

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความน่าเชื่อถือและความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของแอนดรอยด์แอปพลิเคชันในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอในผู้ที่ไม่ปวดคอและปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง

นันทิชา ลิตานนท์¹ พรพิศุทธิ์ วรจิรนนท์² และ ปริญา เลิศสินไทย³

¹นิสิตปริญญาโท ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ ²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ³ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทคัดย่อ

บทนำ แอนดรอยด์แอปพลิเคชันนี้ยังไม่ได้รับการทดสอบความน่าเชื่อถือและความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอ **วัตถุประสงค์** เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด ความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด และความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของแอนดรอยด์แอปพลิเคชันในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอในผู้ที่ไม่ปวดคอและปวดคอ **วิธีการ** เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง เก็บรวบรวมข้อมูลจากอาสาสมัคร 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอ และกลุ่มที่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง กลุ่มละ 30 คน โดยผู้วัดทำการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอ 6 ทิศทาง โดยใช้แอนดรอยด์แอปพลิเคชันและ CROM™ ทดสอบความน่าเชื่อถือภายในและระหว่างผู้วัดโดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) และทดสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) และ Bland and Altman plot **ผลการศึกษา** ผลการศึกษาพบว่าทั้ง 2 กลุ่มมีความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด ($ICC_{3,k} \geq 0.870$) และระหว่างผู้วัด ($ICC_{2,k} \geq 0.800$) อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก กราฟ Bland and Altman plot แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิดมีค่าความแตกต่างเพียงเล็กน้อย ($\leq 3.79^\circ$) มีความสัมพันธ์ในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอของทั้ง 2 กลุ่มอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ($r \geq 0.708$) และมีความสอดคล้องอยู่ในระดับสูงถึงสูงมากในกลุ่มที่มีอาการปวดคอ ($ICC \geq 0.910$) **สรุป** แอนดรอยด์แอปพลิเคชันนี้มีความน่าเชื่อถือและมีความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอทั้งในผู้ที่ไม่ปวดคอและปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง

คำสำคัญ: ● ช่วงการเคลื่อนไหวของคอ ● แอปพลิเคชัน ● ความน่าเชื่อถือ ● ความตรง ● ปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง

เวชสารแพทย์ทหารบก 2563;73(2):97-111.

ได้รับต้นฉบับเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2563 แก้ไขบทความ 9 พฤษภาคม 2563 ได้ตีพิมพ์เมื่อ 27 พฤษภาคม 2563

ผู้สนับสนุนหลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริญา เลิศสินไทย ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

E-mail: Parinyal@nu.ac.th

Original Article

Reliability and Criterion-Related Validity of an Android Application to Measure Cervical Range of Motion in Asymptomatic Neck Pain and Non-Specific Neck Pain

Nunticha Sitanon¹, Pongpisut Worrajiran² and Parinya Lertsinthal³

¹Master student of Physical Therapy, Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences; ²Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering; ³Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok

Abstract:

Background: The android application has not been tested for reliability and validity for measuring cervical range of motion (ROM). **Objective:** To estimate the intra-rater, inter-rater reliability and criterion-related validity of an android application to measure cervical ROM in asymptomatic neck pain (ANP) and non-specific neck pain (NSNP). **Methods:** This study was a cross-sectional study. The data were collected from 2 groups, APA (n = 30) and NSNP (n = 30) participants. The examiners measured cervical ROM using the android application and CROM™. The intra-rater and inter-rater reliability were calculated using the Intraclass correlation coefficient (ICC), whereas the validity was examined by the Pearson's correlation coefficient (r), Intraclass correlation coefficient (ICC), and Bland and Altman plot. **Results:** The results showed high-to-very-high reliability in both intra-rater ($ICC_{3,k} \geq 0.870$) and inter-rater ($ICC_{2,k} \geq 0.800$) groups. The Bland and Altman plot revealed slight differences ($\leq 3.79^\circ$) between this android application and CROM™. Both instruments had high-to-very-high correlations for measurements of cervical ROM for both groups ($r \geq 0.708$), and showed high-to-very-high level of agreement with CROM™ for measurement of cervical ROM in NSNP group ($ICC \geq 0.910$). **Conclusion:** The results of this study demonstrated that the android smartphone application was reliable and valid to measure the cervical range of motion in both asymptomatic neck pain and non-specific neck pain participants.

Keywords: ● Cervical range of motion ● Application ● Reliability ● Validity ● Non-specific neck pain

RTA Med J 2020;73(2):97-111.

Received 24 February 2020 Corrected 9 May 2020 Accepted 27 May 2019

Corresponding Author: Parinya Lertsinthal. Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok, 65000. Email: Parinyal@nu.ac.th

บทนำ

การวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอเป็นการตรวจประเมินที่สำคัญทางกายภาพบำบัดทั้งในผู้ที่ไม่มีอาการปวดคอและมีอาการปวดคोनิยมใช้เพื่อประเมินผลการรักษาและติดตามผลการรักษา ทั้งนี้เครื่องมือที่ดีควรมีความแม่นยำและถูกต้องในการประเมิน ซึ่งเครื่องวัดองศาคอ (Cervical range of motion instrument: CROM™) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในทางคลินิกและเมื่อทดสอบด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation coefficient: ICC) พบว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก (ICC=0.760-0.940) และมีความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ (Criterion-related validity) อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (ICC = 0.820-0.980) เมื่อเปรียบเทียบกับ การวัดจากภาพถ่าย X-ray ที่เป็นเครื่องมือมาตรฐาน (Gold standard) แต่อย่างไรก็ตามเครื่องมือดังกล่าวนี้มีความสามารถวัดได้เพียงแค่ช่วงการเคลื่อนไหวของคอได้เท่านั้น และต้องคาดคะเนด้วยสายตาในการวัด¹ การศึกษาก่อนหน้านี้ได้มีการพัฒนาแอนดรอยด์แอปพลิเคชันที่ใช้วัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอในผู้ที่ไม่มีอาการปวดคอ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาดังกล่าวไม่ได้ทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้วัดภายในวันและระหว่างวัน รวมถึงความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด² ขนาธิป ขาวนวลและคณะ ในปี พ.ศ. 2559 ได้พัฒนาแอปพลิเคชัน Goniometer™ ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันวัดช่วงการเคลื่อนไหวข้อต่อของร่างกาย แสดงผลองศาการเคลื่อนไหวที่วัดได้ในรูปแบบดิจิทัล สามารถเก็บข้อมูลการวัดช่วงการเคลื่อนไหวและนำข้อมูลผลของการวัดจากแอปพลิเคชันออกมาในรูปแบบไฟล์ชนิด Excel ได้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับ Full circle protractor พบว่ามีความแตกต่างเพียง 0.1° เท่านั้น³ แต่อย่างไรก็ตามแอปพลิเคชัน Goniometer™ นี้ยังไม่ได้ทดสอบความน่าเชื่อถือและความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ในมนุษย์ อีกทั้งยังไม่มีการศึกษาใดทำการทดสอบความน่าเชื่อถือและความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของแอนดรอยด์แอปพลิเคชันในผู้ที่มีอาการปวดคอ จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด และระหว่างผู้วัด (Intra-rater and inter-rater reliability) ของแอนดรอยด์แอปพลิเคชันในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอ และความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ (Criterion-related validity) ของแอนดรอยด์แอปพลิเคชันเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่อง CROM™ ในอาสาสมัครที่ไม่มีอาการปวดคอและมีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง

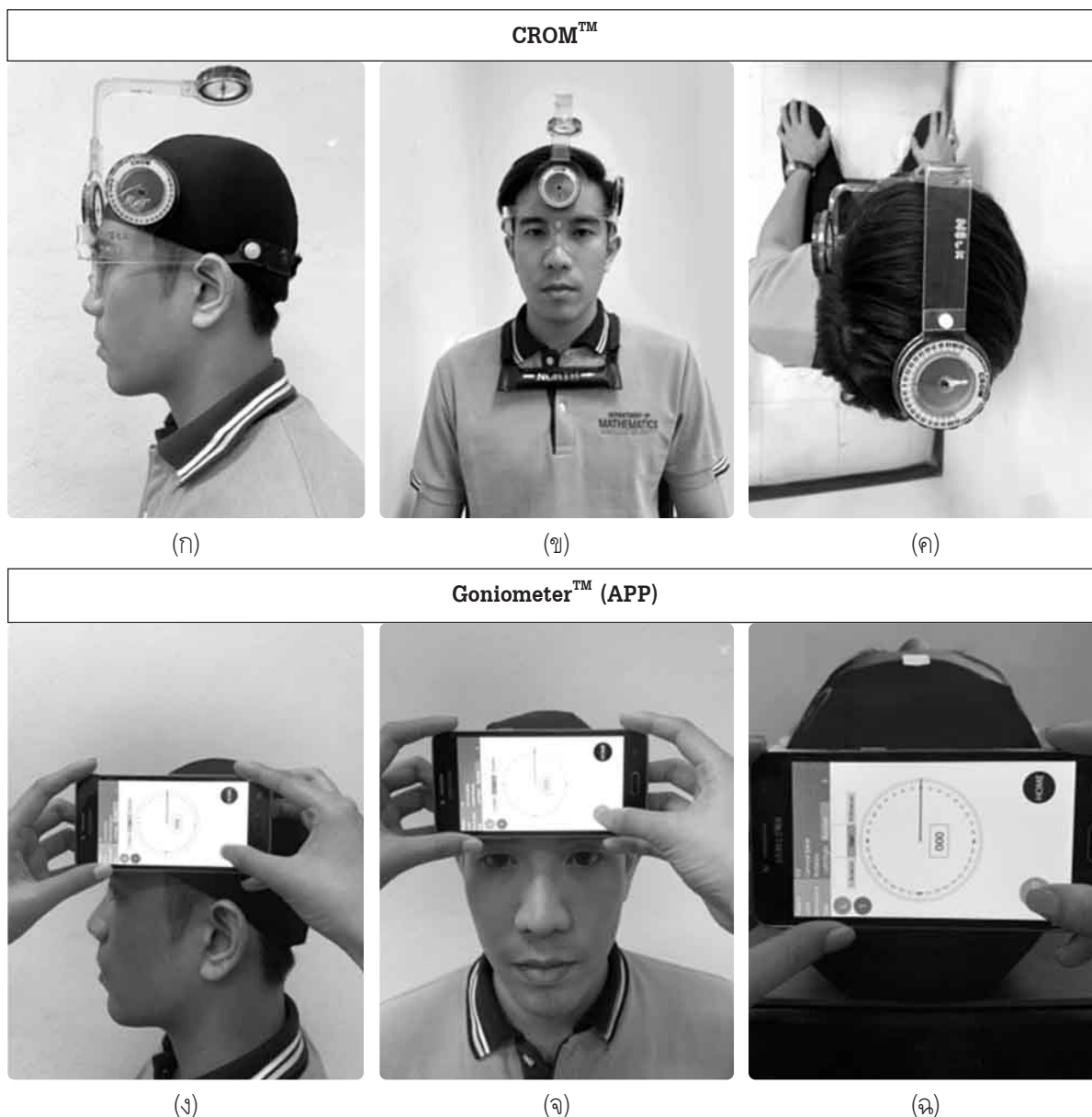
วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบตัดขวาง (Cross-sectional study) กลุ่มตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน โดยเป็นนิสิตหรือบุคลากรที่อยู่ภายในหรือบริเวณใกล้เคียงมหาวิทยาลัยนเรศวร คำนวณจากโปรแกรม G*power 3.1.9.2 คำนวณได้ขนาดตัวอย่างจำนวน 29 คนต่อกลุ่ม โดยผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลจำนวน 30 คนต่อกลุ่ม เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล (Drop out) โดยมีเกณฑ์การคัดเข้าของกลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอคือ เพศชายหรือหญิง อายุ 20-40 ปี ไม่มีอาการปวดคอในช่วง 6 เดือนก่อนที่จะทำการวิจัย มีระดับคะแนนของแบบสอบถามประเมินดัชนีวัดความบกพร่องของคอ (Neck disability index: NDI) น้อยกว่า 5 คะแนน (ไม่มีความบกพร่องของคอ)⁴ และกลุ่มที่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง เพศชายหรือหญิง อายุ 20-40 ปี มีอาการปวดคอแบบไม่ทราบสาเหตุที่ชัดเจนโดยมีอาการปวดคอย่างน้อย 1 สัปดาห์ มีระดับคะแนนความเจ็บปวด (Visual analog scale: VAS) ของอาการปวดค้อยู่ในช่วง 4.5-7.4 เซนติเมตรจาก 10 เซนติเมตร⁵ และมีระดับคะแนนของแบบสอบถามประเมินดัชนีวัดความบกพร่องของคอ (NDI) ในช่วง 5-24 คะแนน (มีความบกพร่องของคอเล็กน้อยถึงปานกลาง)⁴ และมีเกณฑ์การคัดออกผู้ที่มดัชนีมวลกาย (Body mass index: BMI) มากกว่า 30.0 กิโลกรัมต่อตารางเมตร^{6,7} มีความผิดปกติของระบบประสาท เช่น มีอาการชา หรืออ่อนแรงของรยางค์แขน เคยได้รับการผ่าตัดบริเวณกระดูกสันหลังส่วนคอ หรือมีการดูกลันหลังคดส่วนคออย่างเห็นได้ชัด⁸ ทั้งนี้อาสาสมัครได้ลงนามยินยอมเข้าร่วมการศึกษาและสามารถถอนตัวจากการศึกษาได้ตลอดเวลา โดยการศึกษาผ่านการรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (IRB No. 0055/62) และทำการเก็บข้อมูลการวิจัยที่ห้อง AHS 1516 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ.2562

อุปกรณ์และการวางตำแหน่งอุปกรณ์

1. เครื่องวัดองศาคอ (Cervical range of motion instrument: CROM™)

ประกอบไปด้วยโครงพลาสติก (Frame) ที่วางสวมที่ศีรษะ โดยจะมี Inclinator จำนวน 3 ตำแหน่ง⁹ ดังรูปที่ 1 ขณะทำการวัดผู้วัดจะยืนฝั่งตรงข้ามของมาตรวัดเพื่อเป็นการปกปิดผู้วัด (Blinded examiners)



รูปที่ 1 แสดงท่าเริ่มต้นในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอโดยใช้ CROM™ และ APP (ก) และ (ง) แสดงท่าเริ่มต้นการวัดในทิศทางก้มคอและเงยคอ (ข) และ (จ) แสดงท่าเริ่มต้นการวัดในทิศทางเอียงคอ (ค) และ (ฉ) แสดงท่าเริ่มต้นการวัดในทิศทางหมุนคอ

2. แอปพลิเคชัน Goniometer™ (APP)

สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android เวอร์ชัน 4.0 ขึ้นไป จำนวน 1 เครื่อง ที่มีแอปพลิเคชัน Goniometer™ (APP) (ข้อมูลลิขสิทธิ์ เลขที่ 355232 อนุมัติ ณ วันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ. 2560) ใช้หลัก การวัดองศาด้วย Accelerometer Sensor มีความจุโปรแกรม 7.97 MB ก่อนทำการทดสอบจะให้อาสาสมัครสวมหมวกว่ายน้ำ และทำเครื่องหมาย (Marker) ที่ตำแหน่งเดียวกับมาตรวัดของ CROM™ เพื่อวางตำแหน่งของสมาร์ทโฟนในแต่ละทิศทาง (รูป ที่ 1) และทำการติดตั้งเกอ์บนมาตรวัดของ APP เพื่อเป็นการ ปกปิดผู้วัด

ผู้ทดสอบ

ผู้วัดทั้ง 2 คน (N.S. และ A.K.) เป็นนักกายภาพบำบัด จะ เป็นผู้วัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอในอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่ง มี การปกปิดผู้วัดโดยให้บุคคลที่ 3 (K.T.) เป็นนักศึกษานิเทศศาสตร์ ที่ไม่เคยมีประสบการณ์การใช้ APP และ CROM™ เป็นผู้อ่าน ค่าองศาการเคลื่อนไหวที่ได้จากอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิด ก่อนทำการ ทดสอบผู้วัดทั้ง 2 คนจะได้รับการฝึกใช้ APP และ CROM™ ในผู้ที่ไม่มีอาการปวดคอจำนวน 5 คนเป็นเวลา 16 ชั่วโมงก่อน ทำการทดสอบ ซึ่งพบว่าความน่าเชื่อถือภายในผู้วัดโดยใช้ APP ของผู้วัดคนที่ 1 (N.S.) ($ICC = 0.893-0.992$) สูงกว่าผู้วัดคน

ที่ 2 ($ICC = 0.776-0.953$) ดังนั้นผู้วัดคนที่ 1 (N.S.) จึงได้รับการคัดเลือกให้เป็นผู้ทดสอบหลักในการทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด อีกทั้งความน่าเชื่อถือภายในผู้วัดโดยใช้ CROM™ ของผู้วัดคนที่ 1 (N.S.) ($ICC = 0.906-0.995$) สูงกว่าผู้วัดคนที่ 2 ($ICC = 0.759-0.983$) เช่นกัน ดังนั้นผู้วัดคนที่ 1 (N.S.) จึงได้รับการคัดเลือกให้เป็นผู้ทดสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์โดยใช้ CROM™ ในการศึกษา

ขั้นตอนการเตรียมอาสาสมัครและสถานที่ทดสอบ

อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มมีขั้นตอนการทดสอบที่เหมือนกันคือ ยึดกล้ามเนื้อคอทุกทิศทางการเคลื่อนไหว (6 ทิศทาง) เป็นเวลา 5 นาที โดยจะยึดตรึงลำตัวของอาสาสมัครที่บริเวณอกและขา โดยให้อาสาสมัครอยู่ในท่านั่งหลังตรง (Neutral pelvic tilt)¹⁰ รวมไปถึงติดเทปกาที่บริเวณปลายเท้าและสันเท้าของอาสาสมัครเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าของอาสาสมัครในวันถัดไป (รูปที่ 2) ผู้วัดสอนให้อาสาสมัครเคลื่อนไหวแต่ละทิศทาง ทิศทางละ 3 ครั้งก่อนทำการทดสอบ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

อาสาสมัครจะได้รับการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอจากผู้วัดทั้ง 2 คน โดยจับฉากมุมลำดับของผู้วัด และทำการวัดในทิศทางก้มคอ เงยคอ เอียงไปด้านซ้าย/ขวา และ หมุนไปด้านซ้าย/ขวาตามลำดับ ซึ่งมีการกำหนดคำร้องขอให้เคลื่อนไหวคอ เพื่อให้อาสาสมัครแต่ละคนมีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมือนกัน



รูปที่ 2 แสดงการยึดตรึงลำตัวอาสาสมัครและติดเทปกาที่บริเวณปลายเท้าและสันเท้าของอาสาสมัครในท่านั่ง

ความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (Intra-rater reliability)

ผู้วัดคนที่ 1 (N.S.) ทดสอบโดยใช้ APP ใช้เวลาในการทดสอบ 2 วัน โดยวันที่ 1 วัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอ 2 ชุด ระหว่างชุดพัก 10 นาที และวันที่ 2 วัดซ้ำอีก 1 ชุด (1 ชุด คือ ทำซ้ำทิศทางละ 3 ครั้ง ระหว่างครั้งพัก 10 วินาที) โดยวันที่ 1 และวันที่ 2 มีระยะเวลาห่างกันอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความน่าเชื่อถือภายในวัน (Within day) และระหว่างวัน (Between days)

ความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด (Inter-rater reliability)

ผู้วัดคนที่ 2 (A.K.) ทดสอบโดยใช้ APP ในวันที่ 1 จำนวน 1 ชุด และนำค่าองค์การเคลื่อนไหวที่วัดได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติกับค่าองค์การเคลื่อนไหวในวันที่ 1 ชุดที่ 1 ของผู้วัดคนที่ 1 (N.S.) เพื่อหาค่าความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด

ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ (Criterion-related validity)

ผู้วัดคนที่ 1 (N.S.) ทดสอบโดยใช้ CROM™ ในวันที่ 1 จำนวน 1 ชุด เพื่อนำค่าองค์การเคลื่อนไหวที่วัดได้ของผู้วัด N.S. โดยใช้ APP และ CROM™ ในวันที่ 1 ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS เวอร์ชัน 17.0) วิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของอาสาสมัครและค่าองค์การเคลื่อนไหวเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\pm SD$) ทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้วัดโดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น ($ICC_{3,k}$) ทดสอบความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัดโดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น ($ICC_{2,k}$) โดยแปลผลค่า ICC ได้ดังนี้ 0.00-0.49 (ต่ำ) 0.50-0.74 (ปานกลาง) 0.75-0.89 (สูง) และ 0.90-1.00 (สูงมาก)¹¹ และทดสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของ APP เมื่อเทียบกับ CROM™ โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น¹¹ (ICC model Two-way mixed effects, absolute agreement) สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน¹² (Pearson's correlation coefficient: r) โดยแปลผลค่า Pearson's (r) ได้ดังนี้ 0.00-0.29 (ต่ำมาก) 0.30-0.49 (ต่ำ) 0.50-0.69 (ปานกลาง) 0.70-0.89 (สูง) และ 0.90-1.00 (สูงมาก)¹³ และ Bland and Altman plot¹⁴

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัครที่ไม่มีอาการปวดคอ และมีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง

ลักษณะทั่วไป	กลุ่มไม่มีอาการปวดคอ (n = 30)	กลุ่มมีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง (n = 30)
อายุ (ปี) Mean $\pm$ SD	22.47 $\pm$ 3.32	24.47 $\pm$ 4.01
(min, max)	(20, 36)	(20, 36)
น้ำหนัก (กก.) Mean $\pm$ SD	62.22 $\pm$ 12.90	63.70 $\pm$ 11.52
(min, max)	(44, 99)	(45, 95)
ส่วนสูง (ซม.) Mean $\pm$ SD	166.50 $\pm$ 8.16	169.38 $\pm$ 8.51
(min, max)	(151, 185)	(156, 187)
BMI (กก./ตร.ม.) Mean $\pm$ SD	22.28 $\pm$ 3.21	22.06 $\pm$ 2.59
(min, max)	(16.56, 28.93)	(18.03, 29.00)
NDI (คะแนน) Mean $\pm$ SD	1.17 $\pm$ 1.51	11.73 $\pm$ 3.60
(min, max)	(0, 4)	(5, 20)
VAS (ซม.) Mean $\pm$ SD	-	5.36 $\pm$ 0.73
(min, max)	-	(4.50, 6.80)

ดัชนีมวลกาย (Body mass index : BMI), ระดับคะแนนของแบบสอบถามประเมินดัชนีวัดความบกพร่องของคอ (Neck disability index: NDI), ระดับคะแนนความเจ็บปวด (Visual analog scale : VAS)

ผลการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้มีจำนวนทั้งสิ้น 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอจำนวน 30 คน และกลุ่มที่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจงจำนวน 30 คน การศึกษาอาสาสมัครทุกคนเข้าร่วมครบตามวันที่กำหนด ไม่มีการสูญหายหรือถอนออกระหว่างการศึกษ โดยมีความสัมพันธ์พื้นฐานของอาสาสมัครดังตารางที่ 1

ความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (Intra-rater reliability)

ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอมีความน่าเชื่อถือภายในวันที่ 1 ของผู้วัดคนที่ 1 (N.S.) โดยใช้ APP อยู่ในระดับสูงมากทุกทิศทาง ($ICC_{3,k} = 0.963-0.991$) และความน่าเชื่อถือระหว่างวันที่ 1 และวันที่ 2 อยู่ในระดับสูงมากทุกทิศทาง ยกเว้นทิศทางเอียงคอบิด้านซ้าย และหมุนคอบิด้านขวาอยู่ในระดับสูง ($ICC_{3,k} = 0.870-0.970$) (ตารางที่ 2) ส่วนกลุ่มที่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจงมีความน่าเชื่อถือภายในวันที่ 1 และความน่าเชื่อถือระหว่างวันที่ 1 และวันที่ 2 อยู่ในระดับสูงมากทุกทิศทาง $ICC_{3,k} = 0.984-0.994$ และ $0.963-0.987$ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด (Inter-rater reliability)

ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอมีความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด ในทิศทางก้มคอและเงยคอบนอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนทิศทางเอียงคอบิด้านซ้าย/ขวา และหมุนคอบิด้านซ้าย/ขวาอยู่ใน

ระดับสูง ($ICC_{2,k} = 0.800-0.971$) ดังตารางที่ 4 ส่วนกลุ่มที่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจงมีความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัดอยู่ในระดับสูงมากทุกทิศทาง ($ICC_{2,k} = 0.908-0.970$) (ตารางที่ 4)

ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ (Criterion-related validity)

ผลทางสถิติพบว่าค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธของ APP เมื่อเทียบกับเครื่อง CROMTM ในกลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ ICC พบว่าในทิศทางก้มคอและเงยคอบนอยู่ในระดับสูงมาก ทิศทางเอียงคอบิด้านซ้าย/ขวาอยู่ในระดับสูง ทิศทางหมุนคอบิด้านซ้าย/ขวาอยู่ในระดับปานกลาง และทิศทางหมุนคอบิด้านขวาอยู่ในระดับต่ำ ($ICC = 0.473-0.975$) แต่เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Pearson's (r) พบว่าในทิศทางก้มคอและเงยคอบนอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนทิศทางเอียงคอบิด้านซ้าย/ขวา และทิศทางหมุนคอบิด้านซ้าย/ขวาอยู่ในระดับสูง ($r = 0.708-0.958$) (ตารางที่ 5) เมื่อใช้กราฟ Bland and Altman plots ทดสอบความสอดคล้อง (Agreement) พบว่าข้อมูลทั้งหมดของการวัดซ้ำระหว่าง APP และ CROMTM ตกอยู่ในช่วง 95% limit of agreement (LoA) ทุกทิศทาง การเคลื่อนไหว ยกเว้นในทิศทางก้มคอ เงยคอ เอียงคอบิด้านซ้าย และหมุนคอบิด้านซ้าย/ขวามีข้อมูลอาสาสมัครเพียง 1-2 คนที่ไม่ตกอยู่ในช่วง 95% LoA แต่อย่างไรก็ตามพบว่า 95% LoA ที่แคบ ($\pm$ น้อยกว่า 8.30°) (รูปที่ 3) ส่วนกลุ่มที่มีอาการปวดคอ

ตารางที่ 2 แสดงความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (Intra-rater reliability) ภายในวัน (Within day) และระหว่างวัน (Between days) โดยใช้สมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน

ทิศทาง	ความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (ผู้วัดคนที่ 1 : N.S.) โดยใช้ APP ในผู้ที่ไม่มีอาการปวดคอ (n = 30)					
	ก้มคอ (Flexion)		เอียงคอไปด้านซ้าย (Lt. lateral flexion)		หมุนคอไปด้านซ้าย (Lt. rotation)	
พารามิเตอร์	ภายในวัน	ระหว่างวัน	ภายในวัน	ระหว่างวัน	ภายในวัน	ระหว่างวัน
Mean (95%CI)	36.24° (35.40°, 37.07°)	36.27° (35.44°, 37.10°)	44.61° (44.07°, 45.14°)	44.42° (43.80°, 45.05°)	63.59° (62.98°, 64.20°)	63.63° (62.99°, 64.26°)
SD	3.23°	3.22°	2.06°	2.43°	2.37°	2.45°
ICC _{3,3} (95%CI)	0.991* (0.981, 0.996)	0.970* (0.937, 0.986)	0.963* (0.922, 0.982)	0.870* (0.731, 0.938)	0.978* (0.955, 0.990)	0.954* (0.928, 0.984)
SEM (%SEM)	0.31° (0.85%)	0.56° (1.54%)	0.40° (0.89%)	0.87° (1.97%)	0.35° (0.55%)	0.53° (0.83%)
MDC ₉₅	0.85°	1.55°	1.10°	2.42°	0.97°	1.46°
CV (%)	8.92%	8.87%	4.63%	5.46%	3.72%	3.85%
R _c	1.19	2.16	1.55	3.24	1.36	2.02
95%LoA (Lower,Upper)	-1.14°, 1.30°	-2.30°, 2.52°	-1.54°, 1.60°	-2.79°, 3.59°	-1.33°, 1.41°	-2.09°, 2.03°

ทิศทาง	เอียงคอไปด้านขวา (Rt. lateral flexion)				หมุนคอไปด้านขวา (Rt. rotation)	
	ภายในวัน	ระหว่างวัน	ภายในวัน	ระหว่างวัน	ภายในวัน	ระหว่างวัน
พารามิเตอร์	ภายในวัน	ระหว่างวัน	ภายในวัน	ระหว่างวัน	ภายในวัน	ระหว่างวัน
Mean (95%CI)	55.32° (53.84°, 56.80°)	55.23° (53.77°, 56.70°)	43.58° (43.08°, 44.09°)	43.44° (42.92°, 43.97°)	64.33° (63.76°, 64.91°)	64.27° (63.68°, 64.85°)
SD	5.74°	5.68°	1.97°	2.04°	2.22°	2.27°
ICC _{3,3} (95%CI)	0.988* (0.975, 0.994)	0.974* (0.945, 0.988)	0.975* (0.948, 0.988)	0.953* (0.903, 0.978)	0.963* (0.922, 0.982)	0.878* (0.745, 0.942)
SEM (%SEM)	0.63° (1.14%)	0.92° (1.66%)	0.31° (0.71%)	0.44° (1.02%)	0.43° (0.67%)	0.79° (1.23%)
MDC ₉₅	1.74°	2.54°	0.86°	1.22°	1.19°	2.20°
CV (%)	10.37%	10.28%	4.52%	4.69%	3.46%	3.53%
R _c	2.47	3.57	1.22	1.69	1.66	2.93
95%LoA (Lower,Upper)	-2.52°, 2.50°	-3.47°, 3.79°	-1.33°, 1.10°	-1.55°, 1.87°	-1.62°, 1.76°	-2.78°, 3.18°

ในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอในผู้ที่ไม่มีอาการปวดคอ (n = 30) * นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$

CI, confidence interval; ICC, intraclass correlation coefficient; SEM, standard error of measurement; MDC95, minimum detectable change at the 95% confidence interval; CV, coefficient of variation; R_c, repeatability coefficient¹⁹; 95%LoA, Bland and Altman plots with 95% limit of agreement.

ตารางที่ 3 แสดงความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (Intra-rater reliability) ภายในวัน (Within day) และระหว่างวัน (Between days) โดยใช้สมการโทรศัพท์แอปพลิเคชันในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอในผู้ที่ไม่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง (n = 30)

ความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (ผู้วัดคนที่ 1 : N.S.) โดยใช้ APP ในผู้ที่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง (n = 30)					
ทิศทาง	ก้มคอ (Flexion)		เอียงคอไปด้านซ้าย (Lt. lateral flexion)		หมุนคอไปด้านซ้าย (Lt. rotation)
พารามิเตอร์	ภายในวัน	ระหว่างวัน	ภายในวัน	ระหว่างวัน	ภายในวัน
Mean (95%CI)	33.01° (32.04°, 33.97°)	33.17° (32.23°, 34.11°)	39.27° (38.27°, 40.28°)	39.28° (38.29°, 40.27°)	56.35° (55.33°, 57.38°)
SD	3.73°	3.63°	3.90°	3.83°	3.97°
ICC (95%CI)	0.989* (0.974, 0.995)	0.964* (0.925, 0.983)	0.989* (0.977, 0.995)	0.978* (0.995, 0.990)	0.994* (0.986, 0.997)
SEM (%SEM)	0.39° (1.18%)	0.69° (2.08%)	0.41° (1.04%)	0.57° (1.44%)	0.31° (0.55%)
MDC ₉₅	1.08°	1.91°	1.13°	1.57°	0.85°
CV (%)	11.29%	10.94%	9.92%	9.74%	7.04%
R _c	1.58	2.66	1.58	2.22	1.25
95%LoA (Lower, Upper)	-1.17°, 1.77°	-2.73°, 2.67°	-1.76°, 1.34°	-2.22°, 2.18°	-1.06°, 1.40°
					-2.48°, 2.26°
ทิศทาง	เงยคอ (Extension)		เอียงคอไปด้านขวา (Rt. lateral flexion)		หมุนคอไปด้านขวา (Rt. rotation)
พารามิเตอร์	ภายในวัน	ระหว่างวัน	ภายในวัน	ระหว่างวัน	ภายในวัน
Mean (95%CI)	45.84° (44.28°, 47.39°)	45.90° (44.34°, 47.46°)	38.02° (36.85°, 39.19°)	38.07° (36.91°, 39.23°)	57.31° (56.20°, 58.42°)
SD	6.02°	6.04°	4.53°	4.49°	4.29°
ICC (95%CI)	0.993* (0.984, 0.997)	0.963* (0.924, 0.982)	0.994* (0.987, 0.997)	0.987* (0.973, 0.994)	0.984* (0.967, 0.993)
SEM (%SEM)	0.50° (1.10%)	1.16° (2.53%)	0.35° (0.92%)	0.51° (1.34%)	0.54° (0.95%)
MDC ₉₅	1.40°	3.22°	0.97°	1.42°	1.51°
CV (%)	13.14%	13.15%	11.92%	11.79%	7.49%
R _c	2.02	4.49	1.44	1.99	2.10
95%LoA (Lower, Upper)	-2.28°, 1.68°	-4.91°, 4.07°	-1.34°, 1.52°	-2.03°, 2.01°	-2.24°, 2.04°
					-2.35°, 2.31°

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$

CI, confidence interval; ICC, intraclass correlation coefficient; SEM, standard error of measurement; MDC₉₅, minimum detectable change at the 95% confidence interval;

CV, coefficient of variation; R_c, repeatability coefficient¹⁹; 95%LoA, Bland and Altman plots with 95% limit of agreement

ตารางที่ 4 แสดงความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด (Inter-rater reliability) โดยใช้สมการโพนแอปพลิเคชันในการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของคอในผู้ที่ไม่มีอาการปวดคอ (n=30) และมีการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง (n = 30)

ความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัดคนที่ 1 และคนที่ 2 โดยใช้ APP						
กลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอ (n=30)						
พารามิเตอร์	ก้มคอ (Flexion)	เงยคอ (Extension)	เอียงคอไปด้านซ้าย (Lt. lateral flexion)	เอียงคอไปด้านขวา (Rt. lateral flexion)	หมุนคอไปด้านซ้าย (Lt. rotation)	หมุนคอไปด้านขวา (Rt. rotation)
Mean (95%CI)	36.24° (35.40° , 37.08°)	55.19° (53.71° , 56.68°)	44.59° (43.95° , 45.24°)	43.56° (43.01° , 44.11°)	63.57° (62.96° , 64.18°)	63.93° (63.31° , 64.54°)
SD	3.24°	5.74°	2.48°	2.13°	2.36°	2.38°
MD	0.08°	0.23°	-0.28°	-0.07	0.08°	0.88°
ICC _{2,3} (95%CI)	0.971* (0.938, 0.986)	0.961* (0.918, 0.981)	0.858* (0.704, 0.932)	0.800* (0.574, 0.904)	0.890* (0.767, 0.947)	0.849* (0.616, 0.934)
CV (%)	8.94%	10.41%	5.56%	4.89%	3.71%	3.72%
R _c	2.19	4.40	3.32	3.43	2.94	3.43
95%LoA (Lower,Upper)	-2.13° , 2.29°	-4.22° , 4.68°	-3.61° , 3.05°	-3.56° , 3.42°	-2.90° , 3.06°	-2.16° , 3.92°
กลุ่มที่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง (n = 30)						
พารามิเตอร์	ก้มคอ (Flexion)	เงยคอ (Extension)	เอียงคอไปด้านซ้าย (Lt. lateral flexion)	เอียงคอไปด้านขวา (Rt. lateral flexion)	หมุนคอไปด้านซ้าย (Lt. rotation)	หมุนคอไปด้านขวา (Rt. rotation)
Mean (95%CI)	33.24° (32.26° , 34.22°)	45.83° (44.14° , 47.23°)	39.22° (38.25° , 40.20°)	37.83° (36.65° , 39.01°)	56.52° (55.48° , 57.55°)	57.34° (56.24° , 58.43°)
SD	3.79°	6.10°	3.78°	4.58°	4.01°	4.24°
MD	-0.17°	0.01°	-0.11°	0.48	-0.17°	-0.17°
ICC _{2,3} (95%CI)	0.908* (0.806, 0.956)	0.970* (0.938, 0.986)	0.954* (0.903, 0.978)	0.949* (0.893, 0.975)	0.938* (0.870, 0.970)	0.940* (0.874, 0.971)
CV (%)	11.41%	13.31%	9.64%	12.10%	7.09%	7.40%
R _c	4.35	3.99	3.63	3.99	3.82	3.99
95%LoA (Lower,Upper)	-4.58° , 4.24°	-4.06° , 4.07°	-3.29° , 3.07°	-3.48° , 4.44°	-4.03° , 3.69°	-4.21° , 3.87°

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$

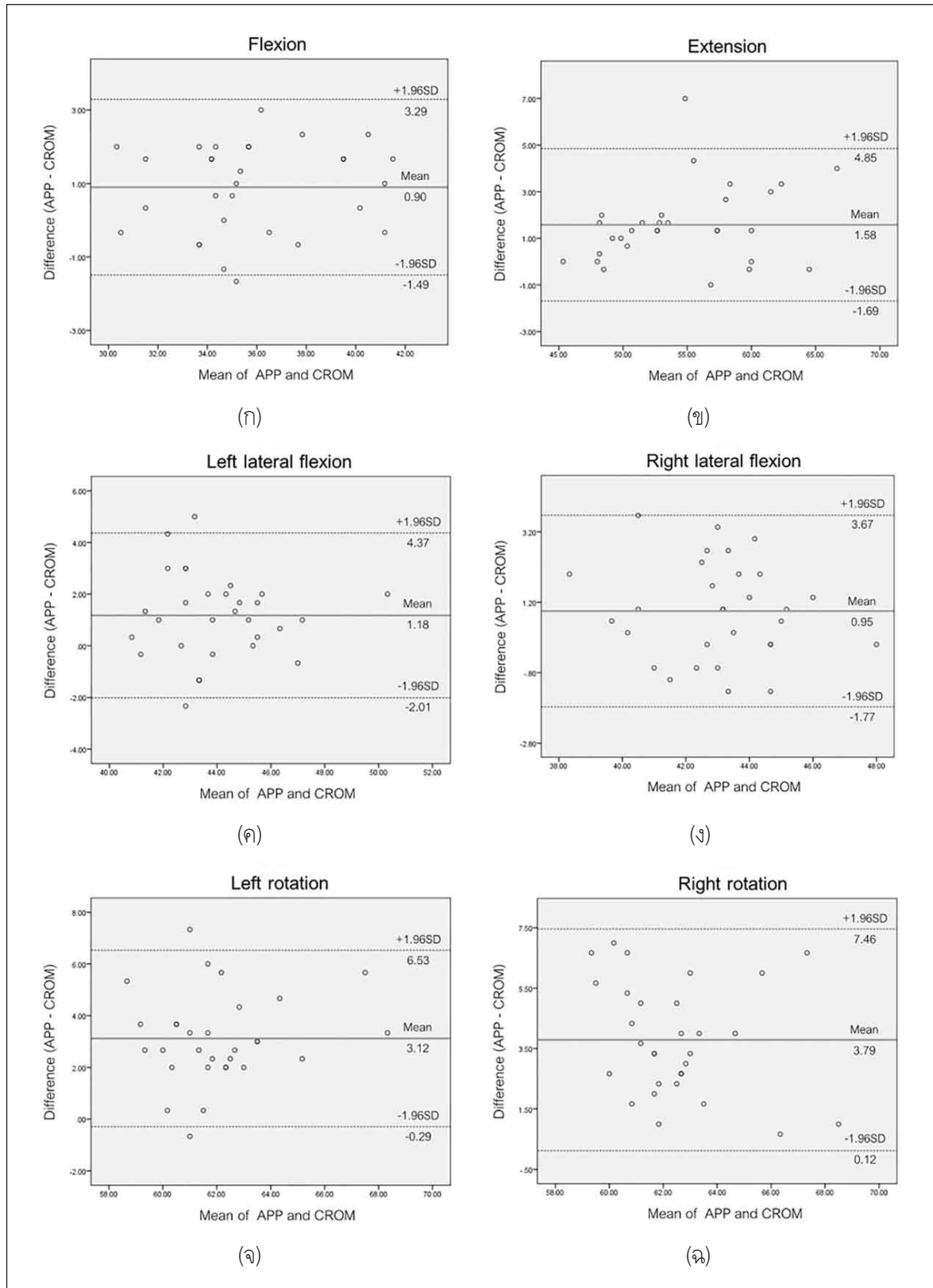
CI, confidence interval; MD, Mean difference; ICC, intraclass correlation coefficient; CV, coefficient of variation; R_c, repeatability coefficient¹⁹; 95%LoA, Bland and Altman plots with 95% limit of agreement.

ตารางที่ 5 แสดงความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ (Criterion-related validity) ของสมการพหุคูณแบบพหุคูณสัมพันธ์กับเครื่อง CROM™ ในผู้ที่ไม่มีอาการปวดคอ (n=30) และมีการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง (n = 30)

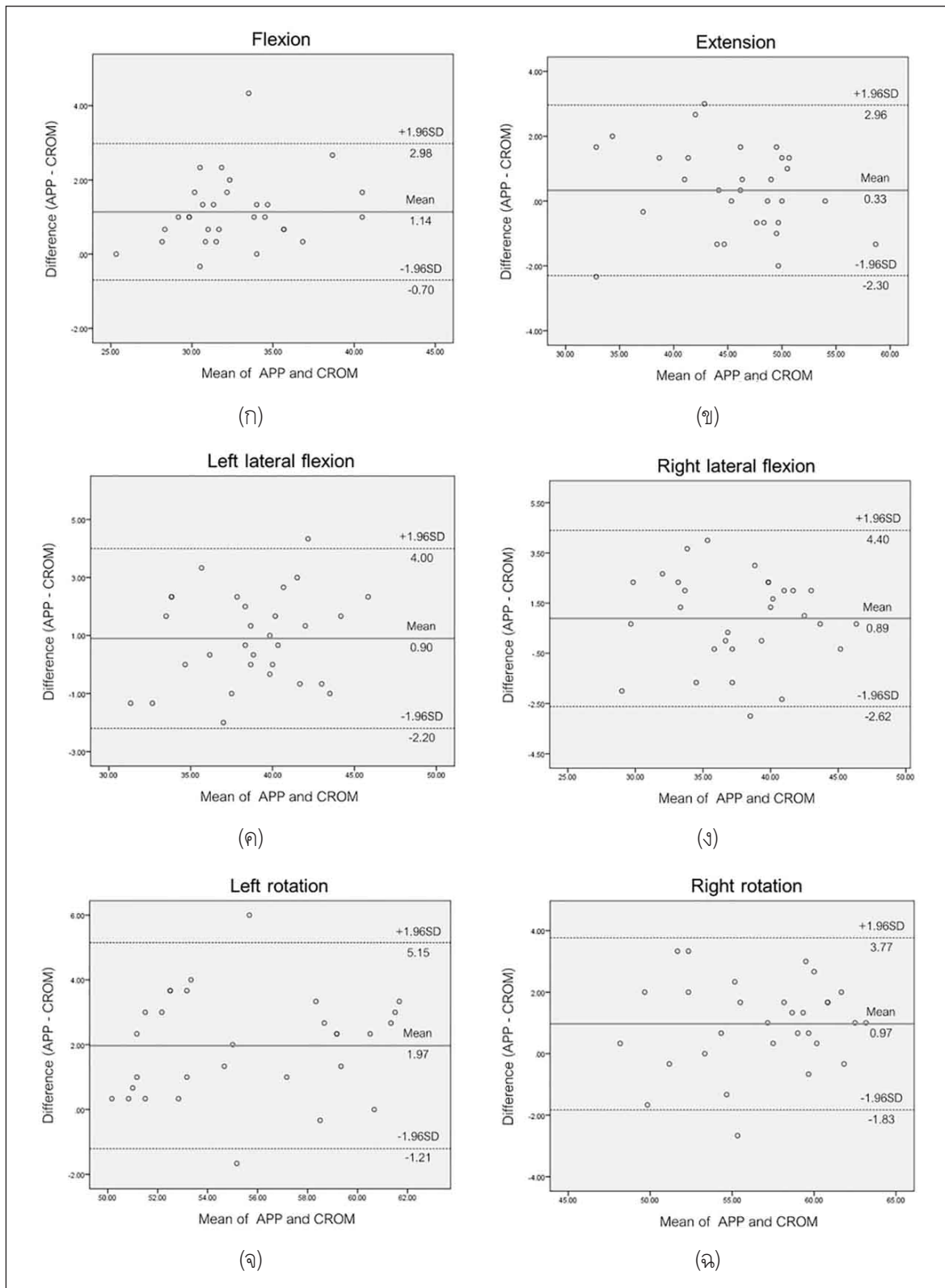
ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของ APP เปรียบเทียบกับ CROM™						
กลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอ (n = 30)						
พารามิเตอร์	ก้มคอ (Flexion)	เงยคอ (Extension)	เอียงคอไปด้านซ้าย (Lt. lateral flexion)	เอียงคอไปด้านขวา (Rt. lateral flexion)	หมุนคอไปด้านซ้าย (Lt. rotation)	หมุนคอไปด้านขวา (Rt. rotation)
Mean (95%CI)	35.83° (35.00°, 36.66°)	54.52° (53.08°, 55.97°)	44.03° (43.45°, 44.62°)	43.05° (42.49°, 43.61°)	62.05° (61.32°, 62.78°)	62.47° (61.69°, 63.26°)
SD	3.22°	5.59°	2.27°	2.16°	2.81°	3.05°
MD	0.90°	1.58	1.18°	0.95°	3.12°	3.79°
ICC (95%CI)	0.945* (0.783, 0.979)	0.958* (0.723, 0.987)	0.782* (0.365, 0.911)	0.837* (0.518, 0.934)	0.558* (0.215, 0.850)	0.473* (0.187, 0.808)
Pearson (r)	0.929*	0.958*	0.728*	0.789*	0.728*	0.708*
CV (%)	8.99%	10.24%	5.15%	5.01%	4.53%	4.87%
R _c	2.94	4.46	3.88	3.24	6.98	8.25
95%LoA (Lower, Upper)	-1.49°, 3.29°	-1.69°, 4.85°	-2.10°, 4.37°	-1.77°, 3.67°	-0.29°, 6.53°	0.12°, 7.46°
กลุ่มที่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง (n = 30)						
พารามิเตอร์	ก้มคอ (Flexion)	เงยคอ (Extension)	เอียงคอไปด้านซ้าย (Lt. lateral flexion)	เอียงคอไปด้านขวา (Rt. lateral flexion)	หมุนคอไปด้านซ้าย (Lt. rotation)	หมุนคอไปด้านขวา (Rt. rotation)
Mean (95%CI)	32.58° (31.66°, 33.50°)	45.52° (43.96°, 47.08°)	38.72° (37.76°, 39.67°)	37.62° (36.42°, 38.82°)	55.45° (54.42°, 56.48°)	56.77° (55.67°, 57.88°)
SD	3.57°	6.05°	3.69°	4.64°	4.00°	4.28°
MD	1.14°	0.33	0.90°	0.89°	1.97°	0.97°
ICC (95%CI)	0.957* (0.496, 0.988)	0.987* (0.974, 0.994)	0.939* (0.830, 0.974)	0.954* (0.884, 0.980)	0.900* (0.177, 0.970)	0.960* (0.859, 0.984)
Pearson (r)	0.967*	0.977*	0.912*	0.926*	0.916*	0.945*
CV (%)	10.94%	13.28%	9.53%	12.33%	7.21%	7.54%
R _c	2.88	2.66	3.52	3.85	4.96	3.35
95%LoA (Lower, Upper)	-0.70°, 2.98°	-2.30°, 2.96°	-2.20°, 4.00°	-2.62°, 4.40°	-1.21°, 5.15°	-1.83°, 3.77°

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$

MD, Mean difference; CI, confidence interval; ICC, intraclass correlation coefficient; CV, coefficient of variation; R_c, repeatability coefficient¹⁹; 95%LoA, Bland and Altman plots with 95% limit of agreement; Pearson, Pearson's correlation coefficient.



รูปที่ 3 แสดงกราฟ Bland and Altman plots ระหว่างสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันและ CROMTM ในกลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอ (n = 30) (ก) ก้มคอ (Flexion) (ข) เงยคอ (Extension) (ค) เอียงคอไปด้านซ้าย (Lt. lateral flexion) (ง) เอียงคอไปด้านขวา (Rt. lateral flexion) (จ) หมุนคอไปด้านซ้าย (Lt. rotation) และ (ฉ) หมุนคอไปด้านขวา (Rt. rotation)



รูปที่ 4 แสดงกราฟ Bland and Altman plots ระหว่างสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันและ CROMTM ในกลุ่มที่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจง (ก) ก้มคอ (Flexion) (ข) เงยคอ (Extension) (ค) เอียงคอไปด้านซ้าย (Lt. lateral flexion) (ง) เอียงคอไปด้านขวา (Rt. lateral flexion) (จ) หมุนคอไปด้านซ้าย (Lt. rotation) และ (ฉ) หมุนคอไปด้านขวา (Rt. rotation)

แบบไม่จำเพาะเจาะจง เมื่อทดสอบด้วยสถิติ ICC และ Pearson's (r) พบว่ามีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์อยู่ในระดับสูงมากทุกทิศทางการเคลื่อนไหวของคอ โดยที่ ICC = 0.910-0.987 และ $r = 0.912-0.977$ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) โดยรูปที่ 4 แสดงกราฟ Bland and Altman plots พบว่าทุกทิศทางการเคลื่อนไหวมีข้อมูลอาสาสมัครเพียง 1-2 คนที่ไม่ตกอยู่ในช่วง 95% LoA แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในช่วง 95% LoA ที่แคบ ($\pm$ น้อยกว่า 7.01°)

วิจารณ์

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าความน่าเชื่อถือภายในผู้วัดโดยใช้ APP ในกลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอ มีความน่าเชื่อถือภายในวันอยู่ในระดับสูงมาก (ICC = 0.963-0.991) และความน่าเชื่อถือระหว่างวันอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (ICC = 0.870-0.974) ซึ่งต่างกับการศึกษาของ Yannick ในปี ค.ศ. 2013 ที่พบว่าความน่าเชื่อถือภายในผู้วัดอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (ICC = 0.660-0.840)⁸ และ June ในปี ค.ศ. 2014 ที่พบว่าความน่าเชื่อถือภายในผู้วัดอยู่ในระดับสูงทุกทิศทางการยกเว้นทิศทางหมุนคออยู่ในระดับต่ำ (ICC = 0.050-0.900)² ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือสูงกว่าศึกษาก่อนหน้านั้น แม้ว่าการศึกษาดังกล่าวจะทำการทดสอบในอาสาสมัครที่มีคุณสมบัติพื้นฐานใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม Yannick ในปี ค.ศ. 2013 มีวิธีการทดสอบต่างกับการศึกษานี้ คือ ทดสอบโดยใช้ไอโฟนแอปพลิเคชัน มีการวางตำแหน่งของสมาร์ทโฟนที่แตกต่างกัน และการยึดตรึงแค่บริเวณช่วงอก⁸ ส่วน June ในปี ค.ศ. 2014 ทดสอบโดยใช้แอนดรอยด์แอปพลิเคชันเช่นเดียวกับการศึกษานี้ แต่มีความแตกต่างกันในเรื่องของการวางตำแหน่งของสมาร์ทโฟนและการยึดตรึงแค่บริเวณช่วงอก² จะเห็นได้ว่าการศึกษานี้มีค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือภายในผู้วัดสูงกว่าการศึกษาข้างต้น ทั้งนี้เนื่องจาก 1) ผู้วัดทั้ง 2 คนเป็นนักกายภาพบำบัดที่ได้รับการฝึกใช้ APP เป็นเวลา 16 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ 2) มีการควบคุมการยึดตรึงลำตัวโดยวัดระดับความยาวของอุปกรณ์ที่ยึดตรึงบริเวณกระดูกอก บริเวณบ่า ความสูงของเก้าอี้ และทำการติดเทปกาวยืดบริเวณปลายเท้าและส้นเท้าเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าของอาสาสมัครในวันถัดไป 3) มีการทำเครื่องหมายที่ศีรษะของอาสาสมัคร เพื่อใช้ในการวางตำแหน่งของสมาร์ทโฟนในแต่ละทิศทางการที่ตำแหน่งเดียวกับมาตรวัดของ CROMTM เพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนของการวางสมาร์ทโฟนขณะทำการวัด และ 4) กำหนดคำร้องขอให้เคลื่อนไหวคอ เพื่อให้อาสาสมัครแต่ละคนมี

รูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมือนกัน และความน่าเชื่อถือภายในผู้วัดโดยใช้ APP ในกลุ่มที่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจงมีความน่าเชื่อถือภายในวัน (ICC = 0.984-0.994) และระหว่างวัน (ICC = 0.963-0.987) อยู่ในระดับสูงมากทุกทิศทาง ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือสูงกว่าการศึกษาของ Mohammad ในปี ค.ศ. 2018 ที่มีความน่าเชื่อถือภายในวันอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (ICC = 0.700-0.780) และความน่าเชื่อถือระหว่างวันอยู่ในระดับปานกลาง (ICC = 0.620-0.710) ซึ่งมีวิธีการทดสอบต่างกับการศึกษานี้ คือ ทดสอบโดยใช้ไอโฟนแอปพลิเคชัน มีการวางตำแหน่งของสมาร์ทโฟนที่แตกต่างกัน และการยึดตรึงแค่บริเวณช่วงอก¹⁵ ทั้งนี้ที่การศึกษานี้มีค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือสูงกว่าการศึกษาดังกล่าวอาจเนื่องมาจากเหตุผลที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น นอกจากนี้พบว่าค่า SEM และ MDC ของทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเพียงเล็กน้อย (SEM = $0.31^\circ-0.92^\circ$, MDC = $0.85^\circ-2.54^\circ$) จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ไม่ว่าจะเป็นผู้วัดหรือวิธีการวัดที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ดังนั้นผู้วิจัยคาดว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจาก APP แต่อย่างไรก็ตามความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมีน้อยกว่า 1° แสดงให้เห็นว่า APP มีความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ %SEM และ %CV ของทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าต่ำกว่า 5% และ 15% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ของการวัดซ้ำ¹⁶

ความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัดโดยใช้ APP ในกลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอ มีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (ICC = 0.800-0.971) และกลุ่มที่มีอาการปวดคอแบบไม่จำเพาะเจาะจงมีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูงมาก (ICC = 0.908-0.970) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่าการศึกษาก่อนหน้านี้^{8,15,17} อาจเนื่องมาจากเหตุผลที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น นอกจากนี้ยังมีค่า %CV ต่ำกว่า 15% แสดงให้เห็นว่า APP มีมาตรฐานในการวัดซ้ำ¹⁶

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของ APP เมื่อเทียบกับ CROMTM ในกลุ่มที่ไม่มีอาการปวดคอ ด้วยสถิติ Pearson's (r) พบว่า APP และ CROMTM มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ($r = 0.708-0.958$) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่าการศึกษาของ Yannick ในปี ค.ศ. 2013 ที่มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำถึงสูง ($r = 0.380-0.800$)⁸ และเมื่อทดสอบด้วยด้วยสถิติ ICC ของการศึกษานี้พบว่ามีความตรงอยู่ในระดับสูงถึงสูงมากทุกทิศทาง ยกเว้นทิศทางหมุนคออยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (ICC = 0.473-0.958) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่าการศึกษาของ Yannick

เอกสารอ้างอิง

- Williams MA, McCarthy CJ, Chorti A, Cooke MW, Gates S. A systematic review of reliability and validity studies of methods for measuring active and passive cervical range of motion. *J Manip Physio Ther.* 2010;33(2):138-55.
- 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.
- Kaonuan C, Mepayoung P. [Program for measuring range of motion using smartphone] [Thesis]. Phitsanulok: Naresuan University; 2016. Thai
- Sterling M, Rebbeck T. The neck disability index (NDI). *Aust J Physio Ther.* 2005;51(4):271.
- Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual analog scale for pain (VAS pain), numeric rating scale for pain (NRS pain), McGill pain questionnaire (MPQ), short-form McGill pain questionnaire (SF-MPQ), chronic pain grade scale (CPGS), short form-36 bodily pain scale (SF-36 BPS), and measure of intermittent and constant osteoarthritis pain (ICOAP). *Arthritis Care Res.* 2011;63(Suppl 11):S240-52.
- Norkin CC, Joyce White D. Measurement of joint motion: A guide to goniometry. 2nd ed. Philadelphia: F.A. Davis; 1995.
- Nuttall FQ. Body mass index: obesity, BMI, and health: A critical review. *Nutr Today.* 2015;50(3):117-28.
- 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):69.
- Audette I, Dumas JP, Côté JN, De Serres SJ. Validity and between-day reliability of the cervical range of motion (CROM) device. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(5):318-23.
- McKenzie R. The cervical and thoracic spine: Mechanical diagnosis and therapy. 2nd ed. Raumat Beach, N.Z.: Spinal publications; 1990.
- Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med.* 2016;15(2):155-63.
- Chamnongkich S. [Measurement in physical therapy: Essential concepts and applications]. Chaing mai: Siampimnana; 2014. Thai
- Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. Applied statistics for the behavioral sciences. 4th ed. Boston, MA: Houghton Mifflin Company; 1998.
- Giavarina D. Understanding Bland Altman analysis. *Biochem Med (Zagreb).* 2015;25(2):141-51.
- 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.
- Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.* 1998;26(4):217-38.
- Stenneberg MS, Busstra H, Eskes M, van Trijffel E, Cattrysse E, Scholten-Peeters GGM, et al. Concurrent validity and interrater reliability of a new smartphone application to assess 3D active cervical range of motion in patients with neck pain. *Musculoskelet Sci Pract.* 2018;34:59-65.
- Nikolaos Strimpakos. The assessment of the cervical spine. Part 1: Range of motion and proprioception. *J Bodywork Move Ther.* 2011;15(1):114-24
- Vaz S, Falkmer T, Passmore A, Parsons R, Andreou P. The case for using the repeatability coefficient when calculating test-retest reliability. *PloS one.* 2013;8(9):e73990.

