

การทดสอบความน่าเชื่อถือของแอฟพลิเคชันในไอโฟนและกระบวนการที่ใช้ในการทดสอบการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว

จุฑามาศ สุกัญตังใจ¹, จินดารัตน์ วีระบริรักษ์¹, ธนวรรณ วีระกุล¹, ณัฐธิดา คนคม¹,
กาญจนา เรืองขจร¹, พีร์มงคล วัฒนานนท์^{2*}

Received: June 13, 2016

Revised & Accepted: October 16, 2016

บทคัดย่อ

ปัจจุบันไอโฟนได้มีการพัฒนาแอฟพลิเคชันสำหรับนักกายภาพบำบัดที่ช่วยวัดองศาการเคลื่อนไหว ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดการรับรู้ของข้อต่อบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอวในผู้ที่มีอาการปวดหลัง อย่างไรก็ตาม ก่อนที่จะนำไปใช้ทางคลินิกแอฟพลิเคชันนี้รวมถึงกระบวนการที่ใช้ในการวัดควรได้รับการทดสอบความน่าเชื่อถือ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือเพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของแอฟพลิเคชันที่ใช้วัดช่วงการเคลื่อนไหวในไอโฟน และกระบวนการที่ใช้ในการวัดการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อบริเวณกระดูกสันหลังผู้เข้าร่วมงานวิจัยจำนวน 30 คน (อายุเฉลี่ย 20.4 ± 1.4 ปี; เป็นเพศหญิงร้อยละ 93; ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 21.0 ± 2.7 กก./ม.²) ไอโฟนถูกติดตั้งไว้ที่กระดูกสันหลังส่วนเอวระดับที่ 1 และกระดูกสันหลังส่วนกระเบนเหน็บระดับที่ 2 โดยใช้สายรัดหลังจากนั้นผู้เข้าร่วมงานวิจัยก้มหลัง 3 ครั้ง 2 เซ็ต โดยผลต่างระหว่างไอโฟนทั้ง 2 เครื่องซึ่งเท่ากับค่าการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังส่วนเอวแต่ละครั้งจะถูกบันทึกและหาค่าเฉลี่ยแต่ละเซ็ต จากนั้นอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกถอดออก ผู้เข้าร่วมงานวิจัยพักเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นจะทำการวัดใหม่อีกครั้งโดยใช้กระบวนการเดิม ค่าเฉลี่ย 2 เซ็ตแรกนำมาคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือของแอฟพลิเคชันในไอโฟน ส่วนค่าเฉลี่ยก่อนและหลังพักนำมาคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือของกระบวนการที่ใช้ในการวัด สถิติที่ใช้คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้ ผลการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแอฟพลิเคชันในไอโฟนเท่ากับ 0.95 ค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้เท่ากับ 4.77° ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกระบวนการที่ใช้ในการวัดเท่ากับ 0.67 ค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้เท่ากับ 12.27° จากผลที่ได้จึงสามารถสรุปได้ว่าแอฟพลิเคชันในไอโฟน และกระบวนการที่ใช้ในการวัด มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกได้

คำสำคัญ: การทดสอบความน่าเชื่อถือไอโฟน, แอฟพลิเคชัน, การรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว, การทดสอบความผิดปกติของการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อบริเวณกระดูกสันหลัง

¹นักศึกษากายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล

²อาจารย์คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล

*ผู้รับผิดชอบบทความ

Test-retest reliability of an iPhone application and measurement protocol to investigate trunk proprioception

Jutamart Sutuntangjai¹, Jindarat Weeraborirak¹, Tanawan Weerakul¹, Nattida konkom¹,
Kanchana Rueangkhachon¹, Peemongkon Wattananon^{2*}

Abstract

Several application developers have offered an application on iPhone for the physical therapist to measure range of motion. This application can be used to investigate lumbar proprioception in patients with low back pain. However, this iPhone application and measurement protocol should be tested for test-retest reliability prior to clinical usage. Therefore, the purpose of the study was to determine test-retest reliability of an iPhone application and measurement protocol. Thirty healthy subjects (mean age 20.4 ± 1.4 years; 93% female; BMI 21.0 ± 2.7 kg/m²) were recruited into this present study. Two iPhones were attached at lumbar spine (L1) and sacrum (S2) by Velcro straps. Each subject performed 2 sets of 3 repetitions of active forward trunk bending (Test). Angle from each iPhone was recorded. The angle difference between the two iPhones represented lumbar range of motion. Mean across 3 repetitions was calculated for each set. After completion of 2 sets of forward bend, subjects rested for 15 minutes, and all iPhones were detached from the subjects. After 15 minute rest, subjects underwent the same testing protocol again (Retest). Mean of set 1 and 2 were used to determine test-retest reliability of an iPhone application, while mean of test and retest were used to determine test-retest reliability of our protocol. Intraclass correlation coefficient (ICC) and Minimal detectable change (MDC) were used for statistical analysis. The results demonstrated ICC_{3,k} of an iPhone application was 0.95 with MDC equaled to 4.77°, and ICC_{2,k} of our protocol was 0.67 with MDC equaled to 12.27°. Based upon our results, it could be concluded that an iPhone application and our measurement protocol have adequate test-retest reliability, and can be clinically used to further investigate lumbar proprioception in patients with low back pain.

Keywords : Test-retest reliability, iPhone application, Lumbar proprioception, Repositioning error

¹Physical therapy student, Faculty of Physical Therapy, Mahidol University.

²Lecturer, Faculty of Physical Therapy, Mahidol University, Salaya.

*Corresponding author: (e-mail: peemongkon.wat@mahidol.ac.th)

บทนำ

ปัจจุบันอาการปวดหลังส่วนล่างเป็นปัญหาสำคัญทางสุขภาพซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน ประสิทธิภาพการทำงานทำให้เกิดการลาหยุดงานมากขึ้น และทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลเพิ่มขึ้น^(1,2) มีรายงานการศึกษาการสำรวจความชุกของผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างใน 1 ปี พบว่ามีความชุกสูงสุดถึง ร้อยละ 58.1 ของจำนวนประชากร และในจำนวนนี้พบว่า ร้อยละ 24-80 กลับมาเป็นซ้ำภายใน 1 ปี⁽²⁾

จากหลายๆ รายงานการศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่าในผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างสามารถจำแนกได้ตามการตอบสนองต่อการรักษา (treatment-based classification)^(3,4) ซึ่งกลุ่มที่ต้องออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความมั่นคง (stabilization exercise) เป็นกลุ่มหนึ่งที่ได้ประโยชน์^(5,6) ผู้ที่มีอาการปวดหลังกลุ่มนี้จะมีภาวะความไม่มั่นคงของข้อต่อกระดูกสันหลังส่วนเอว (clinical lumbar instability) ร่วมด้วย^(7,8) ทำให้ข้อต่อบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอวถูกยึดและอาจเกิดการบาดเจ็บทำให้เกิดความผิดปกติของการรับความรู้สึกของข้อต่อ (impaired proprioception) ตามมา^(9,10)

Proprioception คือ ความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งหรือการเคลื่อนไหวของร่างกายโดยไม่ใช้การมองเห็น⁽¹¹⁾ โดยการรับความรู้สึกนี้จะถูกส่งมาจาก mechanoreceptor ที่อยู่ในเอ็นยึดกระดูก (ligaments) และข้อต่อกระดูกสันหลัง (facet joints)^(11,12) เมื่อมีความผิดปกติของ proprioception จะทำให้การตอบสนองของกล้ามเนื้อ (muscular protective reflex) และการประสานสัมพันธ์ (coordination) ซ้ำลงส่งผลให้การหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อป้องกันการบาดเจ็บของข้อต่อมีการตอบสนองที่ช้าลง^(9,10) ดังนั้นเมื่อเกิดการเคลื่อนไหวที่มากเกินไปจึงเป็นเหตุทำให้เกิดการบาดเจ็บและอาการปวดตามมา^(9,10) นอกจากนี้อาจทำให้เกิดผิวข้อเสื่อม (articular damage) และส่งผลกระทบต่อคุณภาพการเคลื่อนไหว (quality of movement) ได้^(9,10) ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจหาความผิดปกติของการรับความรู้สึกของข้อต่อกระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar proprioception) ในผู้ที่มีอาการปวดหลังกลุ่มที่ต้องออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความมั่นคง

เราสามารถตรวจหาความผิดปกติของการรับความรู้สึกของข้อต่อได้โดยการวัดค่าความคลาดเคลื่อนจากการเคลื่อนไหวที่มุมองศาต่างๆ (repositioning error)⁽¹³⁾ โดย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดมุมองศาของการเคลื่อนไหว ได้แก่ Goniometer เป็นอุปกรณ์ที่หาง่าย ราคาถูก แต่ความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้วัดแต่ละคน⁽¹⁴⁾, Electrogoniometer อาจจะได้ค่าที่มีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือกว่า Goniometer แต่เครื่องมีราคาแพงกว่า⁽¹⁵⁾, และ Electromagnetic tracking system ได้ค่าที่มีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือสูงมาก⁽¹⁶⁾ แต่เครื่องมีราคาแพงและมีขนาดใหญ่ จึงเหมาะสำหรับใช้ในงานวิจัย ไม่สะดวกสำหรับนำมาใช้ในทางคลินิก

ในปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นอย่างมากและมีการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้ในไอโฟนอย่างหลากหลาย รวมถึงแอปพลิเคชันที่นักกายภาพบำบัดสามารถใช้ในการวัดมุมองศา^(17,18) ซึ่งแอปพลิเคชันดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางคลินิกเพื่อวัดมุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ^(17,18) รวมถึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดค่าความคลาดเคลื่อนจากการเคลื่อนไหวที่มุมองศาต่างๆ เพื่อตรวจหาความผิดปกติของการรับความรู้สึกของข้อต่อของกระดูกสันหลังระดับเอวได้อีกด้วย การใช้แอปพลิเคชันในไอโฟนมีข้อดีตรงที่สะดวก ใช้งานง่าย และทุกคนสามารถใช้งานได้ อย่างไรก็ตาม แอปพลิเคชันนี้รวมถึงกระบวนการที่ใช้ในการวัด ควรได้รับการทดสอบความน่าเชื่อถือก่อนที่จะนำไปใช้ทางคลินิก

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือ (test-retest reliability) และค่าความเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้ (minimal detectable change) ของแอปพลิเคชันในไอโฟนและกระบวนการที่ใช้ในการวัดการรับรู้ของข้อต่อกระดูกสันหลังส่วนเอว

วัสดุและวิธีการศึกษา

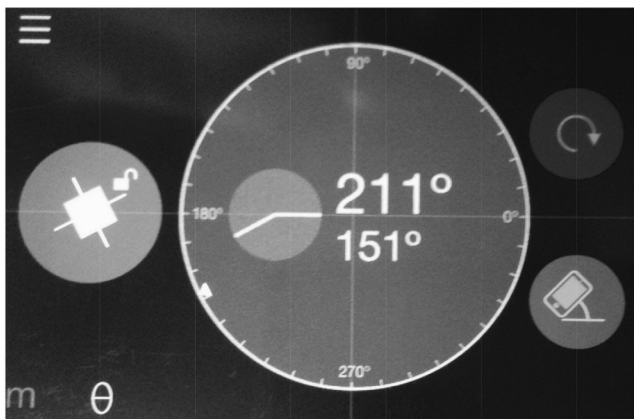
1. กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับระเบียบวิธีการวัดในงานวิจัย (methodological study) กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการตรวจเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออกมีจำนวน 30 คน แบ่งเป็นเพศชาย 2 คน เพศหญิง 28 คนมีอายุเฉลี่ย 20.4 ± 1.4 ปี ดัชนีมวลกาย 21.0 ± 2.7 กก./ม.² โดยมีเกณฑ์การคัดเข้ากลุ่มตัวอย่าง ดังนี้เป็นบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 18-40 ปี ไม่มีอาการปวดหลังส่วนล่างภายในระยะเวลา 3 เดือนก่อนเข้าร่วมการวิจัย ไม่เคยออกกำลังกายประเภทที่

เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อบริเวณแกนกลางลำตัว ได้แก่ pilates หรือ core stabilization exercise เกณฑ์การคัดออกประกอบด้วย มีอาการหรืออาการแสดงของ systemic disease เช่น โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ โรคลูปัส เป็นต้นมีอาการแสดงที่บ่งบอกถึงความผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ อาการชา หรืออ่อนแรงบริเวณขา เคยเข้ารับการรักษาผ่าตัดบริเวณกระดูกสันหลัง ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคกระดูกพรุน โพรงกระดูกสันหลังตีบแคบ และ/หรือโรคที่ทำให้เกิดการอักเสบของข้อต่อ อยู่ในขณะตั้งครรภ์ มีความผิดปกติใดๆบริเวณร่างกายที่อาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวบริเวณหลัง มีความผิดปกติของระบบรักษาสมดุลการทรงตัว มีปัญหาด้านจิตเวช ดัชนีมวลกายเกิน 30 กก./ม.² อยู่ในขณะรับการรักษาทางการแพทย์ใดๆ ที่อาจเป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัยนี้ การวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนส่วนกลาง มหาวิทยาลัยมหิดล (COA No. MU-CIRB 2016/047.0704) ก่อนการเก็บข้อมูลทุกคนจะได้รับเอกสารอธิบายรายละเอียดและวัตถุประสงค์ของการวิจัย หลังจากนั้นผู้เข้าร่วมงานวิจัยลงนามในใบแสดงเจตนายินยอมและตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลสุขภาพต่างๆ ไป

2. อุปกรณ์และการวัด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย ไอโฟนที่มีแอปพลิเคชัน Goniometer G-pro (รูปที่ 1) จำนวน 2 เครื่อง โดยหลักการทำงานของแอปพลิเคชันคือ แอปพลิเคชันจะสั่งการให้ตัวเซ็นเซอร์ (gyroscope) ในไอโฟนจับการเคลื่อนไหวแล้วแสดงผลออกมาในรูปแบบของมุมมองศา

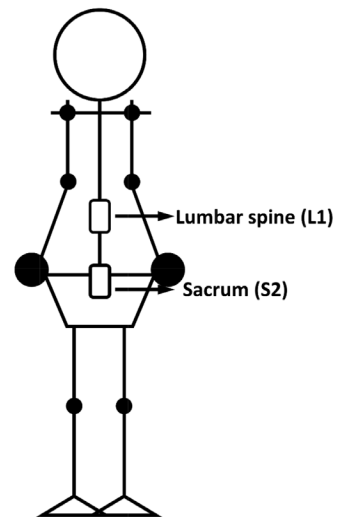


รูปที่ 1 ภาพหน้าจอแสดงผลของแอปพลิเคชัน Goniometer G-pro ในไอโฟน

การวิจัยนี้เป็นการหาค่าความน่าเชื่อถือ และค่าความเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้ของแอปพลิเคชันในไอโฟนและกระบวนการที่ใช้ในการวัด ก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกเพื่อหาความผิดปกติของการรับรู้ของข้อต่อกระดูกสันหลังส่วนเอวตัวแปรที่จะวัดในงานวิจัยนี้ คือ ช่วงการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar range of motion) โดยใช้หลักการที่ว่า การวัดมุมมองศาแต่ละครั้งควรจะได้ค่าเหมือนกันเพราะอุปกรณ์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์เดียวกันและใช้แอปพลิเคชันเดียวกัน ค่าที่แตกต่างกันในการวัดแต่ละครั้งจึงเป็นค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด และ/หรือค่าความคลาดเคลื่อนจากกระบวนการที่ใช้วัด

3. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

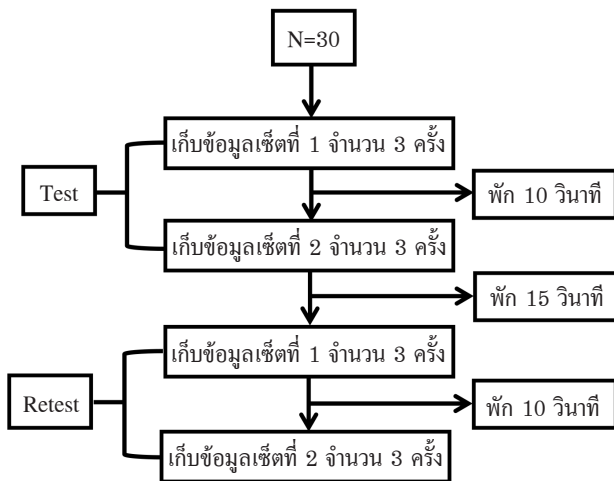
ผู้วิจัยติดไอโฟนบนหลังของผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่กระดูกสันหลังส่วนเอวระดับที่ 1 (Lumbar spine; L1) และกระดูกกระเบนเหน็บระดับที่ 2 (Sacrum; S2) โดยใช้สายรัด (Velcro strap) และกึ่งกลางไอโฟนกับสายรัดอยู่ตรงกับปุ่มกระดูกสันหลัง (spinous process) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตำแหน่งในการติด iPhone

หลังจากนั้นทำการวัดมุมมองศาจากการก้มหลังในท่า ยืน โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยก้มหลังให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ 3 ครั้งต่อเซต จำนวน 2 เซต โดยระหว่างเซตจะให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยยืนพักนิ่งๆ เป็นเวลา 10 วินาทีผลต่างระหว่างไอโฟน ทั้ง 2 เครื่องซึ่งเท่ากับค่าการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังส่วนเอว ในการก้มหลังแต่ละครั้งจะถูกบันทึกและหาค่าเฉลี่ย

แต่ละเซต จากนั้นอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกถอดออก ผู้เข้าร่วมงานวิจัยพักเป็นเวลา 15 นาที หลังจากพักแล้วผู้วิจัยจะทำการวัดใหม่อีกครั้งโดยใช้กระบวนการเดิม ค่าเฉลี่ย 2 เซตแรกนำมาคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือของแอปพลิเคชันในไอโฟน ส่วนค่าเฉลี่ยก่อน (test) และหลังพัก (retest) จะนำมาคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือของกระบวนการที่ใช้ในการวัดการเก็บข้อมูลรูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้



รูปที่ 3 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS version19 ทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (intraclass correlation coefficient; ICC) ที่แสดงค่าความน่าเชื่อถือของแอปพลิเคชันในไอโฟน ($ICC_{3,k}$) และกระบวนการที่ใช้ในการวัด ($ICC_{2,k}$) ค่า ICC ที่ใกล้เคียง 1 แปลผลได้ว่าค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากค่าความคลาดเคลื่อนจากแอปพลิเคชันในไอโฟนที่ใช้ในการวัด (instrument) และ/หรือ ค่าความคลาดเคลื่อนจากกระบวนการที่ใช้วัด (measurement error) มีค่าน้อย⁽¹⁹⁾ ส่วนค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้สามารถคำนวณได้จากสูตร⁽¹⁹⁾ ดังนี้

$$90\% MDC = SEM \times 1.96 \times \sqrt{2}$$

$$SEM = SD\sqrt{1 - ICC}$$

MDC = Minimal detectable change; SEM = Standard error of the mean; SD = Pooled standard deviation; ICC = Intraclass correlation coefficient

ผลการศึกษา

การทดสอบค่าความน่าเชื่อถือของแอปพลิเคชันในไอโฟนโดยใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของค่าในการก้มหลังกระดูกสันหลังส่วนเอของเซตที่ 1 และ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ $36.08^\circ \pm 7.58^\circ$ และ $36.24^\circ \pm 7.77^\circ$ ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่า ICC และ MDC พบว่า $ICC_{3,k} = 0.95$, $MDC = 4.77^\circ$ ส่วนการทดสอบค่าความน่าเชื่อถือของกระบวนการที่ใช้ในการวัดจะใช้ค่าเฉลี่ยของ test และ retest ซึ่งมีค่าเท่ากับ $36.16^\circ \pm 7.50^\circ$ และ $32.96^\circ \pm 7.92^\circ$ ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า $ICC_{2,k} = 0.67$, $MDC = 12.27^\circ$

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าแอปพลิเคชันในไอโฟน Goniometer G-pro มีค่าความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์ที่สูง (excellent test-retest reliability of an iPhone application)⁽¹⁹⁾ ผลงานวิจัยชิ้นนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ความน่าเชื่อถือของแอปพลิเคชันในไอโฟนอยู่ในเกณฑ์ที่สูงเช่นกัน^(17,18) ส่วนการทดสอบความน่าเชื่อถือของกระบวนการที่ใช้ในการวัดพบว่ามีค่าความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (moderate test-retest reliability of measurement protocol)⁽¹⁹⁾ เนื่องจากยังไม่มีการวิจัยก่อนหน้านี้ที่ใช้กระบวนการทดสอบเดียวกันหรือมีความใกล้เคียงกับกระบวนการทดสอบในงานวิจัยชิ้นนี้ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบผลงานวิจัยนี้ได้ อย่างไรก็ตามจากค่าที่ได้หากนำไอโฟนที่มีแอปพลิเคชัน Goniometer G-pro ไปประยุกต์ใช้ทางคลินิกในการวัดค่าความคลาดเคลื่อนจากการเคลื่อนไหวที่มุมองศาต่างๆ เพื่อตรวจหาความผิดปกติของการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อของกระดูกสันหลังระดับเอว ระหว่างผู้ที่มีอาการปวดหลังในกลุ่มที่ต้องออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความมั่นคงของกระดูกสันหลังส่วนเอวและผู้ที่มีสุขภาพดีไม่มีอาการปวดหลังนั้น ค่าความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่มนี้จะต้องมีค่ามากกว่าค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้ที่ 5.33° ⁽¹⁹⁾ จึงจะสรุปได้ว่าทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างที่แท้จริง ไม่ใช่ความแตกต่างที่อาจจะเป็นผลจากความคลาดเคลื่อนของแอปพลิเคชันในไอโฟนนอกจากนี้ยังสามารถนำไอโฟนที่มีแอปพลิเคชัน Goniometer G-pro ไปประยุกต์ใช้ทางคลินิกเพื่อทดสอบผลของการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความมั่นคงของกระดูกสันหลังส่วนเอวที่มีต่อการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว ซึ่งค่าความต่างระหว่างก่อน

และหลังการรักษาจะต้องมีค่ามากกว่า 12.27⁽¹⁹⁾ จึงจะสามารถสรุปได้ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการออกกำลังกาย ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากความคลาดเคลื่อนของ แอปพลิเคชันในไอโฟน และ/หรือกระบวนการที่ใช้วัด

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือ ค่าที่ได้จากแอปพลิเคชัน Goniometer G-pro ไม่ได้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน (reference standard) ที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูงในการวัดมุม ดังนั้นจึงอาจทำให้ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าค่าที่ได้จากแอปพลิเคชันนั้นถูกต้องจริงหรือไม่ ข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งคือ อุปกรณ์สายรัดที่ใช้ในการติดไอโฟนไม่สามารถติดอยู่กับลำตัวของผู้ร่วมงานวิจัยได้แน่นพอ ทำให้ขณะที่ทำการทดสอบอาจมีการเลื่อนของไอโฟนออกไปจากตำแหน่งเดิม ซึ่งอาจทำให้มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตามผู้ทำวิจัยได้สังเกตและตรวจสอบตำแหน่งของไอโฟนตลอดช่วงการทดสอบเพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นดังกล่าว นอกจากนี้ความชำนาญในการคลำหาตำแหน่งของปุ่มกระดูกสันหลัง (spinous process) ก็เป็นสิ่งสำคัญ หากผู้เก็บข้อมูลไม่ชำนาญมากพอทำให้ตำแหน่งที่ใช้ในการติดไอโฟนระหว่าง test และ retest เป็นคนละจุดก็จะทำให้ข้อมูลที่ได้นั้นมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความน่าเชื่อถือและค่าความเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้เช่นกัน

ผลการวิจัยที่ได้จากการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า แอปพลิเคชัน Goniometer G-pro ในไอโฟน และกระบวนการที่ใช้ในการวัด มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้ทางคลินิกในการวัดค่าความคลาดเคลื่อนจากการเคลื่อนไหวที่มุมมองต่างๆ เพื่อตรวจหาความผิดปกติของการรับความรู้สึกของข้อต่อของกระดูกสันหลังระดับเอวได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากคณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เข้าร่วมวิจัยทุกท่านที่ได้กรุณาเข้าร่วมงานวิจัย และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในงานวิจัยนี้สำเร็จลงได้

เอกสารอ้างอิง

1. Babu AN, McCormick Z, Kennedy DJ, Press J. Local, national, and service component cost

variations in the management of low back pain: Considerations for the clinician. *J Back Musculoskelet.* 2016; 29: 685-92.

2. Hoy D, Brooks P, Blyth F, Buchbinder R. The epidemiology of low back pain. *Best Pract Res Clin Rh.* 2010; 24: 769-81.
3. Alrwaily M, Timko M, Schneider M, Stevans J, Bise C, Hariharan K, et al. Treatment-based classification system for low back pain: Revision and update. *Phys Ther.* 2016; 96: 1057-66.
4. Fritz JM, Cleland JA, Childs JD. Subgrouping patients with low back pain: evolution of a classification approach to physical therapy. *J Orthop Sport Phys.* 2007; 37: 290-302.
5. Hicks GE, Fritz JM, Delitto A, McGill SM. Preliminary development of a clinical prediction rule for determining which patients with low back pain will respond to a stabilization exercise program. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005; 86: 1753-62.
6. Rabin A, Shashua A, Pizem K, Dickstein R, Dar G. A clinical prediction rule to identify patients with low back pain who are likely to experience short-term success following lumbar stabilization exercises: A randomized controlled validation study. *J Orthop Sport Phys.* 2014; 44: 6-13.
7. Biely S, Smith MSS, Silfies SP. Clinical instability of the lumbar spine: Diagnosis and intervention. *Orthop Pract.* 2006; 6: 7.
8. Fritz JM, Erhard RE, Hagen BF. Segmental instability of the lumbar spine. *Phys Ther.* 1998; 78: 889-96.
9. O'Sullivan PB. Lumbar segmental 'instability': Clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Man Ther.* 2000; 5: 2-12.
10. O'Sullivan PB, Burnett A, Floyd AN, Gadsdon K, Logiudice J, Miller D, et al. Lumbar repositioning deficit in a specific low back pain population. *Spine.* 2003; 28: 1074-9.

11. O'Sullivan P. Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: Maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. *Man Ther.* 2005; 10: 242-55.
12. Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kines.* 2003; 13: 371-9.
13. Rausch Osthoff AK, Ernst MJ, Rast FM, Mauz D, Graf ES, Kool J, et al. Measuring lumbar reposition accuracy in patients with unspecific low back pain: Systematic review and meta-analysis. *Spine.* 2015; 40: E97-e111.
14. Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther.* 1987; 67: 1867-72.
15. Boocock MG, Jackson JA, Burton AK, Tillotson KM. Continuous measurement of lumbar posture using flexible electrogoniometers. *Ergonomics.* 1994; 37: 175-85.
16. Spinelli BA, Wattananon P, Silfies S, Talaty M, Ebaugh D. Using kinematics and a dynamical systems approach to enhance understanding of clinically observed aberrant movement patterns. *Man Ther.* 2015; 20: 221-6.
17. Bedekar N, Suryawanshi M, Rairikar S, Sancheti P, Shyam A. Inter and intra-rater reliability of mobile device goniometer in measuring lumbar flexion range of motion. *J Back Musculoskelet.* 2014; 27: 161-6.
18. Tousignant-Laflamme Y, Boutin N, Dion AM, Vallée CA. Reliability and criterion validity of two applications of the iPhone™ to measure cervical range of motion in healthy participants. *J Neuroeng Rehabil.* 2013; 10: 1-9.
19. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res.* 2005; 19: 231-40.