57	1.98	0.36
9	133.87	0.97	0.18	134.40	0.97	0.18	134.07	1.84	0.34
10	148.83	1.60	0.29	148.67	1.15	0.21	148.80	1.40	0.26
11	165.80	2.09	0.38	165.30	1.53	0.28	165.30	1.99	0.36
12	179.37	0.93	0.17	179.60	1.16	0.21	179.43	1.87	0.34

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ROM ที่วัดได้ระหว่างผู้วัด 3 คน และค่าความเที่ยงระหว่างผู้วัด (ICC) โดยใช้เครื่อง universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit

Standardized Measure Angle	Universal Goniometer		Inclinometer		BUU ROM test kit	
	F	p	F	p	F	p
Acute <90	0.003	0.997	0.019	0.981	0.034	0.966
Obtuse >90	0.176	0.839	0.083	0.921	0.230	0.795
overall	0.031	0.970	0.020	0.980	0.035	0.966

ตารางที่ 5 ความเที่ยงระหว่างผู้วัด (ICC) โดยใช้เครื่อง universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit

Standardized Measure Angle	ICC (95%CI)		
	Universal Goniometer	Inclinometer	BUU ROM test kit
Acute <90	0.998(0.998-0.999)	0.999(0.997-0.999)	0.995(0.991-0.997)
Obtuse >90	0.996(0.970-0.998)	0.997(0.990-0.999)	0.994(0.964-0.998)
overall	0.999(0.998-1.000)	0.999(0.999-1.000)	0.999(0.998-0.999)

2.2 Intra-rater reliability

การทดสอบระดับความเที่ยงภายในผู้วัด (intra-rater reliability) ของ BUU ROM test kit, universal goniometer และ inclinometer พบค่า ICC = 0.996-1.000 (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ความเที่ยงภายในผู้วัด (ICC) โดยใช้เครื่อง universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit โดยผู้วัดคนที่ 1-3

Standardized Measure Angle	Researcher 1		Researcher 2		Researcher 3	
	ICC	95%CI	ICC	95%CI	ICC	95%CI
Universal Goniometer	1.000	1.000-1.000	1.000	0.999-1.000	1.000	1.000-1.000
Inclinometer	1.000	1.000-1.000	1.000	1.000-1.000	1.000	1.000-1.000
BUU ROM test kit	1.000	0.999-1.000	1.000	0.999-1.000	0.996	0.991-0.999

2.3 Concurrent validity

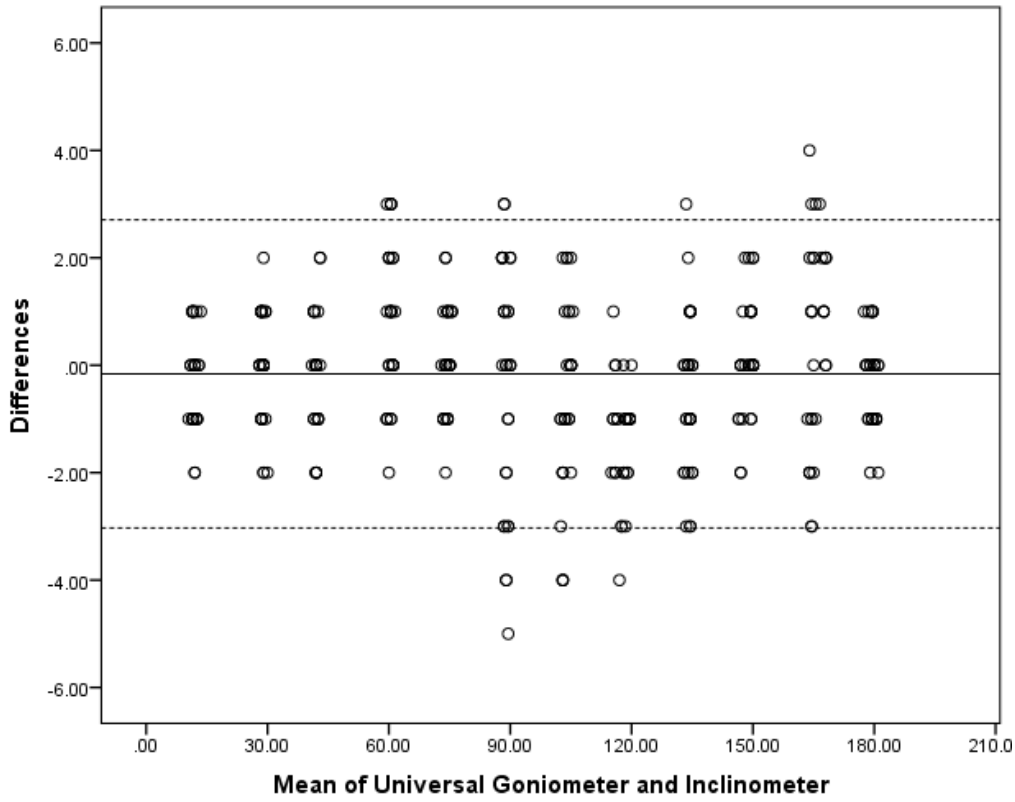
การทดสอบความตรง (concurrent validity) ของ BUU ROM test kit ไม่พบความแตกต่างของค่า ROM ที่วัดได้โดยอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิด (F=0.001-0.033, p=0.999-0.967) โดยค่า ICC = 0.997-1.000 และ ค่า 95%CI ของ limit of agreement กว้างที่สุดคือ Inclinometer และ BUU ROM test kit โดยมีค่า -4.535 ถึง 4.196 (ตารางที่ 7-8, รูปที่ 19-21)

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ROM ที่วัดได้ระหว่างการใช้เครื่อง universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit

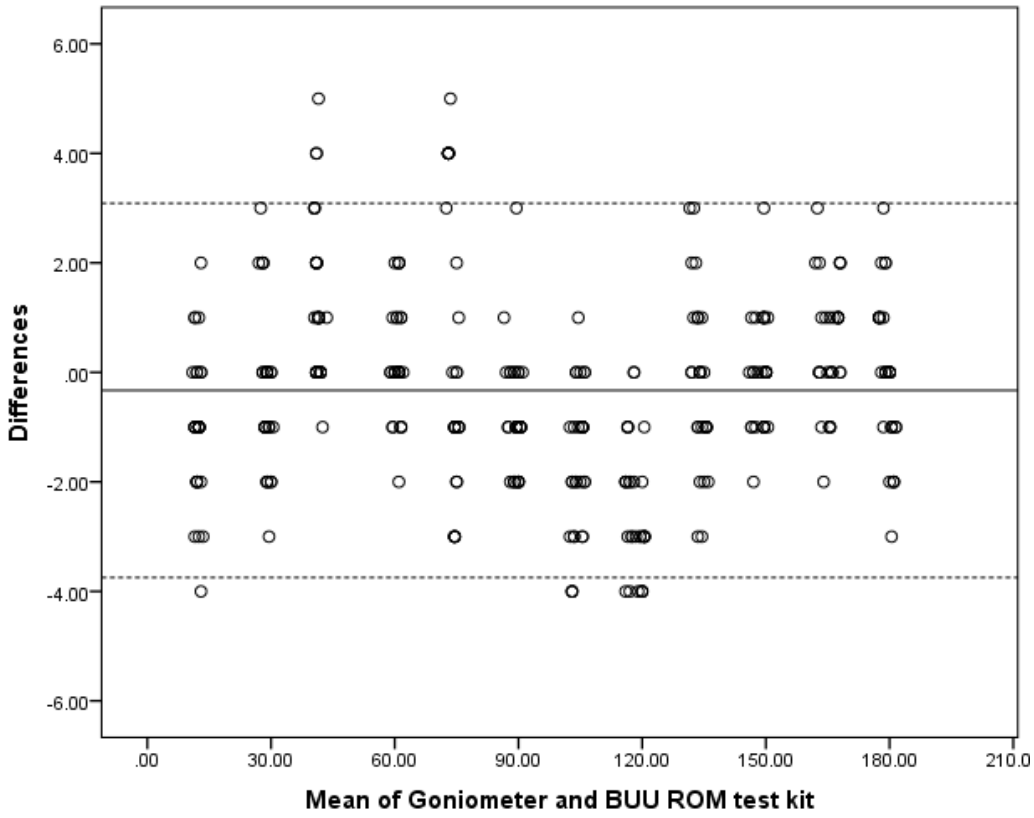
Standardized Measure Angle	Researcher 1		Researcher 2		Researcher 3		Overall	
	F	p	F	p	F	p	F	p
Acute <90	0.020	0.980	0.001	0.999	0.033	0.967	0.001	0.999
Obtuse >90	0.020	0.980	0.028	0.972	0.016	0.984	0.028	0.973
overall	0.012	0.988	0.006	0.994	0.000	1.000	0.004	0.996

ตารางที่ 8 Intraclass-Correlation Coefficient (ICC) และ 95% Confidence Intervals (95%CI), Mean different (MD), Standard deviation (SD) และ Standard Error of Mean (SEM) ของ MD และ 95%CI of Limit of agreement (LOA) ของการใช้ universal goniometer, inclinometer และ BUU ROM test kit

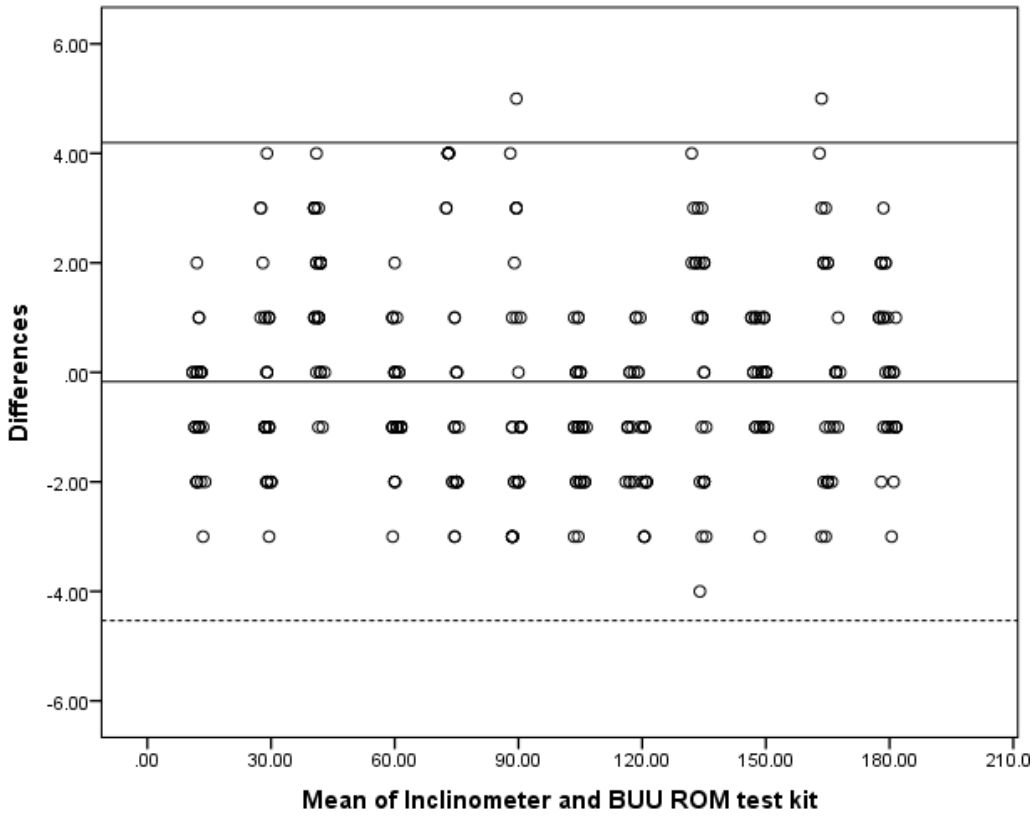
Standardized Measure Angle	ICC	$95\%CI_{ICC}$	MD	SD_{MD}	SEM_{MD}	95%CI of LoA	
						lower	upper
Acute <90							
Goniometer-Inclinometer	0.999	0.998-0.999	0.073	1.142	0.093	-2.164	2.311
Goniometer-BUU ROM test kit	0.997	0.995-0.997	0.140	1.854	0.151	-3.493	3.773
Inclinometer-BUU ROM test kit	0.997	0.995-0.998	0.067	1.831	0.149	-3.521	3.655
Obtuse >90							
Goniometer-Inclinometer	0.998	0.998-0.999	-0.339	1.518	0.113	-3.314	2.636
Goniometer-BUU ROM test kit	0.998	0.996-0.999	-0.644	1.650	0.123	-3.878	2.589
Inclinometer-BUU ROM test kit	0.998	0.997-0.999	-0.306	1.658	0.124	-3.556	2.945
overall							
Goniometer-Inclinometer	1.000	1.000-1.000	-0.161	1.463	0.077	-3.029	2.707
Goniometer-BUU ROM test kit	0.999	0.999-1.000	-0.331	1.744	0.092	-3.748	3.087
Inclinometer-BUU ROM test kit	0.999	0.999-1.000	-0.169	1.800	0.095	-4.535	4.196



รูปที่ 19 Bland-Altman plots เปรียบเทียบ การใช้ universal goniometer และ inclinometer และ BUU ROM test kit



รูปที่ 20 Bland-Altman plots เปรียบเทียบ การใช้ universal goniometer และ BUU ROM test kit



รูปที่ 21 Bland-Altman plots เปรียบเทียบ การใช้ inclinometer และ BUU ROM test kit

2.4 ความพึงพอใจและข้อเสนอแนะของนักกายภาพบำบัดต่อ BUU ROM test kit

ระดับความพึงพอใจของนักกายภาพบำบัดต่อการใช้งาน BUU ROM test kit มีคะแนนระหว่าง 4.67-5.00 (จาก 5) โดยความพึงพอใจภาพรวมมีระดับคะแนน 4.87

ตารางที่ 9 ร้อยละ (%) และค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของนักกายภาพบำบัดต่อการใช้งาน BUU ROM test kit (n=3)

หัวข้อการประเมิน	**ความพึงพอใจในการใช้งาน**					
	ร้อยละ (%)					**คะแนนเฉลี่ย**
	น้อยที่สุด (1)	**น้อย (2)**	**ปานกลาง (3)**	**มาก (4)**	**มากที่สุด (5)**	
1) ความยากง่ายในการใช้งาน				33.30%	66.70%	4.67
2) ความสะดวกในการพกพา					100.00%	5.00
3) ความเหมาะสมของการออกแบบ				33.30%	66.70%	4.67
4) ความเข้าใจง่ายของการแสดงผล					100.00%	5.00
5) ประโยชน์ในการใช้งาน					100.00%	5.00
						4.87

ข้อเสนอแนะของนักกายภาพบำบัดต่อการใช้งาน BUU ROM test kit ได้แก่ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานง่าย ใช้งานได้จริง และควรมีคู่มือการใช้งานสำหรับคนทั่วไป อย่างไรก็ตามะความหนืดของแผ่นวงกลมมีผลต่อการหมุนของแผ่นองศา ดังนั้นควรปรับให้ไม่หนืด

อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประดิษฐ์นวัตกรรมอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อ เพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง ที่มีลักษณะพิเศษคือ ผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุสามารถใช้ได้เอง ใช้ง่าย อ่านและแปลผลได้เองทันที สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวเพื่อรายงานต่อผู้ให้การรักษาได้ หรือติดตามโรคตลอดจนผลการรักษา/ฟื้นฟูได้ และสามารถตรวจการเคลื่อนไหวข้อต่อรยางค์ทั้งบนและล่างได้ โดยสามารถตรวจองศาการเคลื่อนไหวทุกทิศทางหลักของข้อต่อเหล่านั้น

1. นวัตกรรม “อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง” หรือ Burapha University Range of Motion test kit: Self-Assess Goniometry หรือ BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry

นวัตกรรม BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry ที่ประดิษฐ์ขึ้นจากการศึกษานี้มีคุณสมบัติเฉพาะตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในโครงการ คือ ผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุสามารถใช้ได้เอง ใช้ง่าย อ่านและแปลผลได้เองทันที สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวเพื่อรายงานต่อผู้ให้การรักษาได้ เนื่องจากมีส่วนที่ยึดตรึงอุปกรณ์กับส่วนของร่างกายของผู้ใช้ โดยขั้นตอนการใช้งานมีเพียง 4 ขั้นตอน คือ เลือกติดตั้ง ตั้งค่าศูนย์ (เมื่ออยู่ท่าเริ่มต้น) และอ่าน/แปลผล (เมื่อเคลื่อนไหวสู่ท่าสุดท้าย) ซึ่งบนอุปกรณ์มีรูปภาพประกอบ มีสเกลอ่านค่าองศาการเคลื่อนไหว และสเกลแถบสีซึ่งสัมพันธ์กับองศาการเคลื่อนไหวปกติ (normal ROM) จึงทำให้ผู้ใช้สามารถแปลผลได้เอง นอกจากนี้นวัตกรรมสามารถตรวจการเคลื่อนไหวข้อต่อรยางค์ทั้งบนและล่างได้ ได้แก่ ข้อไหล่ ข้อศอก ข้อมือ ข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า โดยสามารถตรวจองศาการเคลื่อนไหวทุกทิศทางหลักของข้อต่อเหล่านั้น โดยการเปลี่ยนแผ่นตรวจให้ตรงกับข้อต่อและการเคลื่อนไหวที่ต้องการวัดองศาการเคลื่อนไหว

นวัตกรรม BUU ROM test kit ใช้หลักการ weighted gravity pendulum indicator ซึ่งเป็นหลักการของ weighted gravity pendulum inclinometer ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวมาตรฐานที่ใช้ทางคลินิก (12, 16) โดยประยุกต์ให้มีแถบสีซึ่งสัมพันธ์กับองศาการเคลื่อนไหวปกติบนสเกลด้วย และประยุกต์ให้มีส่วนยึดตรึงกับผู้ใช้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้เอง หรือกรณีมีผู้อื่นทำการวัดให้ผู้วัดไม่จำเป็นต้องใช้มือจับอุปกรณ์ขณะวัดดังนั้นมือจึงว่างที่จะไปจับประคองหรือช่วยเหลือผู้ถูกวัดได้ (25) ซึ่งทางคลินิกหรือการวิจัยพบว่ามีการประยุกต์ universal goniometer และ inclinometer เพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยการยึดตรึงอุปกรณ์เข้ากับส่วนของร่างกายผู้ถูกวัด (27)

แม้ว่า universal goniometer และ inclinometer จะเป็นอุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อนและสามารถใช้ตรวจการเคลื่อนไหวข้อต่อได้เกือบทั้งหมดทั้งรยางค์และแกนกลางแต่การใช้งานจำเป็นต้องเป็นนักวิชาชีพที่มีความชำนาญ มีความรู้ทางกายวิภาคศาสตร์ และได้รับการฝึกฝนมาก่อน ซึ่งต้องใช้ทั้ง 2 มือในการจับอุปกรณ์ (12) โดยนวัตกรรม BUU ROM test kit ที่ประดิษฐ์ในการศึกษานี้สามารถวัดและแปลผลองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อรยางค์ได้ และสามารถใช้วัดแกนกลางได้เช่นกันแต่ยังไม่สามารถแปลผลได้ แม้ว่า BUU ROM test kit ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้เองและไม่จำเป็นต้องเป็นนักวิชาชีพที่มีความชำนาญหรือมีความรู้ทางกายวิภาคศาสตร์ ขั้นตอนการใช้งานง่าย อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานก็จำเป็นต้องได้รับการฝึกสอนการใช้งานอย่างกระชับจากนักวิชาชีพก่อนเพื่อความเที่ยงตรงแม่นยำของค่าที่วัดได้ อีกทั้ง BUU ROM test kit ยังมีความซับซ้อนของกลไกและอุปกรณ์มากกว่า universal goniometer และ inclinometer ทั้งนี้เนื่องจากมีแผ่นตรวจ/แปลผลหลายแผ่นซึ่งจำเป็นต้องเปลี่ยนเพื่อให้จำเพาะกับข้อต่อที่ทำการวัด

จากการพัฒนา ทดสอบ และปรับปรุง BUU ROM test kit ในการศึกษานี้ พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถบรรจุข้อมูลสเกลแถบสีและภาพลงบน

แผ่นตรวจ/แปลผลได้โดยที่แถบสีและภาพไม่เล็กจนเกินไป และเป็นขนาดที่ไม่ใหญ่จนเกินไปทำให้สามารถถือด้วยมือข้างเดียวได้ และเป็นขนาดที่สามารถใช้กับข้อต่อรยางค์ได้ทุกข้อต่อ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับ universal goniometer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร พบว่ามีขนาดใหญ่กว่าส่วน protractor ของ universal goniometer และ fluid level inclinometer เล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณารวมส่วนแขนของ universal goniometer ด้วยพบว่า BUU ROM test kit มีขนาดเล็กกว่าค่อนข้างมาก (12, 16)

จากผลการศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานของนักกายภาพบัด พบว่าเครื่อง BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry มีคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น คือใช้งานได้จริง ใช้ง่าย อย่างไรก็ตามยังมีข้อเสนอแนะว่าความหนืดของการหมุนแผ่นอ่านผลซึ่งอาจส่งผลต่อค่าองศาที่อ่านได้ โดยจากการวิเคราะห์พบว่าแกนหมุนหมุนได้อย่างอิสระแต่ความหนืดเกิดจากแผ่นตรวจ/แปลผล หรือแผ่นอ่านผลมีความโค้ง (ไม่เรียบ) ดังนั้นการผลิตเพื่อจำหน่ายเชิงพาณิชย์ควรควบคุมให้แผ่นพลาสติกมีลักษณะแข็งไม่โค้งงอ

2. ประสิทธิภาพของ “อุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง (BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry)

BUU ROM test kit เป็นอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยพัฒนาจาก universal goniometer และ inclinometer ที่ใช้อยู่อย่างแพร่หลายทางคลินิก โดยดัดแปลงและเพิ่มเติมเทคโนโลยี เพื่อให้ใช้งานได้ง่ายแปลผลได้ด้วยตัวเอง อย่างไรก็ตามก่อนการนำอุปกรณ์ไปใช้ทางคลินิกกับประชาชนหรือผู้ป่วยจำเป็นต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเพื่อยืนยันว่าเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติทาง psychometric และมีข้อจำกัดอย่างไรเพื่อประกอบการตัดสินใจทางคลินิกในการนำนวัตกรรมไปใช้กับผู้ป่วยหรือผู้รับบริการโดยการทดสอบความเที่ยงตรงแม่นยำ (validity and reliability) ในการวัดปริมาณความคาดเคลื่อนและที่มาของความคาดเคลื่อนของอุปกรณ์ ซึ่งในการวิจัยนี้ศึกษา validity และ reliability ทั้งความแม่นยำภายในผู้วัดและระหว่างผู้วัด (intra-rater and interrater reliability) โดยเปรียบเทียบกับอุปกรณ์สากลที่ใช้ทางคลินิก คือ universal goniometer และ inclinometer โดยทดสอบการวัดการเคลื่อนไหวข้อต่อจำลองทั้งนี้เพื่อให้มีการทดสอบการวัดองศาการเคลื่อนไหวมาตรฐาน (standardized angle) ที่หลากหลายครอบคลุมทุกองศาการเคลื่อนไหวที่เป็นไปได้ของข้อต่อในร่างกาย คือ 0-180 องศา (12, 16) และมุ่งศึกษาปริมาณความคาดเคลื่อนของการวัดที่เกิดจากอุปกรณ์และความคาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้วัด โดยยังไม่มีปัจจัยความคาดเคลื่อนจากผู้ป่วย (patient-specific factor) มาเกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นรูปแบบการวิจัยที่ควรใช้เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับเครื่องวัด (28) ก่อนนำไปทดสอบกับผู้ป่วย

ผลการศึกษาเกี่ยวกับความแม่นยำภายในผู้วัดในการใช้ BUU ROM test kit พบค่า ICC ของ intra-rater reliability ของผู้วัดทั้ง 3 คน มีค่าระหว่าง 0.996-1.000 ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก (29) เช่นเดียวกับ universal goniometer และ inclinometer ICC=0.999-1.000) สอดคล้องกับการศึกษาของ Yankai และ Manosan ซึ่งรายงานค่า ICC for intra-rater reliability ของ invented gravity goniometer = 0.90-0.99 ซึ่งอยู่ระดับสูงมาก อย่างไรก็ตามการศึกษานี้พบค่า ICC ของ BUU ROM test kit ต่ำกว่า universal goniometer ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาดังกล่าวที่พบค่า ICC ของ universal goniometer ต่ำกว่า (0.80-0.99) invented gravity goniometer (25) ทั้งนี้การศึกษาดังกล่าวศึกษาในอาสาสมัครจึงมีปัจจัยความคาดเคลื่อนจากผู้ป่วยด้วย และการศึกษาดังกล่าวศึกษา intra-rater reliability ทั้งภายใน session และระหว่าง session (แตกต่างสัปดาห์) จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่า ICC ของ universal goniometer ต่ำกว่าในการศึกษานี้ที่ศึกษาใน standardized angle และศึกษา intra-rater reliability ภายใน session เท่านั้น

ผลการศึกษาเกี่ยวกับความแม่นยำระหว่างผู้วัดในการใช้ BUU ROM test kit พบค่า ICC ของ inter-rater reliability ของการวัดทุกช่วงองศาการเคลื่อนไหวมีค่าระหว่าง 0.994-0.999 ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก (29) เช่นเดียวกับ universal goniometer (ICC=0.996-0.999) และ inclinometer (ICC=0.997-0.999) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Robert และคณะซึ่งรายงาน inter-rater reliability ในการวัด standardized angle ของ smartphone application, universal goniometer และ inclinometer ระดับสูงมากเช่นกัน (ICC= 0.995–1.000) (28) อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Yankai และ Manosan ซึ่งรายงานค่า ICC for inter-rater reliability ของ invented gravity goniometer อยู่ระดับสูง (ICC = 0.85-0.96) ซึ่งสูงกว่า universal goniometer (ICC = 0.71-0.94)

ผลการศึกษาเกี่ยวกับความตรง (concurrent validity) ของการใช้ BUU ROM test kit พบว่าทุกช่วงองศาการเคลื่อนไหว ค่า ICC มีค่าระหว่าง 0.997-1.000 ซึ่งมากกว่า 0.9 ที่เป็นระดับ reasonable validity ของอุปกรณ์การวัดทางคลินิก (30) และ Bland-Altman plots แสดงค่า mean differences ระหว่าง -0.644-0.140 และค่า 95%CI of limit of agreement อยู่ในช่วง -4.535 ถึง 4.196 องศา ซึ่ง Chapleau และคณะรายงานว่าความคาดเคลื่อนของการวัดองศาการเคลื่อนไหวที่ยอมรับได้ทางคลินิกคือไม่เกิน 10 องศา หรือน้อยกว่า (31) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า BUU ROM test kit มีความเที่ยงตรง (validity) ที่สามารถนำมาใช้แทน universal goniometer หรือ inclinometer ในทางคลินิกได้ ทั้งนี้ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา อาทิ การศึกษาของ Gogia และคณะรายงาน validity ของ goniometric ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของเข่า เท่ากับ 0.97-0.98 การศึกษาของ Kolber และ Hanney รายงานค่า validity ของ goniometric ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ เท่ากับ ≥0.85. (32) และการศึกษาของ Robert และคณะรายงานค่า validity ของ smart phone application ในการวัดองศา standardized angle เท่ากับ 0.998-0.999

สรุปและเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาพบว่านวัตกรรมอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อ เพื่อคัดกรองและติดตามภาวะข้อติดด้วยตัวเอง หรือ BUU ROM test kit: Self-Assess Goniometry ที่ประดิษฐ์ขึ้น

1. ประกอบด้วย แผ่น calibrate ซึ่งมีส่วนยึดติดกับผู้ใช้ทางด้านหลัง แผ่นตรวจ/ แปลผลซึ่งมีสเกลองศาและแถบสีซึ่งสัมพันธ์กับค่าองศาการเคลื่อนไหวปกติของแต่ละทิศทางการเคลื่อนไหวของข้อต่อ โดยในชุดมี 4 แผ่นสำหรับตรวจ ข้อใหล่ ข้อศอก-ข้อมือ ข้อสะโพก ข้อเข่า-ข้อเท้า และแผ่นอ่านผลซึ่งมี weighted pendulum indicator ติดอยู่และมีช่องอ่านผลมีขนาด 10 องศา ทั้ง 3 แผ่นเชื่อมกันที่จุดกึ่งกลางด้วยแกนหมุน (axis) ซึ่งสามารถปรับให้หลวมเมื่อตรวจและปรับให้แน่นเมื่อวัดองศาแล้วหรือจัดเก็บ ทำให้อุปกรณ์มีคุณสมบัติวัดองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อได้โดยผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุสามารถใช้ได้เอง ใช้ง่าย อ่านและแปลผลได้เองทันทีจากภาพและแถบสี ด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) เลือกแผ่นตรวจ (2) ติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับร่างกาย (3) ตั้งค่า 0 เมื่ออยู่ในท่าเริ่มต้น และ (4) อ่านและแปลผลเมื่อเคลื่อนไหวสู่ท่าสุดท้าย อุปกรณ์สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวจากสเกลองศาหรือสเกลแถบสีเพื่อรายงานต่อผู้ให้การรักษาได้ สามารถตรวจการเคลื่อนไหวข้อใหล่ ข้อศอก- ข้อมือ ข้อสะโพก ข้อเข่า-ข้อเท้า ได้ทุกทิศทางหลักของข้อต่อ โดยการเปลี่ยนแผ่นตรวจ/แปลผล ให้ตรงกับการเคลื่อนไหวที่ต้องการตรวจ

2. การวัดองศาการเคลื่อนไหวมาตรฐาน standardized angle พบ Intra-rater reliability ของผู้วัดทั้ง 3 คน อยู่ในระดับสูงมาก (ICC=0.996-1.000) Inter-rater reliability ของการวัดทุกช่วงองศาการเคลื่อนไหวอยู่ในระดับสูงมาก (ICC=0.994-0.999) ความตรง (concurrent validity) ของการวัดทุกช่วงองศาการเคลื่อนไหว อยู่ในระดับดีมาก (ICC=0.997-1.000) เมื่อเทียบกับ universal goniometer และ inclinometer ซึ่งเป็นระดับ reasonable validity ของอุปกรณ์การวัดทางคลินิก โดย 95%CI of limit of agreement อยู่ในช่วง -4.535 ถึง 4.196 องศา กล่าวคือความคาดเคลื่อนของการวัดไม่เกิน 10 องศาซึ่งเป็นระดับยอมรับได้ทางคลินิก และสอดคล้องกับความกว้างของช่องอ่านผล (ขนาด 10 องศา) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า BUU ROM test kit มีความเที่ยงตรงและแม่นยำ (validity and reliability) ที่สามารถนำมาใช้แทน universal goniometer หรือ inclinometer ในทางคลินิกได้

ข้อจำกัดของงานวิจัย ข้อเสนอแนะ และประโยชน์ในทางประยุกต์ของผลงานวิจัย

การทดสอบความเที่ยงตรงและแม่นยำของการวัดในการใช้ BUU ROM test kit ในการวัด standardized angle ในศึกษานี้ พบว่า มีความแม่นยำภายในผู้วัด (intra-rater reliability) และระหว่างผู้วัด (inter-rater reliability) ระดับสูงมาก และมีความเที่ยงตรง (concurrent validity) เมื่อเทียบกับ universal goniometer และ inclinometer ในระดับ reasonable validity ดังนั้น BUU ROM test kit จึงสามารถนำมาใช้แทน universal goniometer หรือ inclinometer ในทางคลินิกได้

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ศึกษาปัจจัยความคาดเคลื่อนจากเทคโนโลยีของอุปกรณ์และความคาดเคลื่อนของผู้วัด ยังไม่มีการศึกษาปัจจัยความคาดเคลื่อนจากตัวผู้ป่วย (patient specific factor) ดังนั้นควรทำการศึกษาระดับความเที่ยงตรงและแม่นยำในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของอาสาสมัครเพื่อเป็นข้อมูลในการประกอบการเลือกใช้ BUU ROM test kit ในทางคลินิกต่อไป ตลอดจนศึกษาความแม่นยำภายในผู้วัดแบบ inter-session ด้วย

ผลผลิต (Output)

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

อยู่ในระหว่างการเตรียมบทความเพื่อเผยแพร่ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ

การยื่นจดอนุสิทธิบัตร

อยู่ในระหว่างดำเนินการยกร่างคำขอ เพื่อยื่นขอจดอนุสิทธิบัตร

การใช้ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ

1. ใช้อุปกรณ์ในการเรียนการสอนในรายวิชา 68322160 ชีวกลศาสตร์การเคลื่อนไหวในมนุษย์ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2563 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งมีนิสิตจำนวน 40 คน

รูปที่ 22 การใช้ BUU ROM test kit: self-assess goniometry ในการเรียนการสอนหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด

2. อยู่ระหว่างการเตรียมการนำ BUU ROM test kit: self-assess goniometry ไปใช้ในการส่งเสริมสุขภาพ บริการการรักษาและดูแลผู้สูงอายุเทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี ผ่านการดำเนินงานของคณะกรรมการ การส่งเสริมสุขภาพ บริการการรักษาและดูแลผู้สูงอายุเทศบาลเมืองแสนสุข หรือให้บริการผู้สูงอายุ ณ ศูนย์พัฒนาศักยภาพผู้สูงอายุเทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี

เอกสารอ้างอิง (Reference)

1. Haynes MJ, Edmondston S. Accuracy and reliability of a new, protractor-based neck goniometer. J Manipulative Physiol Ther. 2002;25(9):579-86.
2. Ha SM, Kwon OY, Weon JH, Kim MH, Kim SJ. Reliability and validity of goniometric and photographic measurements of clavicular tilt angle. Man Ther. 2013;18(5):367-71.
3. Nussbaumer S, Leunig M, Glatthorn JF, Stauffacher S, Gerber H, Maffiuletti NA. Validity and test-retest reliability of manual goniometers for measuring passive hip range of motion in femoroacetabular impingement patients. BMC Musculoskelet Disord. 2010;11:194.
4. Werner BC, Holzgrefe RE, Griffin JW, Lyons ML, Cosgrove CT, Hart JM, et al. Validation of an innovative method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application. J Shoulder Elbow Surg. 2014;23(11):e275-82.
5. Shin SH, Ro du H, Lee OS, Oh JH, Kim SH. Within-day reliability of shoulder range of motion measurement with a smartphone. Man Ther. 2012;17(4):298-304.
6. Bot SD, Terwee CB, van der Windt DA, Bouter LM, Dekker J, de Vet HC. Clinimetric evaluation of shoulder disability questionnaires: a systematic review of the literature. Ann Rheum Dis. 2004;63(4):335-41.
7. Dittmer DK, Teasell R. Complications of immobilization and bed rest. Part 1: Musculoskeletal and cardiovascular complications. Can Fam Physician. 1993;39:1428-32, 35-7.
8. Halar EM, Bell KR. Immobility: physiological and functional change and effects of inactivity on body functions. In: Delosa JA, editor. Rehabilitation medicine: principles and practice. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998.
9. รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการสำรวจร่างกาย ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2557 [Internet]. 2557 [cited เข้าถึงเมื่อ 25 มีนาคม 2560]. Available from: http://thaincd.com/document/.../การสำรวจสุขภาพประชาชนไทย_ครั้งที่_5_NHES_5.pdf.
10. รายงานประจำปี 2558 [Internet]. 2558. Available from: http://www.thaincd.com/document/file/.../paper.../Annual-report-2015.pdf.
11. รายงานภาระโรคและการบาดเจ็บของประชากรไทย พ.ศ. 2558 การสูญเสียปีสุขภาพ Disability-Adjusted Life Year: DALY [Internet]. 2558 [cited 25 มีนาคม 2560]. Available from: http://www.thaincd.com/document/file/download/knowledge/report_BOD_2556.
12. Norkin CC, White DJ. Measurement of Joint Motion: A Guide to Goniometry. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2016.
13. Magee DJ, Zachzewski JE, Quillen WS. Pathology and intervention in musculoskeletal rehabilitation. Philadephia: Saunders; 2009.
14. Hertling D, Kessler RM. Management of common musculoskeletal disorders: physical therapy principles and methods. 4 ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2006.

15. Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise; foundations and techniques. 5th ed. United States of American: F.A. Davis Company; 2007.
16. Reese NB, Bandy WD. Joint range of motion and muscle length testing. 2 ed. Canada: Saunders Elsevier; 2010.
17. Sobel D, Kwiatkowski J, Ryt A, Domzal M, al. e. Range of Motion Measurements Using Motion Capture Data and Augmented Reality Visualisation. Computer Vision and Graphics. 2014;ICCVG:594-601.
18. Lee SH, Yoon C, Chung SG, Kim HC, Kwak Y, Park HW, et al. Measurement of Shoulder Range of Motion in Patients with Adhesive Capsulitis Using a Kinect. PLoS One. 2015;10(6):e0129398.
19. Shishani Y, Flockken J, Gobezie. What Is the Accuracy of Shoulder Range of Motion Measurements on Physical Exam? Open Journal of Orthopedics. 2015;5(9):264-76.
20. Behnoush B, Tavakoli N, Bazmi E, Nateghi Fard F, Pourgharib Shahi MH, Okazi A, et al. Smartphone and Universal Goniometer for Measurement of Elbow Joint Motions: A Comparative Study. Asian J Sports Med. 2016;7(2):e30668.
21. Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. Phys Ther. 1987;67(12):1867-72.
22. Aaronson N, Alonso J, Burnam A, Lohr KN, Patrick DL, Perrin E, et al. Assessing health status and quality-of-life instruments: attributes and review criteria. Qual Life Res. 2002;11(3):193-205.
23. Gummesson C, Atroshi I, Ekdahl C. The disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) outcome questionnaire: longitudinal construct validity and measuring self-rated health change after surgery. BMC Musculoskelet Disord. 2003;4:11.
24. Carter CW, Levine WN, Kleweno CP, Bigliani LU, Ahmad CS. Assessment of shoulder range of motion: introduction of a novel patient self-assessment tool. Arthroscopy. 2008;24(6):712-7.
25. Yankai A, P M. Reliability of the universal and invented gravity goniometers in measuring active cervical range of motion in normal healthy subjects. International journal of applied biomedical engineering. 2009;2(1):49-53.
26. Luttgens K, Hamilton N. Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion. 9th ed. Madison: WI: Brown & Benchmark; 1997.
27. Struyf F, Nijs J, Mottram S, Roussel NA, Cools AM, Meeusen R. Clinical assessment of the scapula: a review of the literature. Br J Sports Med. 2014;48(11):883-90.
28. Wellmon RH, Gulick DT, Paterson ML, Gulick CN. Validity and Reliability of 2 Goniometric Mobile Apps: Device, Application, and Examiner Factors. J Sport Rehabil. 2016;25(4):371-9.
29. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. J Chiropr Med. 2016;15(2):155-63.

30. L.G. P, Watkins MP. Foundations of clinical research: applications to practice. 3rd ed. Upper Saddle River: NJ: Pearson/Prentice Hall; 2009.
31. Chapleau J, Canet F, Petit Y, Laflamme GY, Rouleau DM. Validity of goniometric elbow measurements: comparative study with a radiographic method. Clin Orthop Relat Res. 2011;469(11):3134-40.
32. Kolber MJ, Hanney WJ. The reliability and concurrent validity of shoulder mobility measurements using a digital inclinometer and goniometer: a technical report. Int J Sports Phys Ther. 2012;7(3):306-13.