

การทดสอบความเชื่อมั่นและความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันสำหรับ
ประเมินองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างในผู้ที่ไม่มีอาการปวดหลัง

Reliability and criterion - related validity of smartphone application for assessment of
lower back range of motion in individuals without lower back pain

พรพิศุทธิ์ วรจิรตัน¹, เกตุศิริ หงส์เวียงจันทร์², พรจรัส วิรัชลาภ², อิสริยา บัวแสง²,

นันทิชา สิตานนท์², ปริญา เลิศสินไทย^{2*}

Ponpisut Worrajiran¹, Ketsiri Hongwiangchan², Pronjarad Wiradchalap², Isariya Buasang²,

Nunticha Sitanon², Parinya Lertsinthalai^{2*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร

²ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

¹ Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University

² Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: การตรวจวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างเป็นวิธีที่ใช้ตรวจประเมินร่างกาย ปัจจุบันได้มีการสร้างสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันสำหรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่สามารถวัดองศาการเคลื่อนไหวและข้อมูลถูกเก็บได้อัตโนมัติในฐานข้อมูลจึงทำให้สะดวกต่อการใช้งานยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของการวัดซ้ำและความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันสำหรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ต่อการประเมินองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างในท่าก้มและแอ่นหลังในท่ายืนเมื่อเทียบกับเครื่องบับเบิลอินโคลไนมิเตอร์ ในอาสาสมัครที่ไม่มีอาการปวดหลัง

วิธีการวิจัย: อาสาสมัครที่ไม่มีอาการปวดหลัง 30 คน ทำการทดสอบการก้มและแอ่นหลังด้วยการใช้สมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อทดสอบค่าความเชื่อมั่นภายในผู้วัด ค่าความสอดคล้องสมบูรณ์ของเครื่องมือทั้ง 2 ชนิด ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด และทดสอบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์

ผลการวิจัย: ค่าความเชื่อมั่นในการวัดซ้ำในการก้มและแอ่นหลัง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบความสอดคล้องสมบูรณ์ของเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดอยู่ในระดับสูงมาก และได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดน้อยกว่า 1.5° นอกจากนี้ ค่าความตรงตาม

เกณฑ์สัมพัทธ์ของสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันอยู่ในระดับสูงเหมือนกัน

สรุปผล: สมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันในการศึกษานี้มีความตรงและความเชื่อมั่นของการวัดซ้ำสูงมากในการวัดการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างในท่าก้มและแอ่นหลัง

คำสำคัญ: ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ บับเบิล อินโคลไนมิเตอร์ ทดสอบความเชื่อมั่นของการวัดซ้ำองศาการเคลื่อนไหว กระดูกสันหลังส่วนเอว

ABSTRACT

Background: Back range of motion (ROM) testing can be used as a physical assessment method. An application for Android smartphones has been developed to measure a range of motion with the data automatically stored on the data server for ease of use.

Objective: The aims of this study were to investigate the test-retest reliability and criterion-related validity of an Android smartphone application to measure active lower back flexion and extension (ROM) compared to double bubble inclinometers in a standing position for individuals without lower back pain.

*Corresponding author: Parinya Lertsinthalai. Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Thailand. E-mail: Parinyal@nu.ac.th

Methods: Thirty participants without lower back pain were tested both active flexion and extension of the lower back ROM by using the smartphone application and double bubble inclinometers. Intraclass correlation coefficient (ICC) models were used to determine reliability. An agreement between the two instruments, the standard error of measurements (SEMs) and the criterion-related validity were reported.

Results: The smartphone application demonstrated excellent reliability for both back flexion and back extension. The ICC showed a very high agreement between the two instruments. The SEMs of reliability was reported less than 1.5° . Moreover, there was a very high correlation between the two instruments for criterion-related validity.

Conclusion: The smartphone application is valid and reliable for measuring lower back ROM in flexion and extension.

Keywords: Android application, Bubble inclinometer, Test-retest reliability, Range of motion, Lumbar spine

บทนำ

อาการปวดหลังส่วนล่างเป็นอาการปวดที่พบได้บ่อยในความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่ทำให้ผู้ป่วยต้องมารับการรักษาทางการแพทย์ ซึ่งอาการปวดหลังส่วนล่างสามารถพบได้ตั้งแต่วัยทำงาน และในผู้สูงอายุ¹ สำหรับในประเทศไทยพบว่าความชุกของผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างมากถึงร้อยละ 30 โดยพบได้มากในกลุ่มวัยรุ่นถึงวัยทำงาน นอกจากนี้พบว่าอาการปวดหลังส่วนล่างมักจะพัฒนาเป็นอาการปวดหลังเรื้อรังได้²

การชักประวัติและการตรวจประเมินร่างกายเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการรักษาอาการปวดหลัง³ โดยการวัดการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังมักถูกนำมาใช้ประเมินทางคลินิกทั้งก่อน-หลังการรักษา รวมถึงการติดตามผลการรักษา โดยมักตั้งสมมติฐานว่าถ้าองศาการเคลื่อนไหวต่ำกว่าค่าปกติหรือมีการจำกัดการเคลื่อนไหว แสดงว่าโครงสร้างบริเวณนั้นจะมีความยืดหยุ่นที่ต่ำกว่าปกติและอาจเป็นสาเหตุหนึ่งของอาการปวดหลังได้⁴ การวัดองศาการเคลื่อนไหว (range of motion, ROM) จึงเป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการตรวจประเมินการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมของกระดูกสันหลังและใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของวิธีการรักษาทางคลินิก^{5,6} และในการวิจัย⁷ การวัดองศาการเคลื่อนไหวของ กระดูกสันหลังจึงถูกนำมาใช้ตรวจประเมินร่างกายในผู้ป่วยที่ปวดหลังส่วนล่างในการปฏิบัติทางคลินิก โดยเฉพาะการตรวจประเมินแบบผู้ถูกวัดเป็นผู้ทำการเคลื่อนไหวด้วยตนเองตามช่วงพิสัยของข้อต่อของผู้ถูกวัดโดยปราศจากแรงช่วยจากแรงภายนอกมากระทำ (Active ROM, AROM)⁸ นอกจากนี้การวัดด้วยวิธี AROM จะให้ค่าความเชื่อมั่นของการวัดซ้ำดีกว่าการวัดจากแรงภายนอกหรือผู้อื่นทำการเคลื่อนไหวให้ (Passive ROM) เนื่องจากการยึดของเนื้อเยื่อรอบๆ ข้อต่อที่จุดสุดท้ายของช่วงการเคลื่อนไหวจะขึ้นอยู่กับปริมาณของแรงภายนอกที่กระทำ จึงทำให้ช่วงการเคลื่อนไหวมักไม่แน่นอน⁹ การวัดองศาการเคลื่อนไหวจากภาพถ่ายรังสี (Radiography) ซึ่งถือว่าเป็นวิธีมาตรฐานในการวัดเชิงปริมาณของการเคลื่อนไหวกระดูกสันหลัง อย่างไรก็ตาม การวัดด้วยวิธีการดังกล่าวผู้ถูกวัดจะต้องสัมผัสและเสี่ยงต่อการได้รับรังสีเอกซ์ซึ่งมีผลทำให้เกิดภาวะไอออนไนเซชัน มีค่าใช้จ่ายสูง และทำให้ไม่สะดวกในการวัดซ้ำในการปฏิบัติทางคลินิก^{8,10} นอกจากนี้ การวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างยังสามารถวัดได้ด้วยไบนีโอมิเตอร์และเครื่องวัดความลาดเอียง เป็นต้น¹¹ การเลือกใช้เครื่องมือต่างๆ จะต้องพิจารณาถึงความสะดวก

ในการใช้งาน ความง่ายในการวัด ราคาเครื่องมือ ความปลอดภัยและมีความเชื่อมั่นของการวัดสูง¹² โกลิโอมิเตอร์มาตรฐานเป็นเครื่องมือที่นักกายภาพบำบัดนิยมใช้วัดองศาการเคลื่อนไหวเป็นส่วนใหญ่ในทางคลินิก เนื่องจากสามารถหาได้ง่ายและราคาถูก แต่ความแม่นยำในการวัดนั้นขึ้นอยู่กับความชำนาญและประสบการณ์ของแต่ละบุคคล รวมถึงเครื่องมือมักมีขนาดใหญ่จึงทำให้ไม่สะดวกในการพกพา^{11, 13} และมีการรายงานค่า Intra-rater reliability และค่า Inter-rater reliability ในท่าก้มตัวและแอ่นตัวพบว่าความเชื่อมั่นของการวัดอยู่ในระดับต่ำ-ปานกลาง¹⁴ เครื่อง Inclinometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดองศาความลาดเอียง โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงโลกเป็นจุดอ้างอิงในการชี้วัดมุมองศา ที่นิยมใช้ในทางกายภาพบำบัดได้แก่ เครื่องบับเบิลอินโคลโนมิเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องมือที่อาศัยแรงโน้มถ่วงและปริมาตรของของเหลวในการอ้างอิงบอกตำแหน่งมุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ^{13,15,16} ข้อดีเครื่องมือชนิดนี้คือมีน้ำหนักเบา พกพาสะดวก ราคาไม่แพง มีวิธีการใช้งานที่ง่ายไม่ซับซ้อน แต่ต้องอาศัยการฝึกหัดใช้งานจนชำนาญเช่นเดียวกับเครื่องโกลิโอมิเตอร์มาตรฐาน ส่วนข้อด้อยของวิธีนี้คือ การวางตำแหน่งของเครื่องจะต้องเป็นที่ตำแหน่งเดิมเสมอ การออกแรงกดคงที่เพื่อให้เครื่องมือติดอยู่กับส่วนของร่างกายเสมอ และการอ่านค่าระดับของฟองอากาศด้วยสายตา เป็นต้น¹³ การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าการใช้วิธีบับเบิลอินโคลโนมิเตอร์ (Bubble inclinometers method) ในการก้มและแอ่นหลังมีค่าความเชื่อมั่น (Intra-rater reliability และ Inter-rater reliability) ในระดับสูงเมื่อเทียบกับการวัดด้วยภาพถ่ายรังสี¹⁵ และค่าความตรง (Validity) ของการวัดในระดับสูงทั้งผู้ที่ไม่มีอาการปวดหลัง^{13,16} และมีอาการปวดหลัง¹⁵ ดังนั้น จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังด้วย Bubble inclinometer มีค่าความตรงและค่าความเชื่อมั่นในการวัดซ้ำอยู่ในระดับสูงทั้งในท่าก้มตัว

และท่าแอ่นตัวจึงทำให้การวัดด้วย Bubble inclinometer ถูกนำมาใช้กันมากขึ้นทางคลินิก¹⁷

ปัจจุบันนี้มีมือถือเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยทั่วโลกมีผู้ใช้มือถือประมาณ 3.4 พันล้านคน¹⁸ และมีการพัฒนาสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน (Smartphone application) เพื่อใช้ในการอำนวยความสะดวก ในปัจจุบันพบว่ามียุทธวิธีปฏิบัติการที่นิยมใช้สำหรับการควบคุมการสั่งงานของสมาร์ตโฟน 2 ระบบคือระบบปฏิบัติการ Android™ และ iOS Apple™ ซึ่งภายในสมาร์ตโฟนส่วนใหญ่จะพบว่ามีตัวเซ็นเซอร์ต่างๆ ที่สามารถใช้คำนวณมุมองศาได้ฝังอยู่ในตัวเครื่องแล้ว เช่น เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น (Linear accelerometer sensor) เป็นต้น จึงทำให้สมาร์ตโฟนถูกพัฒนาให้สามารถใช้วัดมุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้อย่างรวดเร็ว¹⁹ ปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังและทดสอบความแม่นยำรวมถึงความถูกต้องของการวัด โดยมีการศึกษาก่อนหน้านี้ได้ทำการสร้างสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันที่ใช้กับระบบ iOS Apple™ เพื่อวัดองศาการเคลื่อนไหวที่ชื่อว่า iHandy™ level โดยทำการวัดในผู้ที่ไม่มีอาการปวดหลังพบว่าแอปพลิเคชันนี้มีค่า Intra-rater และค่า Inter-rater reliability ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของ Thoracolumbo-pelvic flexion and extension¹³ และในท่าก้มและแอ่นตัวขณะยืน²⁰ อยู่ในระดับสูง-สูงมาก และมีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์อยู่ในระดับสูงเมื่อเทียบกับวิธี Bubble inclinometer^{13,20} อย่างไรก็ตาม ทั้ง 2 การศึกษาไม่มีการศึกษาความเชื่อมั่นของการวัดซ้ำระหว่างวัน (Between-day intra-rater reliability) ซึ่ง เป็น สิ่ง ที่ สำคัญ ในการ นำ เครื่องมือ เหล่า นี้ มา ใช้ ในการ ประเมิน ติดตาม ผล การ ตรวจ รักษ า (Follow up) หรือ ตรวจ ประเมิน ซ้ำ ใน วัน อื่น¹⁷ นอกจากนี้ ยังมี การ ศึกษา ของ Pourahmadi และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 ซึ่ง ได้ ทำ การ พัฒนา แอปพลิเคชัน ที่ ใช้ กับ ระบบ iOS Apple™ เพื่อ วัด องศาการเคลื่อนไหวที่ชื่อว่า TiltMeter™ และนำมา

ทดสอบความเชื่อมั่นของการวัดซ้ำทั้งแบบ Intra-rater, Inter-rater reliability และ Between-day intra-rater reliability ในท่าก้มตัวและแอ่นตัวขณะยืน ผลการศึกษาพบว่ามีความเชื่อมั่นของการวัดซ้ำอยู่ในระดับสูง¹² อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยข้างต้นพบว่าแอปพลิเคชันที่ใช้ศึกษาจะเป็นระบบ iOS AppleTM ทั้งหมด ดังนั้น ในปี พ.ศ.2560 พรพิศุทธิ์ วรจิรันตน์ และคณะ ได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันวัดองศาการเคลื่อนไหวด้วยระบบปฏิบัติการ AndroidTM ขึ้นเพื่อให้วัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ชื่อ GoniometerTM (เลขลิขสิทธิ์ 355232 วันที่ 15 มิถุนายน 2560) โดยแอปพลิเคชันนี้สามารถวัดองศาการเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็ว จัดเก็บข้อมูลการวัดค่าองศาการเคลื่อนไหวได้อัตโนมัติผ่านระบบไวไฟ (WiFi) โดยพบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการวัดเมื่อทดสอบเทียบกับ full-circle protractor ประมาณ 0.1 องศา²¹ ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อหาค่า intra-rater reliability, between-day intra-rater reliability, inter-rater reliability ของผู้วัด 2 คน และค่า criterion-related validity ของแอปพลิเคชันนี้เปรียบเทียบกับเครื่อง double bubble inclinometers (DBI) ในขณะยืนก้มตัวและยืนแอ่นตัวในอาสาสมัครที่ไม่มีอาการปวดหลัง

วิธีการวิจัย

อาสาสมัคร

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบวิจัยเชิงภาคตัดขวาง โดยวัดมุมองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างในท่าก้มและแอ่นหลังด้วยสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันและเครื่อง DBI ในผู้ที่ไม่มีอาการปวดหลังจำนวน 30 คน คำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรม G power (Correlation p_{H1} = 0.05 , α = 0.05 , power = 0.80) ที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าและเกณฑ์คัดออกรวมถึงให้ความร่วมมือในการวิจัย โดยมีเกณฑ์การคัดเข้าได้แก่ เพศชายหรือเพศหญิง อายุตั้งแต่ 20-40 ปี ไม่มีอาการปวดหลังส่วนล่างในช่วงเวลา 6 เดือนก่อนการวิจัย ไม่มีปัญหาการรับรู้ การได้ยิน การสื่อสารหรือสื่อความหมาย

และมีเกณฑ์การคัดออก คือ ไม่มีอาการบ่งบอกถึงความผิดปกติของระบบประสาท เช่น อาการชา อ่อนแรงของขา ได้รับการวินิจฉัยหรือมีประวัติความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อหรือโรคทางระบบประสาท มีประวัติการผ่าตัดบริเวณกระดูกสันหลัง ไม่สามารถก้มและ/หรือแอ่นหลังในท่ายืนได้เป็นเวลานาน ดัชนีมวลกาย (BMI) เกิน 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีสัญญาณชีพผิดปกติ วิงเวียนศีรษะ หรือมีประวัติภาวะความดันโลหิต ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัยนี้ โดยการวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (IRB No.0245/61) โดยอาสาสมัครทุกคนได้ลงนามเข้าร่วมในใบยินยอม สถานที่เก็บข้อมูลคือ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

อุปกรณ์และวิธีการวัด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 1. มือถือสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ AndroidTM จำนวน 2 เครื่อง (ยี่ห้อ Samsung Galaxy A5; Android 4.4.4, Quad Core 1.2 GHz) ที่มีแอปพลิเคชันวัดองศาการเคลื่อนไหว (GoniometerTM) (ภาพ 1) จากการศึกษานำร่องได้ทำการทดลองใช้แอปพลิเคชันกับสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ AndroidTM version 4.0 ขึ้นไป พบว่าแอปพลิเคชันนี้สามารถใช้ได้กับสมาร์ทโฟนหลายรุ่น เช่น ยี่ห้อ ViVo V5, Samsung Galaxy J5 เป็นต้น²¹ โดยหลักการทำงานของแอปพลิเคชันนี้คือ ภายในสมาร์ทโฟนจะประกอบด้วยตัวจับความเร่งแบบ 3 แกน (3 Axis-accelerometer sensor, tilt angle detector sensor) ซึ่งมีหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงมุมของเครื่องสมาร์ทโฟนในระนาบ 3 มิติ ทั้งทิศทางในแนวแกนนอน (X-axis) แกนตั้ง (Y-axis) และแกนขวาง (Z-axis) โดยตำแหน่งมุมจะเป็นแบบ Coordinate systems (X-Y-Z) จึงทำให้สามารถวัดมุมองศาการเคลื่อนไหวได้ตามหลักตรีโกณมิติเมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งของสมาร์ทโฟน โดยข้อมูลจะถูกแสดงผลที่หน้าจอและถูกเก็บชั่วคราวในหน่วยความจำของสมาร์ทโฟน เมื่อผู้ใช้งาน

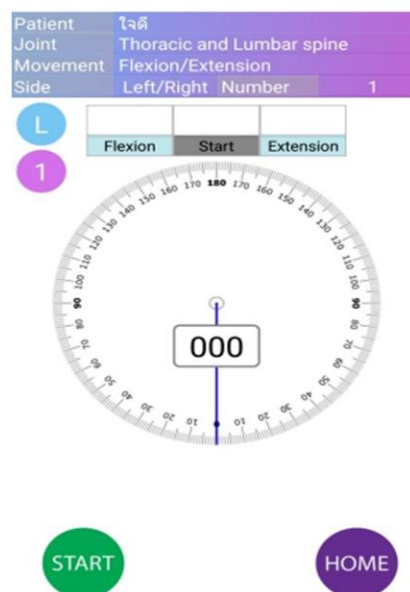
กดปุ่มการเก็บข้อมูล (Save) ข้อมูลมุมมองที่ได้จะถูกส่งผ่านระบบ WiFi ไปที่ฐานข้อมูลเซิร์ฟเวอร์ (Data saver) ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูลเซิร์ฟเวอร์ได้อีกด้วย²¹ 2. เครื่อง Bubble Inclinometers (Baseline®, Model 12-1056, Fabrication Enterprises; White Plains, New York) จำนวน 2 เครื่อง วัดด้วยวิธี Double bubble inclinometers method (DBI)

ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการเตรียมอาสาสมัคร

เมื่ออาสาสมัครผ่านตามเกณฑ์ในการศึกษาและลงนามเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ผู้วิจัยจะนัดเวลาและสถานที่ให้อาสาสมัครรับทราบล่วงหน้า 1 วัน เมื่ออาสาสมัครมาที่ห้องวิจัย ผู้วิจัยให้อาสาสมัครนั่งพัก 5 นาทีและวัดความดันโลหิตและชีพจร ชักประวัติเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการทดสอบ จากนั้นให้อาสาสมัครเปลี่ยนเป็นเสื้อผ้านด้านหลังและกางเกงขาสั้น ผู้วิจัย A สอนการยืดกล้ามเนื้อหลังและหน้าท้องและให้อาสาสมัครทำตามจำนวน 4 ท่า แต่ละท่าให้ยืดค้างไว้ 15 วินาที ทำท่าละ 3 ครั้ง (รวม 5 นาที) เพื่อเป็นเตรียม

ความพร้อมของเนื้อเยื่อรอบข้อต่อและกล้ามเนื้อก่อนการทดสอบ²² ซึ่งจากการศึกษาของ Mizuno และคณะ ในปี ค.ศ. 2013 พบว่าการยืดกล้ามเนื้อนาน 5 นาที จะมีผลคงค้างต่อการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อคงค้างอยู่เพียง 10 นาที²³ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงให้อาสาสมัครนอนคว่ำบนเตียงที่จัดเตรียมไว้นาน 10 นาทีเพื่อลดผลของการยืดกล้ามเนื้อที่อาจรบกวนการทดสอบการวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างและทำการคลำตำแหน่งอ้างอิงในการวางสมารต์โฟนและเครื่อง Bubble inclinometers โดยผู้วิจัย A คลำกระดูกสันหลังและทำสัญลักษณ์ด้วยปากกาที่ปุ่มกระดูกสันหลังระดับอกชั้นที่ 12 (T12) และปุ่มกระดูกเบนเหน็บระดับที่ 1 (S1)¹⁶ โดยก่อนการศึกษา ผู้วิจัย A ที่ทำหน้าที่คลำปุ่มกระดูกได้ทดสอบหาความเชื่อมั่นของการคลำปุ่มกระดูกภายในตัวผู้วัด และระหว่างตัวผู้วัดกับอาจารย์กายภาพบำบัดระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่สอนมา 10 ปี ในอาสาสมัครที่ไม่มีอาการปวดหลังส่วนล่าง จำนวน 5 คน ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นของการวัดอยู่ในระดับสูง ($ICC_{3,3}=0.87$, $ICC_{2,3}=0.84$ ตามลำดับ) จากนั้นให้อาสาสมัครยืนตรง ตามองตรงไปข้างหน้า แขนทั้งสองเหยียดตามสบาย



ภาพ 1 แอปพลิเคชัน วัดองศาการเคลื่อนไหว (Goniometer™) (เลขลิขสิทธิ์ 355232 วันที่ 15 มิถุนายน 2560)

หันฝ่ามือเข้าหาลำตัว เท้าอยู่ระดับไหล่ ซึ่งเป็นท่าเริ่มต้น ผู้วิจัย A ทำการวัดระยะห่างระหว่างนิ้วโป้งเท้าและส้นเท้าทั้งสองข้างและทำการแปะเทปขาวเป็นเส้นอ้างอิงในการยืนที่พื้น (ภาพ 2) เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อน

ของการวางเท้าของอาสาสมัครในการทดสอบในวันถัดไป จากนั้นจึงเริ่มทำการวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่าง

Smartphone application



ก) ขณะยืนตรง เริ่มต้น



ข) ในขณะก้มหลัง (Flexion)



ค) ในท่าแอ่นหลัง (Extension)

Double bubble inclinometers (DBI)



ก) ขณะยืนตรง เริ่มต้น



ข) ในขณะก้มหลัง (Flexion)



ค) ในท่าแอ่นหลัง (Extension)

ภาพ 2 การวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างด้วยเครื่อง Smartphone application และ Double bubble inclinometers โดย ก.) แสดงท่าเริ่มต้น โดยวางเครื่องที่ 1 ให้ตรงกับจุด T12 และเครื่องที่ 2 วางตรงกับ S1 ข.) ในท่าก้ม และ ค.) ในท่าแอ่นหลัง ขณะทดสอบ จะจับเครื่องวัดให้อยู่กับที่จนสุดช่วงการเคลื่อนไหวจึงหยุดวัด โดยอาสาสมัครจะยืนบนตำแหน่งเส้นอ้างอิงอ้างอิงบนพื้น (เส้นอ้างอิงระดับนิ้วโป้งเท้า ด้านในเท้า และส้นเท้าทั้งสองข้าง) ในขณะทำการวัด

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัย B และผู้วิจัย C ได้ทำการฝึกใช้แอปพลิเคชันวัดองศาการเคลื่อนไหวในสมาร์ทโฟน (Goniometer™) และการวัดด้วยวิธี DBI ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวขณะก้มหลังและแอ่นหลังส่วนล่างกับอาจารย์ทางกายภาพบำบัดนาน 16 ชั่วโมง (ฝึกวันละ 4 ชั่วโมง จำนวน 4 วัน) จนมีความชำนาญในการวัดรวมถึงการฝึกใช้คำสั่งให้อาสาสมัครเคลื่อนไหวในทิศทางก้มและแอ่นหลังก่อนการศึกษา และผู้วิจัย A ได้ฝึกหัดอ่านค่ามุมมองศาจากหน้าปัดเครื่อง DBI จนมีความชำนาญเช่นกัน (ผู้วิจัย A จะเป็นผู้บันทึกค่ามุมการวัดทั้งวิธี inclinometers และ กดปุ่มบันทึกค่าของสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน โดยหน้าจอเครื่องมือทั้ง 2 จะหันหน้าเข้าหาผู้วิจัย A เพื่อให้สามารถอ่านมุมได้สะดวกและในขณะวัดมุมมองศาการเคลื่อนไหว ผู้วิจัย B และผู้วิจัย C จะต้องมองไม่เห็นด้านหน้าเครื่องมือหรือจอมือถือ และในระหว่างการวัดจะไม่มีสนทนากันของคณะผู้วิจัย) นอกจากนี้ ภายในห้องวิจัยที่ทำการวัดเป็นห้องที่เงียบ แสงสว่างเพียงพอ และไม่มีแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ใกล้เคียงแปลงกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งอาจมีผลต่อการรบกวนการทำงานของแอปพลิเคชันเป็นต้น

การวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังด้วยสมาร์ทโฟน แอปพลิเคชัน (Goniometer™ smartphone application)

ในวันแรกของการทดสอบ เมื่อผู้วิจัย A ทำการคลำและทำสัญลักษณ์ที่ปุ่มสันหลัง T12 และ S1 เพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงและตำแหน่งการวางเท้าเสริมในท่ายืนตรงแล้ว จากนั้นผู้วิจัย B จะสาธิตพร้อมอธิบายการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องในทิศทางก้มและแอ่นหลัง 1 รอบให้อาสาสมัครได้รับทราบ รวมถึงการเคลื่อนไหวที่ไม่ควรให้เกิดขณะทำการทดสอบ เช่น เชางอ หมุนตัวขณะทดสอบ โดยเน้นและให้ความสำคัญกับการเคลื่อนไหวที่นุ่มนวล มั่นคงและไปให้สุดช่วงการเคลื่อนไหว ในท่าก้มหลังจะให้คำสั่งว่า “ก้มคอและก้มหลังช้าๆ ให้ได้การก้ม

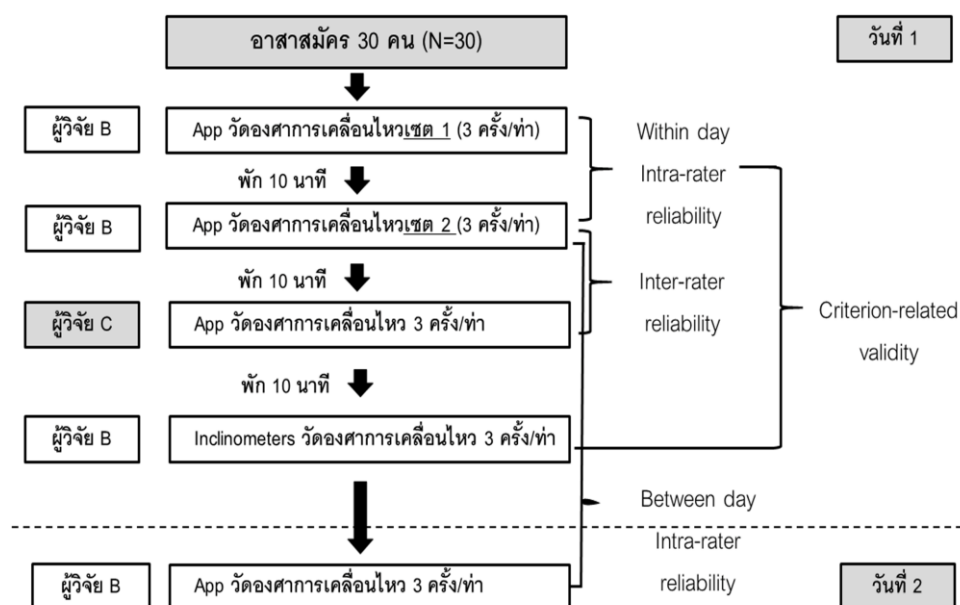
หลังมากที่สุดจนรู้สึกตึงบริเวณที่หลังหรือขาแล้วหยุด” โดยแขนอยู่ในลักษณะปล่อยตามสบาย ส่วนในท่าแอ่นหลังจะให้คำสั่งว่า “ให้แอ่นหลังจนรู้สึกตึงบริเวณหลังหรือขาแล้วหยุด” โดยแขนอยู่ในลักษณะกอดอก จากนั้นให้อาสาสมัครทำการเคลื่อนไหวทิศทางละ 1 ครั้ง และผู้วัดให้ข้อมูลย้อนกลับในการเคลื่อนไหว (ในกรณีที่อาสาสมัครก้มหลังได้ตึงพื้นห้อง จะให้ยืนบนแท่นเหล็กสูงที่มีความมั่นคง) เมื่ออาสาสมัครเข้าใจในการเคลื่อนไหวแล้ว ผู้วิจัย B วางสมาร์ทโฟนที่เปิดแอปพลิเคชันไว้บริเวณจุดที่ทำสัญลักษณ์ โดยสมาร์ทโฟนเครื่องที่ 1 อยู่ลักษณะตั้งตรง สันเครื่องแนบกับลำตัว โดยจุดกึ่งกลางวงกลมของหน้าปัดเครื่องจะวางตรงกับ T12 และสมาร์ทโฟนเครื่องที่ 2 จุดกึ่งกลางวงกลมของหน้าปัดวางตรงกับ S1 และทำการปรับค่าให้เป็น 0 องศาทั้ง 2 เครื่อง¹⁵ ผู้วิจัย B วัดองศาการเคลื่อนไหวในท่าก้มก่อนและจึงวัดในท่าแอ่นหลัง ขณะทดสอบจะจับสมาร์ทโฟนทั้ง 2 เครื่องให้อยู่กับที่จนสุดช่วงการเคลื่อนไหว (ภาพ 2) จากนั้นผู้วิจัย B จะเป็นผู้ส่งให้ผู้วิจัย A กดปุ่มหยุดวัดให้ และแอปพลิเคชันจะบันทึกข้อมูลให้เองอัตโนมัติ โดยมุมมองศาของการเคลื่อนไหวจะคำนวณจากค่าเครื่องสมาร์ทโฟนเครื่องที่ 2 ลบด้วยค่าสมาร์ทโฟนเครื่องที่ 1¹⁵ โดยอาสาสมัครทำท่าละ 3 ครั้งต่อเซต ระหว่างครั้งพัก 10 วินาทีในท่ายืนตรง^{24, 25} หลังการวัดองศาการเคลื่อนไหวผู้วิจัยจะให้อาสาสมัครนอนพักบนเตียง 10 นาที แล้วจึงทำการวัดซ้ำใหม่อีก 1 เซตโดยผู้วัดเป็นคนเดิม โดยจัดทำเริ่มต้นและทำตามขั้นตอนเหมือนเดิมทั้งหมด เพื่อหาค่า within-day intra-rater reliability จากนั้นผู้วัดจะให้อาสาสมัครนอนพักบนเตียง 10 นาที แล้วจึงทำการวัดซ้ำใหม่อีก 1 เซต โดยจัดทำเริ่มต้นและทำตามขั้นตอนเหมือนเดิมทั้งหมดแต่เปลี่ยนตัวผู้วัดองศาการเคลื่อนไหวเป็นผู้วิจัย C เพื่อหาค่า inter-rater reliability ทีมผู้วิจัยจะนัดให้อาสาสมัครกลับมาวัดอีกครั้งในวันที่ 2 โดยให้เวลาวัดใกล้เคียงเดิมและทำขั้นตอนการวัดแบบเดิมทั้งหมดจำนวน 1 เซต

โดยผู้วิจัย B เป็นผู้วัดองศาการเคลื่อนไหว เพื่อหาค่า between-day intra-rater reliability โดยผู้วิจัย B และผู้วิจัย C จะถูกปกปิดผลการวัดองศาการเคลื่อนไหว (blinded assessor) และผู้วิจัยทั้ง 2 คนจะไม่อยู่ในห้องพร้อมกันในขณะวัด

การวัดด้วย Double bubble inclinometers (DBI method)

ในวันแรกหลังจากที่ทำการวัดด้วยแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนเสร็จแล้ว ผู้วิจัย A จะให้อาสาสมัครนอนพักบนเตียง 10 นาที และจัดให้อาสาสมัครยืนตรงตามตำแหน่งอ้างอิงของเท้าของอาสาสมัครแต่ละคน จากนั้นผู้วิจัย B จะทำหน้าที่ในการวัดด้วยวิธี DBI โดยสาธิตการเคลื่อนไหวในทิศทางก้มและแอ่นหลัง 1 รอบ พร้อมอธิบายการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องให้อาสาสมัครได้รับทราบเช่นเดียวกันกับวิธีการวัดด้วยสมาร์ทโฟน เมื่ออาสาสมัครเข้าใจในการเคลื่อนไหวแล้ว ผู้วิจัย B จะวางเครื่อง DBI ที่ได้เตรียมไว้บริเวณจุดที่ทำ

สัญลักษณ์เช่นเดียวกันกับวิธีการวัดด้วยสมาร์ทโฟน¹⁵ ผู้วิจัยจะให้วัดการเคลื่อนไหวในท่าก้มก่อนและจึงวัดในท่าแอ่นหลัง ขณะทดสอบผู้วัดจะจับ DBI ทั้ง 2 เครื่องให้อยู่กับที่จนสุดการเคลื่อนไหว (ภาพ 2) จากนั้นผู้วิจัย B จะเป็นผู้สั่งให้ผู้วิจัย A ทำการอ่านค่ามุมองศาและจดบันทึกค่าองศาจากเครื่อง Bubble inclinometers เพื่อเป็นการปกปิดไม่ให้ผู้วิจัย B ทราบผลการวัด (blinded assessor) โดยมุมมองศาของการเคลื่อนไหวจะคำนวณจากค่า Bubble inclinometer เครื่องที่ 2 ลบด้วยค่าเครื่องที่ 1¹⁵ อาสาสมัครทำท่าละ 3 ครั้งต่อเซต ระหว่างครั้งพัก 10 วินาที นำค่าที่ได้มาหาค่าความตรง (Validity) ระหว่างการวัดด้วยแอปพลิเคชันกับ DBI เมื่อการวัดเสร็จสิ้นแล้วผู้วิจัยจะสอบถามอาการ หรือความผิดปกติต่างๆ ของอาสาสมัครอีกครั้ง และเช็คสัญลักษณ์ที่ปุ่มสันหลัง T12 และ S1 ออกด้วย 70% แอลกอฮอล์จนสะอาด จึงให้อาสาสมัครกลับ ดังภาพสรุปขั้นตอนลำดับการวัด (ภาพ 3)



ภาพ 3 สรุปลำดับขั้นตอนการเก็บข้อมูลของการศึกษานี้ ซึ่งประกอบด้วย 1. ทดสอบค่าความเชื่อมั่นภายในตัวผู้ประเมินในการวัดซ้ำภายในวันเดียวกัน (Within-day Intra-rater reliability) 2. ค่าความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำระหว่างวันของผู้วัดคนเดียว (Between-day intra-rater reliability) ของสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน วัดมุมมองศาการเคลื่อนไหวของหลัง 3. ค่าทดสอบค่าความเชื่อมั่นระหว่างตัวผู้ประเมินต่างคน (Inter-rater reliability) และ 4. ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของการวัด (Criterion-related validity) ระหว่างสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน (Smartphone application, App) เทียบกับเครื่อง Double bubble inclinometers (DBI) โดยใช้ค่าความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้ประเมินเซต 1 ในการคำนวณ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม SPSS Version 17 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครจะถูกรายงานเป็น ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) และเพศจะรายงานเป็นร้อยละ (%) ของกลุ่มตัวอย่าง อาสาสมัคร ข้อมูลถูกทดสอบการกระจายปกติด้วย Kolmogorov-Smirnov test ทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (ICC_{3,3}) เพื่อทดสอบค่า Within-day และ Between-day intra-rater reliability ของ สมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันวัดมุมองศาการเคลื่อนไหวของ หลัง และใช้สถิติ ICC_{2,3} ทดสอบค่า inter-rater reliability โดยถ้าค่า ICC < 0.50 ถือว่ามีค่าความเชื่อมั่นของการวัดในระดับต่ำ ค่า ICC 0.50 – 0.74 ถือว่ามีค่าความเชื่อมั่นของการวัดในระดับปานกลาง ค่า ICC 0.75 – 0.90 ถือว่ามีค่าความเชื่อมั่นของการวัดในระดับสูง ค่า ICC > 0.90 ถือว่ามีค่าความเชื่อมั่นของการวัดในระดับสูงมาก^{26, 27} การหาค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้ (Minimal detectable change: MDC) ซึ่งคำนวณได้จากการหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (standard error of measurements: SEMs) ดังสมการ $MDC_{95\% \text{ Confidence level}} = SEMs \times 1.96 \times \text{square root of } 2$ โดย SEMs เท่ากับ $SD_{\text{pooled}} \times \text{square root of } 1 - ICC$ ^{26, 27} ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผัน (coefficient of variation; CV) หาได้จาก $\% CV = (SD / \text{Mean}) \times 100$ ^{26, 28} อย่างไรก็ตาม จากค่า SEMs และ MDC เป็นค่าข้อมูลที่สำคัญที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงของการวัด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนปกติที่ยอมรับได้ของการวัด ค่า SEMs ไม่ควรเกิน 5% และ ค่า%CV ไม่ควรเกิน 15%^{26,29} ค่า 95% Repeatability coefficient (R_c) คำนวณจากสูตร $R_c = 1.96 \times \text{square root of } 2 \times (\text{within subject SD})$ ²⁸ ค่า Criterion-related validity ระหว่างสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันเทียบกับเครื่อง DBI ใช้การทดสอบด้วยสถิติเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient; r) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่า

0.90-1.00 คือ ความสัมพันธ์กันสูงมาก, 0.70 - 0.89 คือความสัมพันธ์กันในระดับสูง, 0.50 - 0.69 คือความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง และ < 0.50 คือความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ³⁰ กราฟ Bland-Altman plots ใช้บ่งบอกปริมาณความแตกต่างของมุมมองศาการเคลื่อนไหวของสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันกับเครื่อง DBI โดยค่า 95% Limit of agreement (LOA) คำนวณจากสูตร $\text{Mean difference} \pm 1.96 \times SD$ ²⁸ และใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (ICC model Two-way mixed-effect, absolute agreement model, ความเชื่อมั่น 95%)³¹ เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องกัน สมบูรณ์ของสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันเทียบกับเครื่อง Double bubble inclinometers

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร

อาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกจำนวน 30 คน (n=30, 100%) เป็นเพศชาย 11 คน (36.70%) และเพศหญิง 19 คน (63.30%) และยินยอมให้ความร่วมมือในการวิจัย โดยอาสาสมัครมีช่วงอายุเฉลี่ย 21.43 ± 0.68 ปี (Min, Max = 20, 23) น้ำหนักเฉลี่ย 59.65 ± 11.87 กิโลกรัม (Min-Max = 38, 84) ส่วนสูงเฉลี่ย 164.23 ± 9.02 เซนติเมตร (Min, Max = 152, 183) และค่าดัชนีมวลกาย 22.02 ± 3.65 กิโลกรัม/เมตร² (Min, Max = 15.8, 29.4)

การทดสอบค่าความเชื่อมั่นของการวัดและค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของการวัด

ผลการทดสอบทางสถิติพบว่า ค่าความเชื่อมั่น Within-day Intra-rater reliability ของสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันมีค่าความเชื่อมั่นการวัดในระดับสูงมากทั้งในท่าก้มหลัง (ICC_{3,3} = 0.97) และท่าแอ่นหลัง (ICC_{3,3} = 0.93) และค่าความเชื่อมั่น between-day intra-rater reliability อยู่ในระดับสูงมากในท่าก้มหลัง (ICC_{3,3} = 0.95) และท่าแอ่นหลัง (ICC_{3,3} = 0.90) ผลการทดสอบค่าความเชื่อมั่น Inter-rater reliability เมื่อใช้สมาร์ทโฟน

แอปพลิเคชันพบว่ามีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูงมาก ในท่าก้มหลัง ($ICC_{2,3}=0.96$) และท่าแอ่นหลัง ($ICC_{2,3}=0.91$) (ตาราง 1) และผลการทดสอบค่า Criterion-related validity ด้วยค่า Pearson correlation coefficient ระหว่างสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันกับวิธี DBI ของการก้มหลังและแอ่นหลัง พบว่ามีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับสูงมากทั้งในท่าก้มหลังและแอ่นหลัง ($r = 0.95, 0.96$ ตามลำดับ) และพบค่า ICC (Two-way mixed effect model, absolute agreement) ระหว่างเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดในท่าก้มหลังมีค่า ICC เท่ากับ 0.95 (95% CI=0.71-0.98, SEMs =1.34, %SEMs =3.75%, MDC=3.71%, %CV=17.16%) และท่าแอ่นหลังเท่ากับ 0.94 (95% CI=0.94-0.98, SEMs =0.86, %SEMs = 5.76%, MDC=2.38, % CV=30.31%) ซึ่งแสดงถึงความเชื่อมั่นของการวัดมีความสอดคล้องกันของเครื่องมือทั้ง 2 วิธี อย่างไรก็ตาม พบค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดและร้อยละความแปรผันของการวัดมีค่าเกินกว่าระดับมาตรฐานที่ยอมรับได้โดยเฉพาะท่าแอ่นหลัง นอกจากนี้ จากกราฟ Bland-Altman plots ซึ่งการศึกษานี้ใช้ทดสอบค่าการยอมรับ (agreement) ของการวัดซ้ำระหว่างเครื่องมือ 2 วิธี (สมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันและเครื่อง DBI) ซึ่งพบค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (mean difference) ของเครื่องมือทั้ง 2 วิธีในท่าก้มหลังเท่ากับ -1.81 องศา (สมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันได้ค่ามุมต่ำกว่า DBI เล็กน้อย) และท่าแอ่นหลังเท่ากับ 0.05 องศา โดยมีช่วงขีดจำกัดความเห็นตรงกันของค่าเฉลี่ยความแตกต่างของทั้ง 2 วิธีที่ความเชื่อมั่น 95% (95% LOA) ในขณะท่าก้มหลังอยู่ในช่วงระหว่าง 2.08 ถึง -5.71 องศา และในท่าแอ่นหลังจะอยู่ในช่วงระหว่าง 2.93 ถึง -2.84 องศา โดยพบว่ามีข้อมูล 2 ใน 30 ค่าของการวัดซ้ำของทั้ง 2 วิธี (6.67%) ที่ไม่ตกอยู่ในช่วง 95% LOA ในท่าก้มหลัง และ 3 ใน 30 ค่าของการวัดซ้ำทั้ง 2 วิธี (10.00%) ที่ไม่ตกอยู่ในช่วง 95% LOA ในท่าแอ่นหลัง (ภาพ 4) เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การวัดซ้ำ (R_c) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างการวัด

จากการวัดซ้ำภายในคนเดิมที่อยู่ในระดับความน่าจะเป็น 95% ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกราฟ Bland and Altman ในการศึกษาพบว่าค่าการก้มหลังและแอ่นหลังมีค่า R_c ต่ำและใกล้เคียงกันทั้งภายในตัวผู้วัดคนเดิมภายในวันเดียวกันและระหว่างวันและระหว่างตัวผู้วัดต่างคน (ตาราง 1) รวมถึงการวัดซ้ำระหว่างเครื่องมือ 2 วิธี (ท่าก้มหลัง $R_c=5.38$, แอ่นหลัง $R_c=3.44$) โดยพบค่า R_c ที่ต่ำจะแสดงถึงความสามารถในการทำซ้ำ (Reproducibility) ที่ดี²⁸

บทวิจารณ์

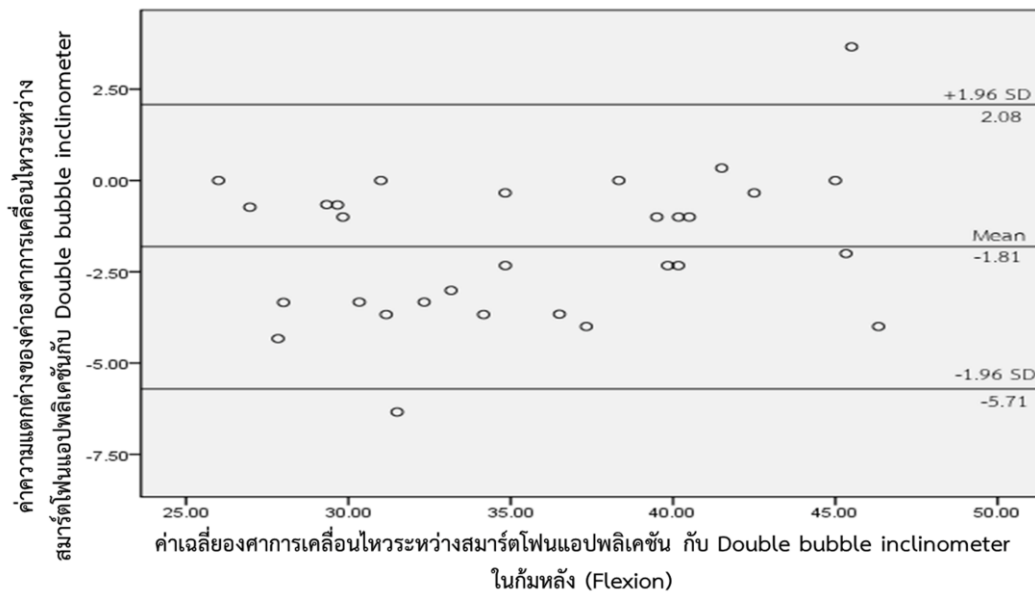
จากการศึกษานี้พบว่าค่าองศาการเคลื่อนไหวขณะก้มและแอ่นหลังเมื่อวัดด้วยสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันได้ค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวอยู่ในช่วงเกณฑ์การเคลื่อนไหวปกติ¹⁷ และได้ค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวของการก้มหลังที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมา²⁴ และได้ค่าแอ่นหลังใกล้เคียงกับการศึกษาของ Pourahmadi ในปีค.ศ. 2016¹² (โดยทั้งสองการวิจัยวัดด้วย iPhone application) จากผลการศึกษาพบว่าค่าความเชื่อมั่นของการวัดซ้ำในผู้วิจัยคนเดิมด้วยการใช้สมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันในท่าก้มหลังและแอ่นหลังอยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑามาศ สุตญตังใจ และคณะในปี พ.ศ. 2559 ได้ทำการทดสอบความเชื่อมั่นของการวัดด้วยแอปพลิเคชันในไอโฟน (Goniometer G-pro™) บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอวในทิศทางก้มหลัง พบว่ามีความเชื่อมั่นของการวัดอยู่ในระดับสูงมาก²⁴ และจากงานวิจัยของ Pourahmadi และคณะในปี ค.ศ. 2016 ได้ทำการหาความเชื่อมั่นของการวัดของการวัดซ้ำในไอโฟนแอปพลิเคชัน (TiltMeter™) ต่อการวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างในท่าก้มหลังและแอ่นหลังมีความเชื่อมั่นของการวัดอยู่ในระดับสูงมากเช่นกัน¹² โดยค่า SEMs และ MDC ที่มีขนาดเล็กเป็นข้อมูลที่สำคัญในการบอกถึงความคลาดเคลื่อนของการวัด (Measurement error) ที่น้อย และการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญได้ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของ

ตาราง 1 ผลการทดสอบค่าความเชื่อมั่นภายในตัวผู้ประเมินในการวัดซ้ำภายในวันเดียวกัน (Within-day intra-rater reliability) ค่าความเชื่อมั่นของการวัดซ้ำระหว่างวันของผู้วัดคนเดิม (Between-day intra-rater reliability) และค่าความเชื่อมั่นระหว่างตัวผู้ประเมินต่างคน (Inter-rater reliability) ของสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน ในท่าก้มหลังและท่าแอ่นหลัง

ROM	Parameters	Intra – rater reliability (Within-day)	Intra – rater reliability (Between-day)
Lumbar flexion	Mean	34.20°	34.32°
	SD	6.10	5.91
	ICC _{3,3} (95%CI)	0.970 (0.938,0.986)	0.951 (0.897, 0.977)
	SEMs (%SEMs)	1.06° (3.09%)	1.31° (3.82%)
	MDC _{95%}	2.94°	3.63°
	CV (%)	17.84	17.22
	R _C	5.51	6.54
	95% LOA (Lower, Upper)	-3.00°, 5.15°	-4.19°, 5.88°
Lumbar extension	Mean	14.68°	15.07°
	SD	2.35	4.53
	ICC _{3,3} (95%CI)	0.937 (0.867, 0.970)	0.909 (0.809, 0.957)
	SEMs (%SEMs)	0.59° (4.02%)	1.37° (9.09%)
	MDC _{95%}	1.64°	3.80°
	CV (%)	16.01	30.06
	R _C	5.71	7.08
	95% LOA (Lower, Upper)	-4.09°, 4.56°	-5.70°, 4.63°

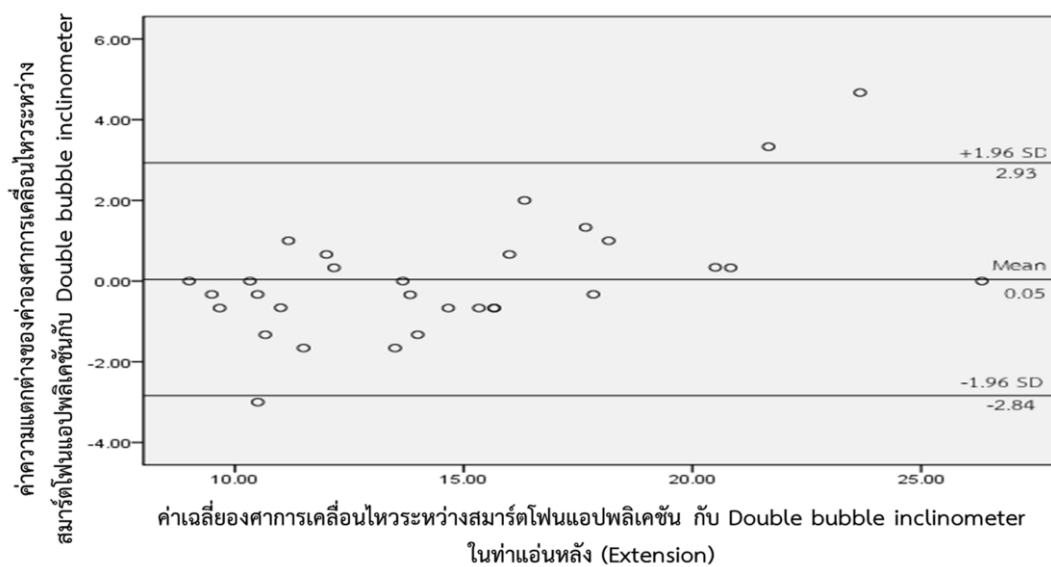
Parameters	ROM Lumbar flexion (Inter-rater reliability)	ROM Lumbar extension (Inter-rater reliability)
Mean	34.20°	14.48°
SD	6.27	4.34
ICC _{2,3} (95%CI)	0.964 (0.904, 0.984)	0.914 (0.819, 0.959)
SEMs (%SEMs)	1.19° (3.48%)	1.27° (8.77%)
MDC _{95%}	3.30°	3.52°
CV (%)	18.34	29.97
R _C	6.03	6.05
95% LOA (Lower, upper)	-3.13°, 5.35°	-4.13°, 5.39°

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย (Mean), ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ICC), ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error of measurements: SEMs), %SEMs = SEMs/mean x100, ค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (Minimum detectable change: MDC 95% CI), สัมประสิทธิ์ของความแปรผัน (Coefficient of variation: CV), สัมประสิทธิ์การวัดซ้ำ (95% repeatability coefficient: R_C), Bland-Altman plots with 95% limits of agreement (95% LOA with upper border, 95% LOA with lower border)



ก. ท่าก้มหลัง

(Lumbar flexion, Pearson correlation coefficient, $r = 0.95$, $P = 0.01$; ICC=0.95)



ข. ท่าแอ่นหลัง

(Lumbar extension, Pearson correlation coefficient, $r = 0.96$, $P = 0.01$; ICC=0.94)

รูปที่ 4 แสดงกราฟ Bland-Altman plots ความแตกต่างเฉลี่ย (Mean difference) ของมุมองศาการเคลื่อนไหวของ
สมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันและ Double bubble inclinometers ค่าขอบบนของค่าจำกัดความสอดคล้อง (The
upper limit of agreement of 95% LOA) และขอบล่างของค่าจำกัดความสอดคล้อง (The lower limit of
agreement of 95% LOA) ใน ก. ท่าก้มหลัง (Lumbar flexion) และ ข. ท่าแอ่นหลัง (Lumbar extension)

เครื่องมือหรือการวัดซ้ำที่มีความน่าเชื่อถือสูง ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างในท่าก้มและแอ่นหลังมีค่า SEMs และ $MDC_{95\%}$ ที่คำนวณได้มีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยขององศาการเคลื่อนไหวที่วัดได้ และมีค่าน้อยกว่าการศึกษาก่อนหน้านี้^{12, 24} ซึ่งบ่งบอกถึงความผิดพลาด (Error) ที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการวัดที่น้อยกว่า ดังนั้น จึงแสดงให้เห็นว่าการวัดองศาการเคลื่อนไหวด้วยสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่ได้รับการฝึกหัดใช้นาน 16 ชั่วโมงมีความเชื่อมั่นของการวัดมากเพียงพอในการนำแอปพลิเคชันนี้ไปประยุกต์ใช้ในการประเมินวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างได้ นอกจากนี้ การวัดองศาการเคลื่อนไหวด้วยสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันมีค่า % SEMs ระหว่าง 3.09% ถึง 4.02% (%SEMs ไม่เกิน 5%) ซึ่งถือว่ายังอยู่ในค่าปกติที่ยอมรับได้ (acceptable reliability) ยกเว้นค่า intra-rater reliability (between-day) ของท่าแอ่นหลัง และ inter-rater reliability ของท่าแอ่นหลัง ทั้งนี้เนื่องจากในการแอ่นหลังเป็นท่าทางที่ไม่ค่อยคุ้นเคยในชีวิตประจำวันอาจทำให้เกิดผลต่อมุมองศาในการวัดที่อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้มากกว่าการก้มตัวซึ่งเป็นท่าทางที่ใช้บ่อยในการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน^{8,15} และมุมการแอ่นหลังมีช่วงการเคลื่อนไหวที่แคบเมื่อเทียบกับการก้มหลัง นอกจากนี้ อาจเกิดจากตัวผู้วัดที่จะต้องย่อตัวลงขณะวัดร่วมกับจับเครื่องและออกแรงกดให้ตั้งฉากบนตัวอาสาสมัคร 2 เครื่องตลอดช่วงการเคลื่อนไหวในขณะแอ่นหลังซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่อมุมการวัดในท่าแอ่นหลังได้³² และมีผลต่อค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและขนาดการกระจายตัวของการวัดมุมองศาที่มากกว่าค่าปกติที่ยอมรับได้ (%CV เกิน 15%) โดยพบขนาดการกระจายตัวข้อมูลในท่าแอ่นหลังสูงกว่าในท่าก้มหลังโดยเฉพาะการวัดซ้ำระหว่างวันและระหว่างผู้วัดต่างคน ดังนั้น จึงอาจเป็นข้อจำกัดของการวัดด้วยวิธีนี้ (Double smartphones method) อย่างไรก็ตาม การวัด

องศาการเคลื่อนไหวด้วยสมาร์ทโฟนในการศึกษานี้มีค่า MDC ในช่วงที่แคบโดยเฉพาะค่าวัดซ้ำภายในวันเดียวกันและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ICC) ในระดับสูงมาก ดังนั้น ในการประยุกต์ใช้เพื่อการตรวจประเมินวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังด้วยสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันจึงควรเป็นผู้วัดคนเดิมเสมอเพื่อให้ได้ความน่าเชื่อถือระดับสูงของการวัดองศาการเคลื่อนไหวในการนำไปใช้ทางคลินิก

ค่า between-day intra-rater reliability ของการใช้สมาร์ทโฟนวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังพบว่ามีความเชื่อมั่นของการวัดในระดับสูงมากทั้งท่าก้มและท่าแอ่นหลังเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pourahmadi และคณะในปี ค.ศ. 2016 ได้ทำการหาความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้ประเมินระหว่างวันในท่าก้มหลัง พบว่ามีความเชื่อมั่นของการวัดอยู่ในระดับสูงมากและในท่าแอ่นหลังมีค่าอยู่ในระดับสูง¹² อย่างไรก็ตามจากการหาค่า SEMs และ MDC ของงานวิจัยในครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า¹² ซึ่งบ่งบอกถึงว่าการใช้สมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันในการศึกษานี้มีความผิดพลาดจากการวัดและคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่า ดังนั้น การวัดด้วยสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันของการศึกษานี้จึงมีความเชื่อมั่นของการวัดซ้ำในระดับสูงมากและสามารถใช้ตรวจประเมินและการติดตามผลการวัดมุมองศาการเคลื่อนไหวของหลังระหว่างวันได้ (Between-day) อย่างไรก็ตาม ความคลาดเคลื่อนของการวัดมุมองศาด้วยวิธีนี้อาจเกิดขึ้นได้ถ้าหากผู้วัดไม่ได้ฝึกหัดการคลำปุ่มตำแหน่งกระดูกสันหลังจนชำนาญ การออกแรงกดเครื่องมือถือให้แนบกับผิวหนังตรงบริเวณกระดูกสันหลังที่ทำเครื่องหมายไว้ขณะวัดตลอดเวลา รวมถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น อายุ ความหนาของชั้นไขมัน และท่าที่ใช้ในการวัด เป็นต้น ซึ่งพบว่ามีผลต่อค่าความเชื่อมั่นของการวัดซ้ำได้^{12,13,25}

ผล การ ศี ก ษ า นี พ บ ว่า มี ค ่า Inter-rater reliability ในท่าก้มหลังและแอ่นหลังมีค่าความเชื่อมั่น

ของการวัดซ้ำอยู่ในระดับสูงมาก อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันนี้มีค่าความเชื่อมั่นของการวัดระดับสูงกว่าการศึกษาของ Pourahmadi และคณะในปี ค.ศ. 2016 ที่ทำการศึกษาด້ายกันแต่ใช้ iPhone application (TiltMeter™) ซึ่งได้ความเชื่อมั่นของการวัดระหว่างผู้ประเมินในท่าก้มหลังและแอ่นหลังมีค่าอยู่ในระดับสูง¹² ทั้งนี้อาจเนื่องจากใช้ระบบปฏิบัติการของสมาร์ตโฟนและโปรแกรมสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันที่แตกต่างกัน นอกจากนี้รูปแบบการวัดของการศึกษานี้ใช้สมาร์ตโฟน 2 เครื่องวัดพร้อมกันขณะเคลื่อนไหวแต่ของ Pourahmadi และคณะในปี ค.ศ. 2016 ทำการวัดโดยใช้สมาร์ตโฟน 1 เครื่อง แต่ทำการวัด 2 ครั้งในแต่ละจุดตำแหน่งอ้างอิง ซึ่งอาจจะเป็นเหตุผลที่ทำให้การศึกษาครั้งนี้มีค่าความผิดพลาดของการวัด (SEMs, MDC) ที่น้อยกว่า

ค่า Criterion-related validity พบว่าสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันของการศึกษานี้ได้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ในท่าก้มและแอ่นหลังอยู่ในระดับสูงมาก ($r = 0.95, 0.96$ ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับ DBI ที่มีค่าความเที่ยงและความแม่นยำสูงในการวัดมุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pourahmadi และคณะในปี ค.ศ. 2016 ที่ทดสอบค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ระหว่างไอโฟนแอปพลิเคชันชื่อ "TiltMeter™" กับเครื่อง Gravity-based inclinometer พบว่ามีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์กันระดับสูงในท่าก้มและระดับสูงมากในท่าแอ่นหลัง ($r = 0.85, 0.91$ ตามลำดับ) และ Kolber และคณะในปี ค.ศ. 2013 ทำการศึกษาการวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างด้วย Bubble inclinometer เทียบกับ iHandy™ level Application ในไอโฟน พบว่ามีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์กันระดับสูงมากเช่นกันในท่าก้มและแอ่นหลัง ($r = 0.98, 0.91$ ตามลำดับ)¹³ ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันในการศึกษานี้กับเครื่อง DBI มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในระดับสูงมากในการวัดองศาการ

เคลื่อนไหวในท่าก้มและแอ่นหลังในผู้ที่ไม่มีอาการปวดหลัง และยังพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างเครื่องมือทั้ง 2 วิธี (ICC, Two-way mixed effect model, absolute agreement) ในท่าก้มหลังและท่าแอ่นหลัง มีค่าระดับความเชื่อมั่นและความสอดคล้องกันในระดับสูงมากอีกด้วย (ICC, flexion = 0.95 และ extension = 0.94) จากกราฟ Bland Altman plot ที่ใช้เพื่อบอกปริมาณความแตกต่างของมุมองศาการเคลื่อนไหวของวิธีสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันกับเครื่อง DBI พบว่าในท่าก้มหลังและแอ่นหลังมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของการวัดทั้ง 2 วิธีที่น้อยมาก (-1.81 องศา, 0.05 องศา ตามลำดับ) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่าง 2 วิธีที่มีค่าใกล้ค่า 0 (ไม่แตกต่างกันของทั้ง 2 วิธี) นอกจากนี้ ค่า 95% LOA ของค่าเฉลี่ยความแตกต่างของทั้ง 2 วิธี พบว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีการกระจายที่ดีและข้อมูลส่วนใหญ่ (มากกว่า 90%) ของการวัดระหว่าง 2 วิธี และระหว่างการทำซ้ำภายในผู้วัดคนเดิมมีค่าตกอยู่ในช่วงของ 95% LOA ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันในการศึกษานี้มีความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ในระดับสูงมากและการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ดี (good agreement) เมื่อเทียบกับ DBI ทั้งในท่าก้มและแอ่นหลังและองศาการเคลื่อนไหวที่วัดได้ของทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันที่น้อยมาก ดังนั้นจึงอาจนำสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันนี้มาประยุกต์ใช้แทนการวัดด้วย Bubble Inclinometer ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังในท่าก้มและแอ่นหลังได้

ในการศึกษาครั้งนี้ สมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันมีค่าระดับความเชื่อมั่นของการวัดสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจาก 1) ผู้วิจัยได้ฝึกหัดวัดองศาการเคลื่อนไหวจนมีความชำนาญในการใช้เครื่องมือทั้งสองชนิดก่อนการศึกษา 2) ผู้วิจัยได้ค่าความเชื่อมั่นของการคลำกระดูกสันหลังก่อนการเก็บข้อมูลวิจัยอยู่ในระดับสูงมาก 3) ขณะเก็บข้อมูลวิจัยผู้วิจัยได้ทำสัญลักษณ์ตำแหน่งการวางเท้าให้เป็นตำแหน่งอ้างอิงเดียวกันทั้งสองวัน เพื่อให้อาสาสมัครยืนอยู่ในตำแหน่งเดิมและลดความ

คลาดเคลื่อนในการวัดองศาการเคลื่อนไหว 4) ห้องที่ทำการวิจัยมีลักษณะโล่งและไม่มีแหล่งกำเนิดคลื่นสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวน เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า³³ 5) องศาการเคลื่อนไหวในสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันในการศึกษานี้จะทำการบันทึกค่าโดยอัตโนมัติเมื่อกดปุ่มหยุดที่หน้าจอเครื่องโดยไม่ต้องอ่านค่าที่เข็มวัดที่หน้าปัด และ 6) การศึกษานี้ใช้การวัดด้วยสมาร์ทโฟน 2 เครื่องพร้อมกันเพื่อเลียนแบบวิธี DBI ที่วัดองศาการเคลื่อนไหวไปพร้อมกันขณะเคลื่อนไหวหลัง ซึ่งต่างจากการศึกษาก่อนหน้าที่ใช้สมาร์ทโฟน หรือ Bubble inclinometers เพียง 1 เครื่องแต่ทำการวัด 2 ครั้ง^{12,13} ผลการวิจัยในครั้งนี้แนะนำว่าในการวัดองศาการเคลื่อนไหวด้วยสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันควรมีการฝึกฝนจนชำนาญก่อนการใช้งาน ควรฝึกคลำกระดูกสันหลังให้มีความแม่นยำ และควรจัดตำแหน่งในการวางเท้า เช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งจะมีผลทำให้การวัดองศามีความ reliability และ criterion-related validity อยู่ในระดับความเชื่อมั่นที่สูงมาก ในการนำไปใช้ทางคลินิกควรมีการเช็ดและทำความสะอาดขอบของสมาร์ทโฟนให้สะอาดก่อนใช้งานเสมอ นอกจากนี้ ขนาดหน้าจอของสมาร์ทโฟนที่มีขนาดใหญ่อาจจะมีผลต่อการจับถือที่ไม่ถนัดในขณะวัดองศาการเคลื่อนไหวได้ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อค่ามุมมององศาการเคลื่อนไหวได้ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้สมาร์ทโฟนที่มีขนาดเหมาะสมกับมือของผู้วัด

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะของการวิจัย

- 1) การใช้แอปพลิเคชันการวัดองศาการเคลื่อนไหวในการศึกษานี้ต้องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สาย (WiFi) เพื่อใช้เก็บข้อมูลองศาการเคลื่อนไหวในขณะวัดเสมอ รวมถึงผู้วิจัยยังสามารถเรียกดูผลการวัดได้ตลอดเวลาขณะใช้ application นี้ได้
- 2) การศึกษานี้ทำการศึกษาเฉพาะในผู้ที่ไม่มีอาการปวดหลังส่วนล่าง จึงควรมีการศึกษาในผู้ที่ปวดหลังในการศึกษาต่อไป
- 3) การศึกษาครั้งนี้วัดช่วงองศาการเคลื่อนไหวเฉพาะช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนไหว (End of range) ซึ่งใน

การศึกษารั้งต่อไปอาจทำการศึกษาในช่วงการเคลื่อนไหวอื่นๆ เช่น Middle range

- 4) อาสาสมัครในการศึกษานี้ยังอยู่ในช่วงวัยรุ่น (อายุ 21-23 ปี) จึงยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันนี้จะมีค่าความเชื่อมั่นของการวัดในระดับสูงมากในช่วงอายุอื่นๆ หรือไม่ เพราะช่วงอายุที่เพิ่มขึ้นอาจมีผลต่อการเคลื่อนไหวของหลังที่ลดลง³⁴

- 5) การศึกษานี้วัดเฉพาะในท่าก้มหลังและแอ่นหลังส่วนล่างเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากการก้มและแอ่นหลังเป็นการเคลื่อนไหวหลักของข้อต่อกระดูกสันหลังส่วนล่าง³⁵ ดังนั้น การศึกษาในครั้งต่อไปจึงควรทำการวัดในทิศทางเอียงตัวและการหมุนตัวต่อไป

- 6) การเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังส่วนล่างที่มีช่วงองศาการเคลื่อนไหวที่ไม่กว้างมากเมื่อเทียบกับข้อต่ออื่นๆ เช่น ข้อเข่า, กระดูกสันหลังส่วนคอ อาจทำให้การวัดองศาการเคลื่อนไหวครั้งนี้มีค่าความผิดพลาดที่น้อย

- 7) การศึกษานี้ไม่ได้เทียบกับการวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังระหว่างสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันกับภาพถ่ายรังสีที่จัดเป็นวิธีมาตรฐานในการวัดมุมองศา ซึ่งในการศึกษารั้งต่อไปควรมีการเปรียบเทียบเพิ่ม อย่างไรก็ตาม การศึกษาก่อนหน้านี้มีการรายงานว่าการวัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังเมื่อเทียบกับภาพถ่ายรังสี¹⁵

- 8) ในการศึกษาครั้งนี้วัดด้วยวิธีใช้สมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน 2 เครื่องในการวัดพร้อมกัน ซึ่งอาจทำให้การนำไปใช้ทางปฏิบัติงานจริงจำเป็นต้องมีผู้ช่วยกดปุ่มบันทึกค่าขณะวัดช่วงการเคลื่อนไหว เพื่อให้ได้ค่าที่มีความน่าเชื่อถือในการวัดมุมองศา

สรุปผลงานวิจัย

การศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าแอปพลิเคชันวัดองศาการเคลื่อนไหว Goniometer™ ในสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีความเชื่อมั่นในการวัดซ้ำ ค่าความเชื่อมั่นในการวัดความสอดคล้องระหว่าง 2 วิธี ในระดับสูงมาก และค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ในขณะยืนก้มตัวและยืนแอ่นตัวที่ระดับสูงมากเช่นกัน

ในอาสาศาสตร์ที่ไม่มีอาการปวดหลัง ดังนั้น แอปพลิเคชันวัดองศาการเคลื่อนไหวนี้จึงมีความเชื่อมั่นของการวัดเพียงพอที่จะเป็นวิธีการหนึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้วัดองศาการเคลื่อนไหวของหลังในท่าก้มและแอ่นหลังในทางคลินิก เพื่อวัดค่าความคลาดเคลื่อนจากการเคลื่อนไหวที่มุมการก้มและแอ่นหลัง รวมถึงการตรวจติดตามผลองศาการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังส่วนเอวได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุนทั้งสถานที่และงบประมาณ จากคณะสหเวชศาสตร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี และสุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณวิศวกรคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 ท่านอย่างสูง คือ คุณชนาธิป ขาวนวล และคุณพิษณุพัฒน์ มีพยุ่ง ที่ได้เสียสละเวลาในการสร้างแอปพลิเคชันวัดองศาการเคลื่อนไหวจนสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีเยี่ยม

เอกสารอ้างอิง

1. Chou R, Qaseem A, Snow V, Casey D, Cross JT, Shekelle P, et al. Diagnosis and treatment of low back pain: a joint clinical practice guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society. *Ann Intern Med.* 2007;147(7):478-91.
2. Yiengprugsawan V, Hoy D, Buchbinder R, Bain C, Seubsman SA, Sleight AC. Low back pain and limitations of daily living in Asia: longitudinal findings in the Thai cohort study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):19.
3. Hooten WM, Cohen SP. Evaluation and treatment of low back pain: A clinically focused review for primary care specialists. *Mayo Clin Proc.* 2015;90(12):1699-718.
4. Marras WS, Parnianpour M, Ferguson SA, Kim JY, Crowell RR, Bose S, Simon SR. The classification of anatomic and symptom based low back disorders using motion measure models. *Spine.* 1995;20:2531-46.
5. Waddell G. Evaluation of results in lumbar spine surgery. Clinical outcome measures-assessment of severity. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1993;251:134-7.
6. Vaisy M, Gizzi L, Petzke F, Consmüller T, Pfingsten M, Falla D. Measurement of lumbar spine functional movement in low back pain. *Clin J Pain.* 2015;31(10):876-85.
7. Sadler SG, Spink MJ, Ho A, De Jonge XJ, Chuter VH. Restriction in lateral bending range of motion, lumbar lordosis, and hamstring flexibility predicts the development of low back pain: a systematic review of prospective cohort studies. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):179.
8. Atya AM. The validity of spinal mobility for prediction of functional disability in male patients with low back pain. *J Adv Res.* 2013;4(1):43-9.
9. Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther.* 1987;67(12):1867-72.
10. Chleboun GS, Amway MJ, Hill JG, Root KJ, Murray HC, Sergeev AV. Measurement of segmental lumbar spine flexion and extension using ultrasound imaging. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42(10):880-5.

11. Nancy BR, editor. Joint range of motion and muscle length testing. 2nd ed. St. Louis, MO: W.B. Saunders Co.; 2010.
12. Pourahmadi MR, Taghipour M, Jannati E, Mohseni-Bandpei MA, Ebrahimi Takamjani I, Rajabzadeh F. Reliability and validity of an iPhone^(R) application for the measurement of lumbar spine flexion and extension range of motion. PeerJ. 2016;4:e2355.
13. Kolber MJ, Pizzini M, Robinson A, Yanez D, Hanney WJ. The reliability and concurrent validity of measurements used to quantify lumbar spine mobility: an analysis of an iPhone(R) application and gravity based inclinometry. Int J Sports Phys Ther. 2013;8(2):129-37.
14. Nitschke JE, Nattrass CL, Disler PB, Chou MJ, Ooi KT. Reliability of the American Medical Association guides' model for measuring spinal range of motion. Its implication for whole-person impairment rating. Spine. 1999;24(3):262-8.
15. Saur PM, Ensink FB, Frese K, Seeger D, Hildebrandt J. Lumbar range of motion: reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility. Spine. 1996;21(11):1332-8.
16. Ng JK, Kippers V, Richardson CA, Parnianpour M. Range of motion and lordosis of the lumbar spine: reliability of measurement and normative values. Spine. 2001;26(1):53-60.
17. Clarkson HM. Joint motion and function assessment: A research-based practice guide. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
18. Namwongsa S, Puntumetakul R, Neubert MS, Chaiklieng S, Boucaut R. Ergonomic risk assessment of smartphone users using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) tool. PLoS One. 2018;13(8):e0203394.
19. Liu M. A study of mobile sensing using smartphones. Int J Distrib Sens Netw. 2013;2013. doi: 10.1155/2013/272916.
20. Salanh PA, Kolber M. The reliability, minimal detectable change and concurrent validity of a gravity-based bubble inclinometer and iPhone application for measuring standing lumbar lordosis. Physiother Theory Pract. 2014;30(1):62-7.
21. Khawnoul C, Meepayung P. Program for measuring range of motion using smartphone. [Thesis]. Phitsanulok: Naresuan University 2016.
22. Page P. Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. Int J Sports Phys Ther. 2012; 7(1):109-19.
23. Mizuno T, Matsumoto M, Umemura Y. Decrements in stiffness are restored within 10 min. Int J Sports Med. 2013;34(6):484-90.
24. Sutuntangjai J, Weeraborirak J, Weerakul T, Konkorn N, Rueangkachon K, Wattananon P. Test-retest reliability of an iPhone application and measurement protocol to investigate trunk proprioception. J Med Tech Phy Ther. 2016;28(3):260-6.
25. Sadeghi R, Mosallanezhad Z, Nodehi-Moghadam A, Ezzati K. The reliability of bubble inclinometer and tape measure in determining lumbar spine range of motion in

- healthy individuals and patients. *Physical Treatments*. 2015;5(3):137-44.
26. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of clinical research: Applications to practice*. 3rd ed, Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall; 2009.
27. Chamnongkitch S. *Measurement in physical therapy : Essential concepts and applications*. Chiang Mai: Siampimnana, 2014.
28. Pourahmadi MR, Bagheri R, Taghipour M, Takamjani IE, Sarrafzadeh J, Mohseni-Bandpei MA. A new iPhone application for measuring active craniocervical range of motion in patients with non-specific neck pain: a reliability and validity study. *Spine J*. 2018;18(3):447-57.
29. Paungmali A, Silitertpisan P, Taneyhill K, Pirunsan U, Uthaikhup S. Intrarater reliability of pain Intensity, tissue blood flow, thermal pain threshold, pressure pain threshold and lumbo-pelvic stability tests in subjects with low back pain. *Asian J Sports Med*. 2012;3(1):8–14.
30. Mukaka MM. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J*. 2012;24(3):69-71.
31. McGraw KO, Wong SP. Forming Inferences about some intraclass correlation coefficients. *Psychol Methods*. 1996;1(1):30-46.
32. Williams R, Binkley J, Bloch R, Goldsmith CH, Minuk T. Reliability of the modified-modified Schöber and double inclinometer methods for measuring lumbar flexion and extension. *Phys Ther*. 1993;73(1):33-44.
33. Quek J, Brauer SG, Treleaven J, Pua YH, Mentiplay B, Clark RA. Validity and intra-rater reliability of an android phone application to measure cervical range-of-motion. *J Neuroeng Rehabil*. 2014;11:65.
34. Troke M, Moore AP, Maillardet FJ, Cheek E. A normative database of lumbar spine ranges of motion. *Man Ther*. 2005;10(3):198-206.
35. Inufusa A, An HS, Lim TH, Hasegawa T, Haughton VM, Nowicki BH. Anatomic changes of the spinal canal and intervertebral foramen associated with flexion-extension movement. *Spine*. 1996;21(21):2412-20.