



ความน่าเชื่อถือและความตรงของแอปพลิเคชันสโคลิโอมิเตอร์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในการคัดกรองภาวะกระดูกสันหลังคด

Reliability and Validity of a Scoliometer for Android Application to Screen Scoliosis Condition

พรพิศุทธิ์ วรจิรันตน¹, ครรชิตพล หมดทุข์², ชาลิณี นิมเพ็ง², ธนาภา กาญจนประทุม², ปริญญ์ เลิศสินไทย^{2*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

²ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

Ponpisut Worrajiran¹, Khanchitphon Modthook², Chalinee Nimpeng², Khanchitphon Modthook²,
Tanapa Kanjanapratum², Parinya Lertsinthalai^{2*}

¹Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University,
Phitsanulok 65000

²Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University,
Phitsanulok 65000

*Corresponding author, e-mail: Parinyal@nu.ac.th

บทคัดย่อ

โรคกระดูกสันหลังคดคือภาวะที่กระดูกสันหลังบิดหมุนไปด้านข้าง สามารถคัดกรองได้ด้วยเครื่องสโคลิโอมิเตอร์ ซึ่งวัดมุมการบิดหมุนของกระดูกสันหลัง แม้ว่าปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องมือดังกล่าวในรูปแบบแอปพลิเคชันในมือถือ (Smartphone application, App) แต่ยังมีข้อจำกัด เช่น ราคาสูง เก็บบันทึกข้อมูลในหน่วยความจำของมือถือ และไม่สามารถดูค่ามุมย้อนหลังได้ งานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนา Scolioscope[®] App แต่ยังไม่ได้ทดสอบความน่าเชื่อถือและความตรงของการวัด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือและความตรงของ Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมและเทียบกับ Scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter) ในอาสาสมัครที่มีภาวะเสี่ยงต่อกระดูกสันหลังคดจำนวน 20 คน ค่ามุมที่วัดได้ถูกวิเคราะห์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) ผลการศึกษาพบว่า Scolioscope[®] App มีความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำสูงมาก (ICC = 0.997) ทั้งภายในผู้วัด (ICC = 0.997) และระหว่างผู้วัด (ICC = 0.994) Scolioscope[®] App ยังแสดงค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์อยู่ในระดับสูง (r = 0.983) โดยมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างสองวิธีเพียง 0.01 องศา (95% LOA – 0.43 ถึง +0.41) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า Scolioscope[®] App สามารถวัดมุมการบิดหมุนของลำตัวได้อย่างแม่นยำใกล้เคียงกับ Scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter) ดังนั้น Scolioscope[®] App สามารถนำไปใช้ในการคัดกรองความเสี่ยงภาวะกระดูกสันหลังคดได้

คำสำคัญ: กระดูกสันหลังคด เครื่องวัดกระดูกสันหลังคด แอปพลิเคชันมือถือ ความน่าเชื่อถือในการวัด ความตรง

Abstract

Scoliosis is a spinal condition characterized by lateral curvature accompanied by vertebral rotation. Screening can be performed using a scoliometer, which measures the angle of spinal trunk rotation. Although mobile applications for scoliosis assessment have recently been developed (Smartphone application, App). There are still limitations, particularly in terms of high cost; all data is recorded in the mobile device's memory, and previous angle data cannot be reviewed. This study focused on developing the Scolioscope[®] App, which had not yet been tested for reliability and validity. The study aimed to evaluate the reliability and validity of the Scolioscope[®] App, in conjunction with a customized base, by comparing with a standard scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter) by investigating 20 volunteers at risk of scoliosis. Measurements of trunk rotation were analyzed using the intraclass correlation coefficient (ICC) and Pearson's correlation coefficient (r). The results demonstrated that the Scolioscope[®] app showed very high test-retest reliability (ICC = 0.992), intra-rater reliability (ICC = 0.997), and inter-rater reliability (ICC = 0.994). The Scolioscope[®] app also demonstrated high validity (r = 0.983), with a mean difference of 0.01 degrees between the two measurement methods (95% limits of agreement: -0.43, +0.41). These findings suggest that the Scolioscope[®] App provides accurate spinal axial trunk rotation measurements comparable to the scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter). Therefore, the Scolioscope[®] app can be used to screen for scoliosis risk.

Keywords: Scoliosis, Scoliometer, Smartphone application, Reliability, Validity

บทนำ

โรคกระดูกสันหลังคด (Scoliosis) หมายถึง ภาวะที่ กระดูกสันหลังผิดรูปจากการบิดหมุนหรือโค้งงอออกไปทางด้านข้าง (Lateral curvature)^(1, 2) ส่วนใหญ่เป็นโรคกระดูกสันหลังคดชนิดที่ไม่ทราบสาเหตุการเกิดที่แน่ชัด (Idiopathic scoliosis) สามารถพบได้ร้อยละ 1-4 ของประชาชนวัยรุ่น โดยเริ่มพบในเด็กวัยรุ่นอายุ 10 – 16 ปี^(2, 3) พบในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย^(3, 4) และมีความสัมพันธ์กับหลาย ๆ ปัจจัย เช่น พันธุกรรม สิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งกระดูกสันหลังคดอาจส่งผลกระทบต่อทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ และการเข้าสังคม⁽⁵⁾

การตรวจด้วยเครื่อง Scoliometer ซึ่งเป็นวิธีคัดกรองที่เป็นมาตรฐานทางคลินิกของการคัดกรองผู้ที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคด (Standard clinical test for scoliosis)^(6, 7) และยังมีหลักฐานงานวิจัย แนะนำการอ้างอิงด้วยค่ามุมการบิดหมุนของลำตัว (Axial trunk rotation, ATR) ด้วยเครื่อง Scoliometer ระหว่าง 5 ถึง 7 องศาหรือมากกว่านั้นอาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกสันหลังคดหรือกระดูกซี่โครงนูนขึ้นผิดปกติ (Rib hump)^(6, 8) และสอดคล้องกับคู่มือการใช้เครื่อง Scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter) หากวัดมุมได้ 7 องศาขึ้นไปจะให้ผลบวก (Positive test) คือ มีความเสี่ยงและจำเป็นต้องได้รับการประเมินทางการแพทย์เพิ่มเติม ในการทดสอบด้วยวิธีนี้⁽⁹⁾



ปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่อง Scoliometer ให้อยู่ในรูปแบบของแอปพลิเคชันในมือถือ (Smartphone application, App) เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน พกพาได้ ประหยัดค่าใช้จ่าย และง่ายต่อการรายงานผลบนหน้าจอสมาร์ทโฟน⁽¹⁰⁾ โดย App ที่มีอยู่ในปัจจุบันยังมีข้อจำกัด เช่น ความละเอียดของมุมมองภาพที่วัดมักรายงานเป็นจำนวนเต็ม ไม่สามารถเพิ่มรายละเอียดข้อมูลของผู้ถูกวัดได้ (เช่น ชื่อ เพศ เบอร์ติดต่อ) การบันทึกข้อมูลมักใช้หน่วยความจำของมือถือ หรือไม่สามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ เป็นต้น และด้วยข้อจำกัดขนาดของสมาร์ทโฟน คือ มีความยาวของเครื่องไม่เพียงพอที่จะวางครอบคลุมถึงบริเวณกระดูกซี่โครงและไม่มีส่วนวัดที่สามารถคล้องไปกับแนวกระดูกสันหลัง (Spinous process) ได้ ด้วยข้อจำกัดนี้จึงได้มีการทำอุปกรณ์ฐานเสริมของสมาร์ทโฟนเพื่อใช้ร่วมกับ App เพื่อให้มีลักษณะรูปทรงคล้ายกับเครื่อง Scoliometer (Baseline® scoliosis meter)^(2,6)

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการสร้างแอปพลิเคชันในการวัดค่ามุมการบิดหมุนของลำตัว (Axial trunk rotation, ATR) ชื่อ Scolioscope[©] บนระบบปฏิบัติการ Android ร่วมกับการสร้างฐานเสริมของสมาร์ทโฟน โดย Scolioscope[©] มีจุดเด่นคือ มุมมองอ่านง่าย รายงานมุมมองภาพเป็นทศนิยม 1 ตำแหน่ง สามารถบันทึกข้อมูลของผู้ถูกวัดแต่ละคนได้ เก็บข้อมูลการวัดผ่านระบบคลาวด์ (Cloud service system) และเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ อย่างไรก็ตาม Scolioscope[©] ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมามีความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำภายในผู้วัด (Intra-rater reliability) ความน่าเชื่อถือการวัดซ้ำระหว่างผู้วัด (Inter-rater reliability) และค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) ในผู้ที่มีความเสี่ยงกระดูกสันหลังคด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

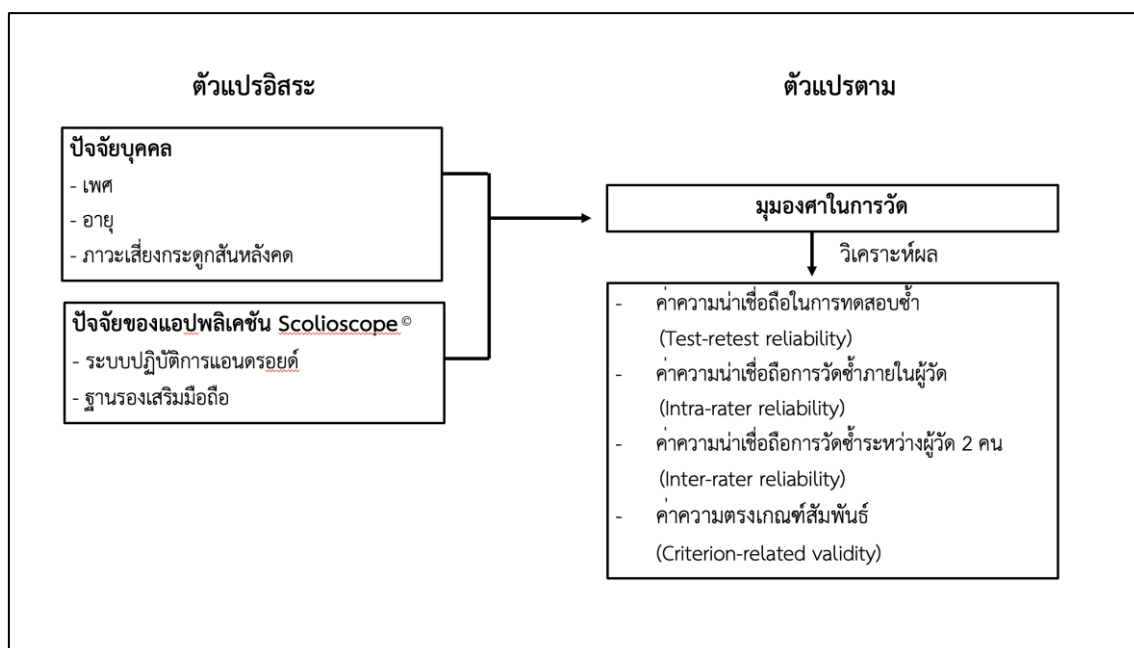
1. เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือในการทดสอบซ้ำ (Test-retest reliability) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[©] ร่วมกับฐานเสริมของการวัดมุมมองภาพในโมเดลหุ่นพลาสติกจำลองกระดูกสันหลังคด
2. เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำภายในผู้วัด (Intra-rater reliability) และ ความน่าเชื่อถือการวัดซ้ำระหว่างผู้วัด (Inter-rater reliability) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[©] ร่วมกับฐานเสริมของการวัดมุมมองภาพ ในผู้ที่มีความเสี่ยงกระดูกสันหลังคด
3. เพื่อทดสอบความตรงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) แบบความตรงสภาพ (Concurrent validity) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[©] บนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android ร่วมกับฐานเสริมของการวัดมุมมองภาพกับเครื่อง Scoliometer (Baseline® scoliosis meter) ในผู้ที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคด

สมมติฐานการวิจัย

แอปพลิเคชัน Scolioscope[©] ร่วมกับฐานเสริมควรมีค่าความน่าเชื่อถือในการทดสอบซ้ำ (Test-retest reliability) ค่าความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำภายในผู้วัด (Intra-rater reliability) ค่าความน่าเชื่อถือการวัดซ้ำระหว่างผู้วัด (Inter-rater reliability) และค่าความตรงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) แบบความตรงสภาพ (Concurrent validity) ในระดับสูงถึงสูงมาก

กรอบแนวคิดการวิจัย

แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมเพื่อใช้ในการวัดมุมการบิดหมุนของลำตัว (Axial trunk rotation, ATR) ควรมีการวิเคราะห์ทดสอบค่าความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำในผู้วัด ระหว่างผู้วัด และควรมีค่าความตรงใกล้เคียงกับเครื่องมือมาตรฐาน เช่น เครื่อง Scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter) ในการคัดกรองผู้ที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคด (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง (Experimental design) เพื่อศึกษาความน่าเชื่อถือของผู้วัด (Reliability) และความตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด (Validity) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริม ในอาสาสมัครเพศชายหรือเพศหญิงที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคดจากการประเมินด้วยการทดสอบ Adam forward bending test และ The modified New York Posture Rating (NYPR) โดยคำนวณกลุ่มตัวอย่างจากการใช้เว็บไซต์ (<https://wnarifin.github.io/ssc/ssicc.html>) กำหนดค่า Minimum acceptable reliability 0.7, Expected reliability 0.9, Significance level 0.05, Power 80%, Number of repetitions = 3, Expected dropout rate = 15% ได้อาสาสมัครจำนวน 20 คน (N=20) การเก็บข้อมูลทำที่ห้องวิจัยทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ห้อง AHS 1516 ชั้น 5 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เก็บข้อมูลระหว่าง กรกฎาคม ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2566

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง อาสาสมัครจำนวน 20 คน มีเกณฑ์การคัดเลือก คือ อายุ 20 ปีขึ้นไป ทดสอบ Adam forward bending test ให้ผลบวก ได้คะแนนเมื่อประเมินท่าทางร่างกายด้วย The modified New York Posture Rating (NYPR) น้อยกว่า 55 คะแนน สามารถก้มตัวได้ 3 ครั้งต่อเนื่องกันโดยไม่เสียการทรงตัวในท่ายืน สามารถสื่อสารด้วยภาษาไทยได้ เกณฑ์คัดออก คือ มีความยาวขาที่แตกต่างกันมากกว่า 2 ซม. มีประวัติได้รับการผ่าตัดกระดูกสันหลัง มีความดันโลหิตสูง มีอาการวิงเวียนศีรษะ ตั้งครรภ์ เคยมีประวัติการวินิจฉัยหมอนรองกระดูก

สันหลังปล้น มีอาการปวดหลังส่วนล่าง และมีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) มากกว่า 30 Kg/m^2 โดยก่อนการเริ่มการศึกษา ผู้วิจัย (ครรชิตพล และ ชาลิณี) ฝึกซ้อมการประเมินด้วย Adam forward bending test แบบประเมิน NYPR การวัดความยาวขาด้วยสายวัด และการคลำตำแหน่งกระดูกสันหลังกับนักกายภาพบำบัดที่มีใบประกอบวิชาชีพ กายภาพบำบัด มีประสบการณ์ในการทำงานด้านระบบกระดูกและกล้ามเนื้อมากกว่า 10 ปี จนผู้วัดมีความมั่นใจในการประเมินและต้องมีการประเมินความสอดคล้องกับผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่า 80% (Percent agreement) จึงถือว่าผู้วัดมีความพร้อมในการเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัยเริ่มการเก็บข้อมูลเมื่อได้รับอนุมัติการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (IRB No. P3-0032/2566) โดยอาสาสมัครทุกคนจะถูกขอให้เซ็นยินยอมเข้าร่วมวิจัยอย่างสมัครใจ และก่อนการเก็บข้อมูลอาสาสมัครจะได้รับการสอนการยืดกล้ามเนื้อหลัง 1 ท่า กล้ามเนื้อหน้าท้อง 1 ท่า กล้ามเนื้อหลังขา 1 ท่า และ กล้ามเนื้อต้นขา 1 ท่า รวมเป็น 4 ท่า (ยืดค้าง 30 วินาที/ครั้ง, ทำ 2 ครั้ง/ท่า) เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการวัด ลดการตึง และเพิ่มความยืดหยุ่น โดยทำตามพร้อมกับผู้วิจัย (ธนาภา)

เครื่องมือวิจัย ประกอบด้วย

1. แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] (ระบบปฏิบัติการ Android) มีการรายงานผลด้วยตัวเลขที่หน้าจอสมาร์ทโฟน แสดงผลหน่วยวัดค่าองศา (°) ขนาดวัดละเอียด 0.10 องศา ใช้หลักการวัดองศาความเอียงด้วย Accelerometer sensor ที่อยู่ในสมาร์ทโฟน แอปพลิเคชันมีขนาด 55.00 MB ผู้ใช้ต้องลงทะเบียนการใช้งาน (Register) สามารถบันทึกข้อมูล และเก็บข้อมูลผ่านระบบคลาวด์ (Cloud computing) และมีระบบสอบเทียบภายในเครื่อง (Self calibration) ราคาของต้นแบบแอปพลิเคชันประมาณ 1,000 บาท โดยผู้วิจัยมีการฝึกซ้อมการใช้งานร่วมกับฐานเสริมจำนวน 1 ชั่วโมง/วัน, 3 วัน เพื่อให้คุ้นเคยกับการใช้งานและมีความมั่นใจในการวัดมุมองศาความโค้งของหลังก่อนเก็บข้อมูล

2. สมาร์ทโฟนรุ่น Samsung galaxyJ2 prime (RAM 1 GB ROM 8GB Quad-Core Processor 1.30 GHz จอภาพขนาด 4.70 นิ้ว ระบบ Android 4.10 ตัวเครื่องมีขนาด 13.65x6.90x0.84 เซนติเมตร และมีน้ำหนัก 130 กรัม)

3. ฐานเสริมของสมาร์ทโฟน สร้างจากพลาสติก ABS ซึ่งเป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีความแข็งและความเหนียว มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 6.50x18.00x2.00 เซนติเมตร โดยสามารถปรับความยาวของฐานเสริมตามขนาดของสมาร์ทโฟนได้ถึง 24.50 เซนติเมตร และมีส่วนเว้า 2.50 เซนติเมตร ตรงกลางฐานเสริม ปรับส่วนเว้าได้สูงสุด 8.50 เซนติเมตร เพื่อวางคร่อมแนวกระดูกสันหลัง

4. เครื่อง Scoliometer ยี่ห้อ Baseline[®] scoliosis meter มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 6.00 x 16.50 x 1.00 เซนติเมตร และมีส่วนเว้าขนาด 4.00 เซนติเมตร โดยมีลูกเหล็กทรงกลมขนานเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.30 เซนติเมตร เคลื่อนที่ได้ และมีขนาดสเกลละเอียด 1 องศา

5. แบบประเมินท่าทาง the modified New York Posture Rating (NYPR) ใช้ประเมินท่าทางของร่างกายขณะยืนนิ่งตามปกติ โดยประเมิน 10 ส่วน ตั้งแต่ตำแหน่งศีรษะ ไหล่ แนวกระดูกสันหลัง สะโพก เข้าถึงข้อเท้า ทั้งทางด้านหลังและด้านข้างของร่างกาย คะแนนแต่ละส่วนมีคะแนนเต็มเท่ากับ 10 รวมมีคะแนนเต็ม 100 ถ้าคะแนนน้อยกว่า 55 แปลผลการทรงท่าทางร่างกายไม่ดี (Poor posture)⁽¹¹⁾

6. รูปปั้นปูนปลาสเตอร์จำลองความโค้งนูนของหลัง มีขนาดมุมเอียง 5 10 และ 15 องศา

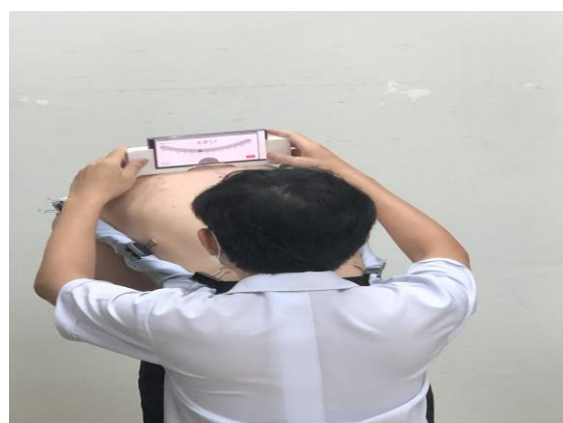
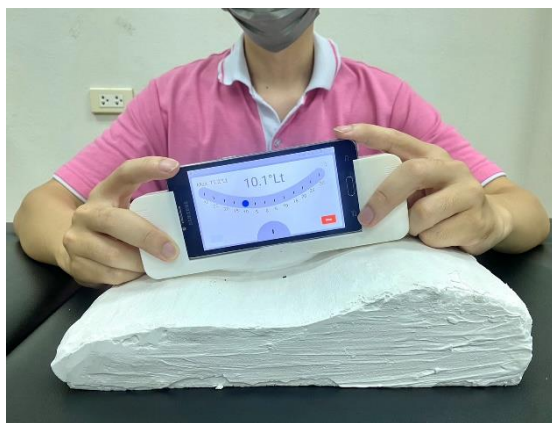
การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดสอบความน่าเชื่อถือการทดสอบซ้ำ (Test-retest reliability) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมในรูปปั้นปูนปลาสเตอร์จำลองความโค้งของหลัง ผู้วัดคนที่ 1 กดปุ่มเริ่ม (Start) บนแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] เพื่อตั้งค่าเริ่มต้นแอปพลิเคชันเป็น 0.00 องศา นำแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมวางบนรูปปั้นจำลองที่ตำแหน่งมุม 5 องศา โดยหันหน้าจ่อออกจากผู้วัดเพื่อไม่ให้ผู้วัดเห็นค่ามุมที่วัดได้ ค้างไว้ 3 วินาที โดยผู้วัดคนที่ 2 (ชาลิณี) จะกดปุ่มหยุด (Stop) อ่านค่ามุมองศาและกดบันทึกค่า (Save) จากนั้นเครื่องจะเริ่มนับเป็น 0 องศาอีกครั้ง ทำการวัดซ้ำ 10 ครั้ง (1 รอบ) พักระหว่างครั้ง 10 วินาที โดยผู้วัดคนที่ 1 ทำซ้ำแบบเดิมข้างต้นอีก 1 รอบ จากนั้นผู้วัดจะเปลี่ยนตำแหน่งวางไปที่มุม 10 องศาและ 15 องศาตามลำดับและทำซ้ำแบบเดิมและนำค่าไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation coefficient : ICC) (รูปที่ 2)

ความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (Intra-rater reliability) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] บนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการ Android ร่วมกับฐานเสริมของการวัดมุมองศาความโค้งของหลังในอาสาสมัครที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคด จำนวน 20 คน ผู้วัดคนที่ 1 (ครรชิตพล) ยืนอยู่ด้านหลังของอาสาสมัคร และจัดท่ายืนของอาสาสมัครในท่าเริ่มต้น ในบริเวณที่ทำสัญลักษณ์ไว้บนพื้นเพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิงการยืนของอาสาสมัครแต่ละคน ให้อาสาสมัครทำท่าตรวจ Adam forward bending test โดยใช้คำสั่งคือ “เหยียดแขนออกมาทางด้านหน้ามือประสานกัน แขนตรง เข้าเหยียดตรง เก็บคาง ก้มศีรษะ โน้มตัวไปทางด้านหน้าอย่างช้า ๆ จนกระทั่งระดับไหล่เท่ากับระดับสะโพก ค้างไว้” เหมือนกันทุกคน ผู้วัดจะสังเกตความไม่สมมาตรของกระดูกสันหลัง โดยให้ระดับสายตาของผู้วัดอยู่ระดับเดียวกันกับกระดูกสันหลัง จากนั้นผู้วัดนำแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ที่กดเริ่มไว้แล้วนำมาวางครอบกระดูกสันหลังให้ส่วนเว้าของฐานเสริมคล้องตรงกับกระดูกสันหลังระดับ L4 (Spinous process) โดยจะหันหน้าจอสมาตร์โฟนไปทางด้านผู้วิจัยที่ทำการอ่านค่า (ธนาภา) ซึ่งยืนอยู่ตรงข้ามกับผู้วัด เพื่อให้มองเห็นตัวเลขของมุมองศาที่วัดได้และผู้วัดไม่สามารถทราบค่ามุมองศาที่วัดได้เพื่อเป็นการปกปิดผู้วัด (Blinding of assessor) ผู้วัดคนที่ 1 เคลื่อนสมาร์ตโฟนร่วมกับฐานเสริมไปตามแนวของกระดูกสันหลัง (Spinous process) โดยจะเริ่มตั้งแต่มุมระดับ L4 ถึง T1 จากนั้นจะหยุดเคลื่อนที่ของสมาร์ตโฟนในบริเวณที่มีการบิดหมุนของลำตัวสูงสุด และผู้วัดสั่งให้ผู้อ่านค่าทำการกดหยุด (Stop) บนตัวเครื่อง กดบันทึกค่าที่วัดได้และกดบันทึกในแอปพลิเคชัน (Save) ทำการวัดซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง (1 รอบ) ระหว่างครั้งอาสาสมัครจะยืนตรงและพัก 15 วินาทีก่อนวัดใหม่ทุกครั้ง เมื่อวัดซ้ำครบ 3 ครั้ง ให้อาสาสมัครนอนพัก 10 นาที และทำการวัดซ้ำอีก 1 รอบ และ นำค่ามุมที่วัดได้ไปหาความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (Intra-rater reliability) ของผู้วัดคนที่ 1

การทดสอบความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัดคนที่ 1 และ คนที่ 2 (Inter-rater reliability) ของการวัดมุมองศาในอาสาสมัครที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคด โดยใช้แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] บนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการ Android ร่วมกับฐานเสริม ในอาสาสมัคร 20 คน ผู้วัดคนที่ 2 (ชาลิณี) ทำการจัดท่าเริ่มต้นในการยืนของอาสาสมัครและทำการวัดมุมเช่นเดียวกับวิธีการข้างต้นในขั้นตอนการวัดความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด เพื่อวัดค่ามุมในอาสาสมัครเช่นเดียวกันโดยใช้แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริม โดยผู้วิจัยที่อ่านค่า (ธนาภา) จะอ่านค่ามุมองศาที่วัดได้ จากนั้นนำค่ามุมที่วัดได้ไปหาความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด (Inter-rater reliability) ทั้งของผู้วัดคนที่ 1 (ครรชิตพล) และผู้วัดคนที่ 2 (ชาลิณี)

การทดสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริม เทียบกับ Scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter) ในการวัดผู้ที่มีความเสี่ยงกระดูกสันหลังคด ในอาสาสมัคร 20 คน ผู้วัดคนที่ 2 (ชาลิณี) ทำการวัดด้วยเครื่อง Scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter) โดยการจัดท่าเริ่มต้นในการยืนของอาสาสมัครและทำการวัดมุมเช่นเดียวกับวิธีการข้างต้น เพื่อวัดค่ามุมการบิดหมุนของลำตัวสูงสุดในอาสาสมัคร ทำการวัดซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง (1 รอบ) โดยระหว่างการทดสอบในแต่ละครั้งอาสาสมัครจะยืนตรงและพัก 15 วินาทีก่อนวัดทุกครั้ง จากนั้นนำค่าที่อ่านได้จากเครื่อง Scoliometer ไปหาค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์กับมุมที่ได้จากแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ที่วัดโดยผู้วัดคนเดิม (ชาลิณี)



รูปที่ 2 แสดงการวัดมุมเอียงของปูนปลาสเตอร์จำลองความโค้งนูนของหลังด้วยแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมที่มุม 10 องศา (ซ้าย) แสดงวิธีการใช้แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ในการคัดกรองผู้ที่มีความเสี่ยงกระดูกสันหลังคดเมื่อใช้งานในทางคลินิก (ขวา)

การวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS statistics (IBM, Armonk, USA) Version 23

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation coefficient, ICC) ประเมินโดยใช้ Two-way mixed model - consistency type หรือ ICC (3,k) เพื่อหาความน่าเชื่อถือการทดสอบซ้ำ (Test-retest reliability) และ หาความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (Intra-rater reliability) และใช้ Two-way random model-absolute agreement type หรือ ICC (2,k) เพื่อหาความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด (Inter-rater reliability) โดยแปลผลดังนี้ ค่าน้อยกว่า 0.50 (น้อย) ค่า 0.50-0.74 (ปานกลาง), ค่า 0.75-0.90 (สูง) และค่ามากกว่า 0.90 (สูงมาก)^(12,13)

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) เพื่อหาความสัมพันธ์ของ Scolioscope[®] และ Scoliometer โดยการแปลผลดังนี้ ค่า 0.00-0.10 (ค่อนข้างน้อย) ค่า 0.11-0.39 (น้อย) ค่า 0.40-0.69 (ปานกลาง) ค่า 0.70-0.89 (ค่อนข้างมาก) ค่า 0.90-1.00 (มาก)^(12,13)

3. กราฟ Bland and Altman plot เพื่อหาผลต่างของมุมมองค่าที่วัดได้ระหว่างแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] กับเครื่อง Scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter)⁽¹⁴⁻¹⁶⁾

4. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard error of measurement, SEM) คือ ค่าที่บ่งบอกถึงความแตกต่างและความคลาดเคลื่อนของการวัดในแต่ละครั้ง⁽¹⁴⁻¹⁶⁾

5. ค่าเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (Minimal detectable change, MDC) คือ ค่าแสดงการเปลี่ยนแปลงที่ตรวจพบได้น้อยที่สุดหรือดัชนีการเปลี่ยนแปลงที่เชื่อถือได้⁽¹⁴⁻¹⁶⁾

6. ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation, CV) คือ ค่าใช้บอกว่าคุณสมบัติใดมีความแปรปรวนมากกว่ากัน⁽¹⁴⁻¹⁶⁾

จริยธรรมการวิจัยและการพิทักษ์สิทธิ์ การวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (COA No.184/2013, IRB No. P3-0032/2566) แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] (เลขลิขสิทธิ์ เลขที่ ว1.010876 ข้อมูลเลขที่ 434735 ให้วันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ.2566) อุปกรณ์ฐานเสริมสำหรับใช้กับโทรศัพท์เพื่อใช้งานวัดความเอียงกระดูกสันหลัง (เลขอนุสิทธิบัตร เลขที่ 22699 เลขที่คำขอ 2203003244 ให้วันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ.2565)

ผลการวิจัย

ผู้สนใจเข้าร่วมทั้งหมด 54 คน โดยมีอาสาสมัครผ่านเกณฑ์วิจัย 21 คน แต่มีอาสาสมัคร 1 คนมีอาการปวดศีรษะและคอจึงไม่มาทดสอบตามวันที่นัดหมาย จึงเหลืออาสาสมัคร 20 คน (N=20, เพศชาย 10 คน และ เพศหญิง 10 คน) อาสาสมัครทุกคนลงนามยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยและในการวิจัยไม่มีอาสาสมัครคนใดมีอาการไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นขณะทดสอบ โดยอาสาสมัครมีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 21.30 ± 1.03 ปี ค่าดัชนีมวลกาย BMI เท่ากับ 21.04 ± 3.37 Kg/m² มุมความโค้งของหลังเมื่อวัดด้วย Scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter) เท่ากับ 2.92 ± 1.10 องศา (min-max =1,5)

ความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำ (Test-retest reliability) ในรูปแบบปูนปลาสเตอร์จำลองความโค้งของหลัง (Model) ของผู้วัดคนที่ 1 (ครรชิตพล) ที่มีมุมความเอียง 5, 10, 15 องศา เมื่อวัดด้วยแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] โดยมีค่ามุมเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) ของแต่ละมุมความเอียง คือ รอบที่ 1 (5.00 ± 0.00 , 9.94 ± 0.47 , 15.16 ± 0.15 องศา) และ รอบที่ 2 (4.96 ± 0.05 , 9.04 ± 0.49 , 15.22 ± 0.04 องศา) มีค่าความน่าเชื่อถือการทดสอบซ้ำ ICC (3,k) มีค่าเท่ากับ 0.997 (95% CI = 0.896-1.00) ซึ่งมีความน่าเชื่อถือสูงมาก

ความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (Intra-rater reliability) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมของการวัดมุมองศาความโค้งของหลังในอาสาสมัครที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคด จำนวน 20 คน ของผู้วัดคนที่ 1 (ครรชิตพล) โดยมีค่ามุมเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) ของรอบที่ 1 เท่ากับ 2.93 ± 1.15 องศา และ รอบที่ 2 เท่ากับ 2.90 ± 1.10 องศา มีค่าความน่าเชื่อถือการทดสอบซ้ำ ICC (3,k) มีค่าเท่ากับ 0.997 (95% CI = 0.992-0.999) ซึ่งอยู่ในระดับที่มีความน่าเชื่อถือสูงมาก มีค่า SEM เท่ากับ 0.063 องศา ค่า MDC เท่ากับ 0.69 องศา และ ค่า CV (%) เท่ากับ ร้อยละ 39.27 (ตารางที่ 1)

ความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด (Inter-rater reliability) ของผู้วัดคนที่ 1 (ครรชิตพล) และ คนที่ 2 (ชาลิณี) ในการวัดมุมองศาความโค้งของหลังในอาสาสมัครที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคด จำนวน 20 คน โดยใช้แอปพลิเคชัน Scolioscope[®]

ร่วมกับฐานเสริมพบว่า มีค่ามุมเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) เท่ากับ 2.94 ± 1.14 องศา มีค่าความน่าเชื่อถือการทดสอบซ้ำ ICC (2,k) มีค่าเท่ากับ 0.994 (95% CI = 0.985-0.998) ซึ่งอยู่ในระดับที่มีความน่าเชื่อถือสูงมาก มีค่า SEM เท่ากับ 0.051 องศา ค่า MDC เท่ากับ 0.627 องศา และ ค่า CV (%) เท่ากับ ร้อยละ 38.83 (ตารางที่ 1)

ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมเทียบกับเครื่อง Scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter) ในการวัดผู้ที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคดในอาสาสมัคร 20 คน พบว่า มีค่า Intraclass correlation coefficient model (Two-way random effect model absolute agreement) เท่ากับ 0.992 (สูงมาก) มีค่า Pearson correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.983 (สูง) (ตารางที่ 2) (รูปที่ 3) มีค่าเฉลี่ยผลต่างของมุมระหว่าง 2 เครื่อง (Mean difference between Scoliometer and Scolioscope[®]) เท่ากับ -0.01 องศาใน Bland and Altman plot เพื่อดูความตรงของเครื่องมือทั้ง 2 ชนิด (รูปที่ 4)

ตารางที่ 1 แสดงค่าความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (Intra – rater reliability) และ ค่าความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด (Inter-rater reliability) ของผู้วัดคนที่ 1 และ ผู้วัดคนที่ 2 ในการวัดมุมองศาความโค้งของหลังในอาสาสมัครที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคดด้วยแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริม

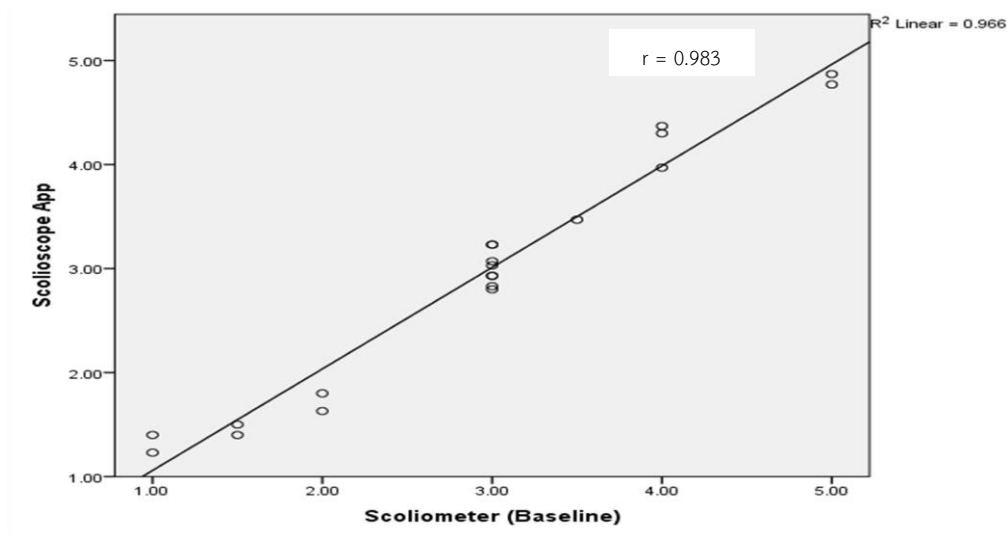
Parameters	Intra-rater reliability		Inter-rater reliability
	ผู้วัดคนที่ 1 (ครรชิตพล)	ผู้วัดคนที่ 2 (ชาลิณี)	ระหว่างผู้วัดคนที่ 1 และ 2
Mean $\pm$ SD	ครั้งที่ 1	2.93 $\pm$ 1.15	2.94 $\pm$ 1.16
	ครั้งที่ 2	2.90 $\pm$ 1.10	2.91 $\pm$ 1.07
ICC	0.997	0.995	0.994
(95% CI)	(0.992, 0.999)	(0.987, 0.998)	(0.985, 0.998)
SEM	0.063	0.082	0.051
MDC	0.696	0.794	0.627
CV (%)	39.27	39.42	38.83

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ICC), ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error of measurement, SEM), ค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (Minimum detectable change, MDC) ค่าช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 (95% confidence interval, 95% CI) ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผัน (Coefficient of variation, CV)

ตารางที่ 2 แสดงค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) ด้วยค่า Pearson correlation coefficient (r) และ ค่า Intraclass correlation coefficient model (ICC) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมเทียบกับเครื่อง Scoliometer ในการวัดมุมองศาความโค้งของหลังในผู้ที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคดในอาสาสมัคร 20 คน

Parameters	Criterion – related validity (N=20)
Mean (Scolioscope [®]) $\pm$ SD	2.93 $\pm$ 1.15
Mean (Scoliometer) $\pm$ SD	2.92 $\pm$ 1.16
Pearson correlation (r)	0.983
ICC	0.992
(95% CI)	(0.975, 0.997)

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ICC) ค่าช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 (95% confidence interval, 95% CI)



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน Scolioscope® ร่วมกับฐานเสริมเทียบกับ Scolimeter (Baseline® scoliosis meter) ($r=0.983$)



รูปที่ 4 กราฟ Bland and Altman plot แสดงระหว่าง Scolimeter (Baseline® scoliosis meter) เทียบกับ สมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน Scolioscope® ร่วมกับฐานเสริม (Mean difference - 0.01 degree)

สรุปและอภิปรายผล

อาสาสมัครทั้ง 20 คน มีท่าทางที่ผิดปกติเมื่อประเมินด้วยแบบประเมิน modified New York Posture Rating (NYPR) และมีความเสี่ยงกระดูกสันหลังคดเมื่อทดสอบด้วย Adam forward bending test โดยมีมุมองศาความโค้งของหลังเมื่อวัดด้วย Scolimeter 2.92 ± 1.16 องศา (min-max = 1,5) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การศึกษานี้มีมุมความโค้งของหลังอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์การอ้างอิงในการคัดกรองผู้ที่มีภาวะเสี่ยงกระดูกสันหลังคดด้วยเครื่อง

Scoliometer ที่กำหนดไว้อย่างน้อย 7 องศา^(6,7) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการประเมินตามเกณฑ์คัดเข้าด้วย Adam forward bending test และแบบประเมิน NYPR เป็นวิธีตรวจร่างกายจากการประเมินด้วยสายตา (Visual observation)⁽¹⁷⁾ ทำให้ไม่ทราบมุมความโค้งของหลังที่ชัดเจนจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การศึกษานี้อาสาสมัครมีมุมความโค้งของหลังที่ต่ำกว่าเกณฑ์อ้างอิง

การศึกษาความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (Intra-rater reliability) ของสมาร์โฟนแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมในอาสาสมัคร 20 คน พบว่า ผู้วัดมีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูงมากแสดงว่าผู้วัดที่ถูกฝึกก่อนการใช้แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] จำนวน 1 ชั่วโมง ติดต่อกัน 3 วัน จะมีค่าความน่าเชื่อถือของการวัดอยู่ในระดับสูงมาก นอกจากนี้อาจเนื่องจากการใช้ฐานเสริมร่วมในการวัดอาจช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือในการวัดได้ เนื่องจากฐานเสริมจะทำให้ผู้วัดสามารถวางกระดูกสันหลังได้ครอบคลุมและสะดวกต่อการวัด ดังการศึกษาของ Driscoll และคณะในปี ค.ศ. 2014⁽²⁾ ที่วัดความโค้งของกระดูกสันหลังด้วย Scoligauge application ระบบปฏิบัติการ iOS ร่วมกับฐานเสริมและไม่ใช้ฐานเสริมพบว่า การใช้ฐานเสริมมีความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้วัด (Intra-rater reliability) (ICC = 0.910-0.990) สูงกว่าไม่ใช้ฐานเสริม (ICC = 0.850-0.860) ดังนั้นการศึกษานี้จึงเสนอว่า ผู้ใช้แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ควรมีการฝึกซ้อมใช้ร่วมกับการมีฐานเสริมร่วมด้วยในการวัดมุมความโค้งของหลัง นอกจากนี้การใช้แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมในการศึกษานี้พบว่า มีค่า SEM (0.063-0.082 องศา) และ ค่า MDC (0.696-0.794 องศา) ซึ่งน้อยกว่าการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Driscoll และคณะในปี ค.ศ. 2014⁽²⁾ ที่มีค่า SEM (0.481 องศา) และ MDC (1.22 องศา) นอกจากนี้ค่าความน่าเชื่อถือระหว่างตัวผู้วัด (Inter-rater reliability) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมในวัดมุมความโค้งของหลังในอาสาสมัครที่มีความเสี่ยงกระดูกสันหลังคดมีค่าความน่าเชื่อถือระหว่างตัวผู้วัด (Inter-rater reliability) อยู่ในระดับสูงมากเช่นกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก 1. การที่ผู้วัดในการศึกษานี้มีการฝึกซ้อมใช้แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมในการวัดต้องจางมีความมั่นใจในการใช้งาน 2. ผู้วิจัยได้กำหนดตำแหน่งการวางเท้าในขณะวัดให้เหมือนกัน และ 3. ฝึกอาสาสมัครในการก้มตัวตามคำสั่งที่เหมือนกันเพื่อให้อาสาสมัครเข้าใจในวิธีการวัดและสามารถปฏิบัติตามการก้มหลังได้ระดับคงที่ในการก้ม จึงอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้การวัดด้วยแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมมีค่าความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำอยู่ในระดับสูงทั้ง Intra-rater reliability และ Inter-rater reliability

ความสัมพันธ์ตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) ของแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมเทียบกับเครื่อง Scoliometer ในการศึกษานี้มีค่าความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูงมาก (ICC = 0.992) และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่าง 2 เครื่องมือมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับมากและมีทิศทางไปในทางเดียวกัน ($r = 0.983$) แสดงให้เห็นว่า แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมมีความตรงเมื่อเทียบกับเครื่อง Scoliometer ซึ่งเป็นเครื่องมือเป็นมาตรฐานในการคัดกรองผู้ที่มีความเสี่ยงกระดูกสันหลังคด นอกจากนี้แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมมีค่าความแตกต่างของมุมเฉลี่ย (Mean different) เท่ากับ 0.01 องศา ซึ่งมีความแตกต่างที่น้อยมากระหว่าง 2 เครื่องมือเมื่อพิจารณาจากกราฟ Bland and Altman plot

ดังนั้นการศึกษานี้สรุปว่า แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ร่วมกับฐานเสริมมีความน่าเชื่อถือและความตรงในการวัดมุมความโค้งของหลังได้ใกล้เคียงกับเครื่อง Scoliometer (Baseline[®] scoliosis meter)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ การวัดมุมองศาความโค้งของหลังด้วยแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ควรใช้แอปพลิเคชันร่วมกับฐานเสริมในการวัดเพราะทำให้มีความน่าเชื่อถือในการวัดที่สูง ในการวัดมุมองศาผู้ให้ควรมีการฝึกซ้อมการใช้แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ในการวัดความโค้งของหลังจนมีความคุ้นเคยและมั่นใจก่อนนำไปใช้ ควรเช็คความเร็วและความเสถียรของสัญญาณอินเทอร์เน็ตขณะทำการวัดเพราะแอปพลิเคชัน Scolioscope[®] จะมีการเก็บข้อมูลและสามารถเรียกดูข้อมูลการวัดย้อนหลังผ่านระบบ Cloud ได้

ข้อจำกัดในการวิจัยและข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป การศึกษาครั้งนี้อาสาสมัครมีจำนวนน้อยและช่วงอายุที่แคบ (20-23 ปี) ในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาในช่วงอายุหลากหลายขึ้นและอาจมีข้อจำกัดในการนำไปใช้กับประชากรกลุ่มอื่น การศึกษานี้วัดในอาสาสมัครที่มีค่าดัชนีมวลกายน้อยกว่า 30 Kg/m² ทำให้ยังไม่ทราบว่าผลเช่นนี้ในผู้ที่มีดัชนีมวลกายมากกว่านี้หรือไม่ การใช้โมเดลปูนปลาสเตอร์จำลองความโค้งของหลังอาจมีความแตกต่างจากแนวกระดูกสันหลังของอาสาสมัครในขณะที่อยู่ในท่าก้มตัวขณะวัด และอาสาสมัครครั้งนี้มีมุมองศาการบิดหมุนของลำตัวน้อยกว่า 7 องศา (ATR = 2.90°) เนื่องจากเกณฑ์คัดเข้าในการศึกษานี้ใช้การประเมินด้วยสายตาจากแบบประเมิน NYPR และ Adam forward bending test ทำให้ได้อาสาสมัครที่มีค่ามุมการบิดหมุนของลำตัว (ATR) ที่ไม่ถึงตามเกณฑ์การพิจารณาส่งต่อเพื่อประเมินทางการแพทย์ต่อไป จึงอาจให้ผลที่แตกต่างจากผู้ที่มีภาวะกระดูกสันหลังคดได้ การศึกษาครั้งหน้าจึงควรใช้แอปพลิเคชัน Scolioscope[®] ศึกษาในผู้ที่มีมุมมากกว่านี้หรือผู้ที่ถูกวินิจฉัยเป็นโรคกระดูกสันหลังคด เพื่อให้ได้มุมการบิดหมุนของลำตัวมากกว่าการศึกษานี้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ปีงบประมาณ พ.ศ.2566 และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. Kim H, Kim HS, Moon ES, Yoon CS, Chung TS, Song HT, et al. Scoliosis imaging: what radiologists should know. Radiographics. 2010;30(7):1823-42. doi: 10.1148/rg.307105061.
2. Driscoll M, Fortier-Tougas C, Labelle H, Parent S, Mac-Thiong JM. Evaluation of an apparatus to be combined with a smartphone for the early detection of spinal deformities. Scoliosis. 2014;9:10. doi: 10.1186/1748-7161-9-10.
3. Dunn J, Henrikson NB, Morrison CC, Blasi PR, Nguyen M, Lin JS. Screening for adolescent idiopathic scoliosis: evidence report and systematic review for the US preventive services task force. JAMA. 2018;319(2):173-87. doi: 10.1001/jama.2017.11669.
4. Horne JP, Flannery R, Usman S. Adolescent idiopathic scoliosis: diagnosis and management. Am Fam Physician. 2014;89(3):193-8.

5. Wajchenberg M, Astur N, Kanas M, Martins DE. Adolescent idiopathic scoliosis: current concepts on neurological and muscular etiologies. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016;11:4. doi: 10.1186/s13013-016-0066-y.
6. van West HM, Herfkens J, Rutges J, Reijman M. The smartphone as a tool to screen for scoliosis, applicable by everyone. *Eur Spine J*. 2022;31(4):990-5. doi: 10.1007/s00586-021-06860-x.
7. Prowse A, Aslaksen B, Kierkegaard M, Furness J, Gerdhem P, Abbott A. Reliability and concurrent validity of postural asymmetry measurement in adolescent idiopathic scoliosis. *World J Orthop*. 2017;8(1):68-76. doi: 10.5312/wjo.v8.i1.68.
8. Labelle H, Richards SB, De Kleuver M, Grivas TB, Luk KD, Wong HK, et al. Screening for adolescent idiopathic scoliosis: an information statement by the scoliosis research society international task force. *Scoliosis*. 2013;8:17. doi: 10.1186/1748-7161-8-17.
9. Guidelines of use in spinal screening programs (Baseline[®] scoliosis meter) [internet]. White Plains (NY): Fabrication Enterprises, Inc.; 2016 [cited 2024 Sep 4]. Available from: https://www.fab-ent.com/MEDIA/41_INSTRUCTIONS/12-1099_MANUAL.PDF.
10. Naziri Q, Detolla J, Hayes W, Burekhovich S, Merola A, Akamnanu C, et al. A systematic review of all smart phone applications specifically aimed for use as a scoliosis screening tool. *J Long Term Eff Med Implants*. 2018;28(1):25-30. doi: 10.1615/JLongTermEffMedImplants.2017020737.
11. Channak S, Wirunrattanakij Y. Prevalence and correlation between spinal pain and spinal range of motion among first year Physical therapy students, Huachiew Chalermprakiet university, academic year 2015. *J Med Tech Phy Ther*. 2017;29(3):265-80. (in Thai)
12. Chamnongkich S. Measurement in physical therapy: essential concepts and applications. Chiang Mai: Siampimnana; 2014. (in Thai)
13. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med*. 2016;15(2):155-63. doi: 10.1016/j.jcm.2016.02.012.
14. Portney LG, Watkins MP. Foundations of clinical research: applications to practice. 3rd ed, Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall; 2009.
15. Worrajiran P, Hongwiangchan K, Wiradchalap P, Buasang I, Sitanon N, Lertsinthal P. Reliability and criterion-related validity of smartphone application for assessment of lower back range of motion in individuals without lower back pain. *Thai J Phys Ther*. 2020;42(2):83-100. (in Thai)
16. Lertsinthal P, Sitanon N, Worrajiran P. Reliability and criterion-related validity of an android application to measure cervical range of motion in asymptomatic neck pain and non-specific neck pain. *RTA Med J*. 2020;73(2):97-111. (in Thai)

17. Senkoylu A, Ilhan MN, Altun N, Samartzis D, Luk KDK. A simple method for assessing rotational flexibility in adolescent idiopathic scoliosis: modified Adam's forward bending test. *Spine Deform.* 2021;9(2):333-9. doi: 10.1007/s43390-020-00221-2.