ความน่าเชื่อถือและค่าชี้วัดการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดของพารามิเตอร์การวิ่ง บันทึกโดยนาฬิกาออกกำลังกายและเซ็นเซอร์วัดความเร่ง

Reliability and Minimal Detectable Change of Running Parameters Monitored by Fitness Watch and Accelerometer

อรวรรณ ประศาสน์วุฒิ*, ณภัทร นันท์ธรภัค, อัครพล เกษียรธาดานนท์, จิตภา ชววิสุทธิกูล, ฉัตรชัย พีระวัธน์กุล

Orawan Prasartwuth*, Naphat Nanthoraphak, Akarapon Kaseantadanon, Jitapa Chawawisuttikool, Chatchai Phirawatthakul

ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: นาฬิกาออกกำลังกายและเซ็นเซอร์วัดความเร่งบันทึกค่าพารามิเตอร์ของการวิ่งได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าค่าพารามิเตอร์นั้น มีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับใด

วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือแบบวัดซ้ำและค่าชี้วัดการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดของพารามิเตอร์ของการวิ่ง

วิธีการวิจัย: อาสาสมัครสุขภาพดี จำนวน 20 คน สวมนาฬิกาออกกำลังกายและติดเซ็นเซอร์วัดความเร่งและวิ่งบนลู่วิ่งต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาที ด้วยความเร็วที่วิ่งได้แบบสบาย และทำการทดสอบซ้ำในวันถัดไปอีก 2 วัน (รวม 3 วัน) ด้วยความเร็วเดิม

ผลการวิจัย: ค่าความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำ (ICC 3,k) ของรอบขา ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น การโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่ง และความยาวก้าว มีค่า 0.98, 0.97, 0.95 และ 0.94 ตามลำดับ ซึ่งมีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับที่สูงมาก ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (SEM) มีค่าต่ำกว่าค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (MDC) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สรุปผล: รอบขา ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น การโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่ง ความยาวก้าว ที่บันทึกจากนาฬิกาออกกำลังกายร่วมกับเซ็นเซอร์วัดความเร่งมีความน่าเชื่อถือในระดับสูงมาก

คำสำคัญ: รอบขา ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น การโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่ง ความยาวก้าว ความน่าเชื่อถือ

ABSTRACT

Background: Fitness watch and accelerometer provides running parameters. However, the levels of the reliability of running parameters are still controversial.

Objective: To examine the test-retest reliability and the minimal detectable change of run parameters.

Methods: Twenty healthy volunteers wore the fitness watch and accelerometer attached at the edge of volunteers' pants. They ran on the treadmill continuously for five minutes at their comfortable speed and repeated the running protocol for two consecutive days (a total of three days) at the same speed.

Results: The intra-class correlation coefficient (ICC 3,k) for test-retest reliability of cadence, ground contact time, vertical oscillation, and stride length illustrated 0.98, 0.97, 0.95, and 0.94 respectively which indicated an excellent level of reliability. For all parameters, standard error of measurements (SEMs) were less than the minimal detectable changes (MDC) at the 95% confidence interval.

Conclusion: Fitness watch together with accelerometer could provide excellent reliability of running parameters in respect of cadence, ground contact time, vertical oscillation, and stride length.

*Corresponding author: Orawan Prasartwuth. Department of Physical Therapy Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. Email: orawan.pr@cmu.ac.th

Received: 22 Mar 2021; Revised: 6 May 2021; Accepted: 18 Jun 2021

Keywords: Cadence, Ground contact time, Vertical Oscillation, Stride length, Reliability

บทนำ

การดูแลสุขภาพด้วยการออกกำลังกาย เป็นแนวทางในการส่งเสริมและป้องกันโรคภัยไข้เจ็บ การวิ่งเป็นทางเลือกลำดับต้น ๆ ของคนทุกเพศ ทุกวัย รวมถึงมีประโยชน์ต่อร่างกายและจิตใจ เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าการวิ่งช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เพิ่มการไหลเวียนเลือดส่งผลให้การทำงานของระบบการหายใจ หัวใจและหลอดเลือดมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อเป็นต้น[1] อย่างไรก็ตาม การบาดเจ็บโดยเฉพาะต่อระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ พบได้มากในผู้ที่ออกกำลังกายด้วยการวิ่ง[2] สาเหตุของการบาดเจ็บในนักวิ่งเกิดจากทั้งปัจจัยภายนอก เช่น สภาพพื้นผิวและสิ่งแวดล้อมที่วิ่ง รองเท้า รวมถึงตารางการฝึกซ้อม และปัจจัยภายใน เช่น อายุ รูปแบบการวางเท้าหรือการลงน้ำหนักของเท้าขณะวิ่ง รวมถึงท่าทางในขณะวิ่ง[3, 4] ก่อนการเริ่มต้นการวิ่ง การเตรียมความพร้อมของร่างกายเพื่อให้กล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ เอ็นข้อต่อ มีความยืดหยุ่นและความแข็งแรงที่เหมาะสมต่อการวิ่งถือเป็นปัจจัยที่ควรต้องคำนึงถึง ขณะวิ่งการลงน้ำหนักที่เท้าและเข่าที่ถูกต้องจะสามารถลดแรงกระแทกที่กระทำต่อข้อต่อและลดการเสื่อมของข้อต่อ ได้[5] นอกจากนี้ ท่าทางในขณะวิ่ง เช่น การแกว่งแขน การโน้มตัวไปข้างหน้าถือเป็นเรื่องที่สำคัญมากและควรเป็นไปตามหลักการทางชีวกลศาสตร์ เพื่อป้องกันและลดโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการวิ่งได้[6] รวมถึงเพื่อพัฒนาทักษะและรูปแบบการวิ่งหรือการฝึกฝนของนักวิ่งเอง อาจทำให้สามารถใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด ที่เรียกกันว่า running economy[7]

ปัจจุบันนาฬิกาออกกำลังกายได้รับความนิยมทั้งในกลุ่มคนที่วิ่งเพื่อสุขภาพ และกลุ่มนักวิ่งเพื่อการกีฬา โดยนาฬิกาออกกำลังกายนั้นมีเซ็นเซอร์แบบออปติคัล ใช้ไฟ LED ส่องผ่านผิวหนังของร่างกายสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของแสงต่อการไหลเวียนของโลหิตผ่านเส้นเลือดและเส้นเลือดฝอย เพื่อวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และใช้ระบบ global positioning system (GPS) เพื่อวัดพารามิเตอร์การวิ่งแบบ spatiotemporal ที่เกี่ยวข้องกับระยะทาง ระยะเวลา อาทิเวลาที่ใช้ในการวิ่งต่อ 1 กิโลเมตร ที่เรียกว่า เพซ (pace) รอบขาหรือจำนวนก้าวเท้าต่อนาที (cadence) นอกจากนี้ ยังมีอุปกรณ์เสริมที่มีเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (accelerometer) สามารถวัดพารามิเตอร์ของขาที่เปลี่ยนแปลงขณะวิ่ง (running dynamic parameters) เช่น ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้นขณะวิ่ง (ground contact time) การโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่งขณะวิ่ง (vertical oscillation) และความยาวก้าว (stride length) เป็นต้น[8] โดยเซ็นเซอร์วัดความเร่งนี้ เริ่มแรกจากที่ติดไว้ที่รองเท้า ที่เรียกว่า foot pod ต่อมาพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ เปลี่ยนตำแหน่งมาติดที่บริเวณหน้าแข้ง (tibial accelerometer) และหน้าอก (heart or chest strap accelerometer) ซึ่งทั้งสามรูปแบบ ก็ยังมีปัญหาทางเทคนิคบางอย่างทำให้พารามิเตอร์การวิ่งที่วัดมีความคลาดเคลื่อน เช่น การเลื่อนไปมาของเซ็นเซอร์วัดความเร่ง ปริมาณเหงื่อที่ออกหากติดโดยตรงกับผิวหนังของนักวิ่ง และ/หรือความรู้สึกที่ไม่สบายของนักวิ่งเมื่อติดเป็นเวลานาน ๆ ล่าสุดมีการพัฒนาทั้งตัวอุปกรณ์และตำแหน่งที่ติดมาเป็นบริเวณลำตัวส่วนเอวตรงขอบกางเกงวิ่ง torso-mounted accelerometer หรือเรียกว่า running dynamics pod[8]

งานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับการวิ่งเครื่องมือที่ถือว่าเป็นมาตรฐานสากล (gold standard) เป็นที่ยอมรับและข้อมูลที่วัดได้สามารถนำไปอ้างอิงได้ ได้แก่ กล้องบันทึกการเคลื่อนไหวและอุปกรณ์สะท้อนแสง (reflective markers) ติดตามร่างกาย (3D motion analysis) เพื่อวัดการเคลื่อนไหวของร่างกายขณะวิ่ง รวมถึงมี force plate เพื่อวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น[8] เครื่องมือวัดที่กล่าวมาข้างต้นนี้มีราคาที่สูงมาก นอกจากนี้ ต้องใช้ห้องปฏิบัติการที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่ง

มีอยู่อย่างจำกัดในประเทศไทย จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ร่วมกับการที่นาฬิกาออกกำลังกายมีราคาที่ถูกหาซื้อได้ง่าย จึงเป็นที่นิยมในกลุ่มคนที่สนใจเรื่องสุขภาพ นักวิ่งทั่วไป รวมถึงโค้ชหรือผู้ฝึกสอน ดังนั้น ผู้วิจัยมีแนวคิดว่า ข้อมูลหรือพารามิเตอร์ที่วัดได้จากการวิ่ง (หากมีความน่าเชื่อถือในระดับสูงมาก) น่าจะสามารถเป็นประโยชน์ต่องานทางกายภาพบำบัดเพื่อใช้ประเมินภาวะเสี่ยงต่อการบาดเจ็บและป้องกันการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้น[9] รวมถึงการฟื้นฟูภายหลังการบาดเจ็บ เช่น การให้โปรแกรมการเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่าง ๆ นอกจากนี้ ข้อมูลหรือพารามิเตอร์ที่วัดได้จากการวิ่ง โค้ชหรือครูผู้ฝึกสอนจะสามารถใช้ในการพัฒนาศักยภาพหรือฝึกฝนในนักวิ่ง[10-11] โดยสามารถใช้ปรับรูปแบบของการวิ่งและให้ข้อมูลป้อนกลับทันที และใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินในแง่การเพิ่มประสิทธิภาพการวิ่ง (functional measurements) ได้ และอาจจะใช้เป็นทางเลือกของการทำงานวิจัยในอนาคตต่อไป

ในงานวิจัยนี้ พารามิเตอร์การวิ่งที่สนใจ ได้แก่ รอบขาหรือจำนวนก้าวเท้าต่อนาที (cadence) ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้นขณะวิ่ง (ground contact time) การโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่งขณะวิ่ง (vertical oscillation) และความยาวก้าว (stride length) โดยรอบขาหรืออัตราการก้าวเท้าต่อนาที (cadence) ในกลุ่มคนที่วิ่งเพื่อสุขภาพ การวิ่งแบบสบาย ๆ (ค่าอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในโซนสอง) รอบขาส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 163-173 ก้าวต่อนาที และถ้าวิ่งเร็วขึ้นรอบขาจะเพิ่มขึ้นโดยจะอยู่ในช่วง 174-184 ก้าวต่อนาที ส่วนนักกีฬาวิ่งทั้งกลุ่มแนวหน้าและระดับชาติ รอบขาส่วนใหญ่มากกว่า 180 ก้าวต่อนาที การเพิ่มจำนวนรอบขาเป็นตัวแปรที่นักวิ่งและโค้ช ใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพในการวิ่ง การมีรอบขาที่ต่ำเกินไป บ่งบอกถึงความไม่สามารถที่จะ push off หรือ toe off ได้เร็วขึ้น ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นของเอ็นร้อยหวายและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อน่องก็ได้[12] พารามิเตอร์การวิ่งตัวที่สองคือ ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้นขณะวิ่ง งานวิจัยพบว่าแนวโน้มของระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้นน้อยลง จะเพิ่มระยะเวลาที่เท้าลอยพ้นพื้นมากขึ้น ทำให้วิ่งได้เร็วขึ้นและสามารถลดผลของการหยุด (breaking effect) ขณะเท้าสัมผัสพื้น ดังนั้น การวิ่งที่มีประสิทธิภาพ ควรมีค่าระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น น้อยกว่า 200 มิลลิวินาที[7] พารามิเตอร์การวิ่งตัวที่สาม การโยกตัวขึ้น-ลงในแนวดิ่งขณะวิ่ง เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับกลไกการบาดเจ็บ และเกี่ยวข้องกับปริมาณของพลังงานที่ใช้ การเพิ่มขึ้นของการโยกตัวขึ้น-ลงในแนวดิ่งสามารถใช้เป็นตัวแปรในการทำนายปริมาณแรงในการเหยียดเข่าสูงสุด (peak knee extensor moment) แรงปฏิกิริยาที่กระทำที่พื้นในแนวดิ่งสูงสุด (peak vertical ground reaction force) และแรงที่ใช้ในการหยุด (braking impulse) ระหว่างการวิ่ง[6] ในทางตรงกันข้ามการลดลงของการโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่งขณะวิ่งมีผลต่อการลดลงของแรงกระแทกที่เท้า[12] และเชื่อว่าเป็นรูปแบบของการวิ่งที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากลดการสูญเสียพลังงานในการเคลื่อนร่างกายขึ้นและลง[13] โดยทั่ว ๆ ไป นักกีฬาวิ่งระดับแนวหน้าจะมีค่าการโยกตัวขึ้น-ลงในแนวดิ่งน้อยกว่านักวิ่งทั่ว ๆ ไป[14] และการวิ่งเร็วขึ้นหรือวิ่งแบบ sprint การโยกตัวขึ้น-ลงในแนวดิ่งขณะวิ่งมีค่าลดลง[15] พารามิเตอร์ตัวสุดท้าย ความยาวก้าว (stride length) ขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่นและ stiffness ของเท้า ข้อเท้า ข้อเข่าและข้อสะโพกขณะวิ่งของนักวิ่ง มีงานวิจัยที่ยืนยันว่า การมี stride length ที่มากเกินไป (over-stride length) อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิด patellofemoral pain ที่พบได้บ่อยในนักวิ่ง เนื่องจากข้อเข่าจะอยู่ในท่าเหยียดที่มากเกินไปในขณะที่เท้าสัมผัสพื้น ทำให้เกิดแรงกระแทกจากพื้น (ground reaction force) ที่กระทำต่อข้อเข่าสูงมาก[16] อย่างไรก็ตาม พารามิเตอร์ดังกล่าวข้างต้นที่วัดจากนาฬิกาออกกำลังกาย ยังเป็นที่ถกเถียงในแง่ความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำเพื่อเปรียบเทียบผลการรายงานในการวัดแต่ละครั้ง

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความน่าเชื่อถือของพารามิเตอร์การวิ่งทั้งสี่ค่า แบบวัดซ้ำ (test-retest reliability) โดยวัดซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง โดยตั้งสมมติฐานว่าพารามิเตอร์ทั้งสี่ในการวิ่งที่วัดจากนาฬิกาออกกำลังกายและเซ็นเซอร์วัดความเร่ง น่าจะมีความน่าเชื่อถือที่สูงมาก

วิธีการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

อาสาสมัครสุขภาพดี จำนวน 20 คน ไม่จำกัดเพศและอายุ มีกิจกรรมทางกายมากกว่า 180 นาทีต่อสัปดาห์

การเตรียมตัว

1. อาสาสมัคร สวมใส่เสื้อผ้าที่สบาย งดรับประทานอาหารมื้อใหญ่มาก่อนการทำการทดสอบอย่างน้อย 2 ชั่วโมงและงดการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม รวมถึงงดออกกำลังกายอย่างหนักมาอย่างน้อย 30 นาที

2. อธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการศึกษาและการวัดค่า ให้แก่อาสาสมัคร ให้กรอกข้อมูลในแบบสอบถามประวัติและลงนามยินยอมเข้าร่วมการทดสอบด้วยตนเอง การวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เลขที่โครงการ AMSEC-63EX-099

3. อาสาสมัครทำท่ายืดกล้ามเนื้อในส่วนของรยางค์ขาส่วนล่าง แบบ dynamics stretching

4. อาสาสมัครสวมนาฬิกาออกกำลังกาย (garmin forerunner 935, Garmin Ltd, USA) และติดเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (running dynamic pod, Garmin Ltd, USA) บริเวณด้านหลังขอบบนของกางเกง

5. เพื่อหาความเร็วที่อาสาสมัครสามารถวิ่ง ได้ต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาที (comfortable zone) ให้อาสาสมัครเริ่มวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าด้วยความเร็วเริ่มต้น 1.5 เมตรต่อวินาที และเพิ่มความเร็วขึ้นทีละ 1 เมตรต่อวินาที จนถึงความเร็วที่อาสาสมัครรู้สึกวิ่งได้แบบสบายและวิ่งได้ต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาที (comfortable speed) บันทึกค่าความเร็วนั้น จากนั้นให้อาสาสมัครพักเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 นาที หรือจนกว่าจะหายเหนื่อย ก่อนทำการทดสอบจริง

การทดลอง

1. ให้อาสาสมัครวิ่งอีกครั้งบนลู่วิ่งไฟฟ้าด้วยความเร็วเริ่มต้น 1.5 เมตรต่อวินาที จากนั้นเพิ่มความเร็วจนถึงความเร็วที่อาสาสมัครรู้สึกวิ่งได้แบบสบาย และวิ่งได้ต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาที (comfortable speed) ที่หาไว้ข้างบน จากนั้นจึงเริ่มจับเวลาให้อาสาสมัครวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าเป็นเวลา 5 นาที

2. เมื่อครบเวลาที่กำหนดจึงให้อาสาสมัครลดระดับความเร็วลงและเดินบนลู่วิ่งต่ออีก 1-2 นาที แล้วจึงทำการหยุดการทดสอบ จากนั้นให้อาสาสมัครยืดกล้ามเนื้อขาอีกครั้ง โดยยืดแบบยืดค้างไว้ (static stretching)

3. ทำการทดลองซ้ำโดยวัดในวันถัดไปอีก เป็นวันที่ 2 และ 3 ด้วยความเร็วเดิมของแต่ละคน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลจากนาฬิกาออกกำลังกายและเซ็นเซอร์วัดความเร่ง สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยโดยโปรแกรม Garmin connect บนคอมพิวเตอร์ และตั้งค่าช่วง (lap) เป็นระยะทาง โดยตั้งค่าช่วงระยะทางไว้ทุก ๆ 200 เมตร ดังนั้น การศึกษานี้ นักวิจัยสามารถเลือกตัดข้อมูลใน 200 เมตรแรกที่เริ่มวิ่ง และ 200 เมตรสุดท้ายก่อนการหยุดวิ่งออกไปได้

ส่วนพารามิเตอร์การวิ่งทั้ง 4 ใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive analysis) ในการหาค่าเฉลี่ย (mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด และในการหาค่าความน่าเชื่อถือ โดยการทดสอบซ้ำ (test-retest reliability) ใช้สถิติ Intraclass- Correlation Coefficients model 3, k : ICC (3,k) โดยค่า ICC มากกว่า 0.90 ถือว่ามีความ

น่าเชื่อถืออยู่ในระดับดีมาก ค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.8-0.9 ถือว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับดี ค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.7-0.8 ถือว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับปานกลาง ค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.6-0.7 ถือว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับน้อย[17] คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (standard error of measurement, SEM) จากสูตร SEM = SD x $\sqrt{}$(1-ICC) โดยที่ SD คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้งหมด และ ICC คือสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ภายในชั้น กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% และคำนวณค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (minimal detectable change, MDC) จากสูตร MDC = 1.96 x $\sqrt{}$2 x SEM และ MCD% = MDC/mean x 100 โดยค่า MDC% น้อยกว่า 30% ถือว่า ค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงนั้นอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้และ MDC% น้อยกว่า 10% ถือว่าค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงนั้นอยู่ในเกณฑ์ดีมาก[18] การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ โดยใช้โปรแกรม SPSS สำหรับ windows โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p< 0.05$

ผลการวิจัย

การวิจัยแบบวัดซ้ำ (test-retest reliability) เพื่อหาความน่าเชื่อถือของพารามิเตอร์ขณะวิ่ง ที่บันทึกจากนาฬิกาออกกำลังกายและเซ็นเซอร์วัดความเร่ง โดยทำการวิ่งบนลู่วิ่ง 3 วันติดต่อกัน ด้วยความเร็วเดิมทุกวัน ในอาสาสมัครสุขภาพดีที่มีอายุ 21-23 ปี จำนวน 20 คน เพศชาย 9 คน เพศหญิง 11 คน มีกิจกรรมทางกายโดยเฉลี่ย 1417.8 ± 976.1 นาทีต่อสัปดาห์ ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัครที่ได้เข้าร่วมการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าต่ำสุด-สูงสุด)

ข้อมูล	อาสาสมัคร (20 คน)	
	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด
อายุ (ปี)	21.7 ± 0.8	21-23
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	162.8 ± 7.5	153-180
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	54.9 ± 10.1	38-75
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)	20.6 ± 2.5	16.2-24.1
กิจกรรมทางกาย (นาที/สัปดาห์)	1417.8 ±976.1	210.0-3360.0

พารามิเตอร์ขณะวิ่งที่บันทึกจากนาฬิกาออกกำลังกายและเซ็นเซอร์วัดความเร่ง ได้แก่ รอบขา, ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น, การโยกตัวในแนวดิ่ง และความยาวก้าว ผลการศึกษาพบว่า รอบขามีค่าเฉลี่ย 162.3 ± 9.7 ก้าวต่อนาที ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้นมีค่าเฉลี่ย 275.3 ± 35.3 มิลลิวินาที การโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่งมีค่าเฉลี่ย 9.0 ± 1.3 เซนติเมตร และความยาวก้าวมีค่าเฉลี่ย 1.12 ± 0.11 เมตร ส่วนค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทั้ง 4 พารามิเตอร์ ในแต่ละวันแสดงในตารางที่ 2 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ค่าความน่าเชื่อถือ Intraclass correlation coefficients (ICC 3,k) พบว่า รอบขา และระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น การโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่ง และความยาวก้าว มีค่า 0.98, 0.97, 0.95 และ 0.94 ตามลำดับ ซึ่งแปลผลว่าค่าความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด มีค่า 1.38, 6.11, 0.28 และ 0.03 ตามลำดับ และค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด มีค่า 3.82, 16.93, 1.79 และ 0.08 ตามลำดับ รวมถึงค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ มีค่าระหว่าง 2.35-8.80% (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความน่าเชื่อถือ ค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด และค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดของรอบขา ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น การโยกตัวในแนวดิ่ง และความยาวก้าว บันทึกได้จากนาฬิกาออกกำลังกายเซ็นเซอร์วัดความเร่ง ในวันที่ 1, 2 และ 3

พารามิเตอร์การวิ่ง	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	ICC $_{(3,k)}$	SEM	MDC	MDC%
รอบขา (ก้าวต่อนาที)	162.5 ± 9.8	162.3 ± 10.3	161.9 ± 9.8	0.98*	1.38	3.82	2.35
ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น (มิลลิวินาที)	271.9 ± 36.1	276.9 ± 37.6	277.1 ± 34.9	0.97*	6.11	16.93	6.15
การโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่ง (เซนติเมตร)	8.9 ± 1.2	8.9 ± 1.3	9.1 ± 1.5	0.95*	0.28	0.79	8.80
ความยาวก้าว (เมตร)	1.13 ± 0.12	1.12 ± 0.11	1.11 ± 0.13	0.94*	0.03	0.08	6.66

หมายเหตุ: *P-value = 0.0001, ICC (3, k) = intraclass correlation coefficients model 3, k, SEM = standard error of measurement, MDC = minimal detectable change, MDC% = minimal detectable change percentage

บทวิจารณ์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาความน่าเชื่อถือของ 4 พารามิเตอร์ขณะวิ่ง ที่บันทึกจากนาฬิกาออกกำลังกายและเซ็นเซอร์วัดความเร่งติดที่กางเกงวิ่ง โดยหาความน่าเชื่อถือแบบวัดซ้ำ (test retest reliability) โดยให้อาสาสมัครวิ่งบนลู่วิ่ง ที่ความเร็วเท่าเดิมทั้ง 3 วัน จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าค่าความน่าเชื่อถือของรอบขา ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น การโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่ง และความยาวก้าว มีค่า ICC ≥ 0.94 อยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ รวมถึงสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่วัดจากชุดวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (3-dimensional motion capture system) ซึ่งถือเป็นการวิธีการที่เป็นมาตรฐาน (gold standard measurement) และนาฬิกาออกกำลังกายร่วมกับเซ็นเซอร์วัดความเร่งติดบริเวณอกด้วยสายรัดอก (heart hate strap: HRM-Run) พบว่า ค่า ICC ≥ 0.95 อยู่ในเกณฑ์ที่สูงมากเช่นกัน[8, 19]

ค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (MDC) เป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการบอกถึงการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงของการวัด ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดของรอบขา ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น และการโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่ง มีค่า 3.82 ก้าวต่อนาที, 16.93 มิลลิวินาที และ 0.79 เซนติเมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Adams และคณะ ที่พบ MDC มีค่า 2.53 ก้าวต่อนาที, 10 มิลลิวินาที และ 0.45 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อคำนวณหาค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (MDC%) พบว่าทุกพารามิเตอร์มีค่าน้อยกว่า 8.88% บ่งชี้ว่าพารามิเตอร์การวิ่งทั้งสี่อยู่ในระดับดีมาก[8]

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (SEM) ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (SEM) ของข้อมูลทั้ง 4 พารามิเตอร์การวิ่งมีค่า 1.38, 6.11, 0.28, 0.03 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (MDC) 3.82, 16.93, 0.79, 0.08 ตามลำดับ พบว่าทุกพารามิเตอร์ มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (SEM) น้อยกว่าค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (MDC) แสดงว่า ค่าที่วัดได้ทั้ง 4 ไม่ได้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริง (minimal detectable change)

ถึงแม้ว่าการศึกษานี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดค่าความถูกต้องหรือเที่ยงตรง (validity) ของพารามิเตอร์ทั้งสี่ และตระหนักดีว่าการนำค่าพารามิเตอร์ไปเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น ๆ ที่ผ่านมาไม่สามารถทำได้โดยตรง เนื่องจากเป็นการวัดในอาสาสมัครคนละกลุ่ม ความแตกต่างของสนาม (วิ่งสนามจริงกับวิ่งบนลู่วิ่ง) และประสบการณ์ในการวิ่งที่

แตกต่างกันของอาสาสมัคร และอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าพารามิเตอร์ทั้งสี่ในการศึกษานี้ คือ รอบขา ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น การโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่ง และความยาวก้าว มีค่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมา 3 การศึกษา โดยการศึกษาแรก Adam และคณะวัดพารามิเตอร์การวิ่งวัดจากชุดวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ซึ่งอาจจะถือว่าเป็น Gold standard และวัดจากเซ็นเซอร์วัดความเร่งติดบริเวณอกด้วยสายรัดอก[8] และการศึกษา Ahamed และคณะ วัดโดย Inertial measurement units (IMUs) ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดความเร่ง และความเร็วเชิงมุม (Lumo Run)[20, 21] กล่าวคือ ค่าเฉลี่ยรอบขาของการศึกษานี้ มีค่า 162.3±9.7 ก้าวต่อนาที สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยรอบขาของการศึกษาที่ผ่านมา 178.0±11.8 และ 176.8±11.0 ก้าว/นาที วัดจากชุดวิเคราะห์การเคลื่อนไหว และเซ็นเซอร์วัดความเร่งติดบริเวณอกด้วยสายรัดอก ตามลำดับ[8], 168.45±11.1 และ 165.65±13.2 ก้าว/นาที วัดในสภาวะอากาศหนาวและอากาศสบายช่วงฤดูใบไม้ผลิ ตามลำดับ[20] และ 169.68±11.5, 169.57±13.2 และ 168.19±14.8 ก้าว/นาที วัดในขณะวิ่งขึ้นเนิน วิ่งบนพื้นราบ และวิ่งลงเนิน ตามลำดับ[21]

เช่นเดียวกับค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้นของการศึกษานี้ มีค่า 275.3±35.3 มิลลิวินาที ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้นของการศึกษาที่ผ่านมา มีค่า 0.26±0.03 วินาที และ 0.25±0.03 วินาที วัดจากชุดวิเคราะห์การเคลื่อนไหว และเซ็นเซอร์วัดความเร่งติดบริเวณอกด้วยสายรัดอก ตามลำดับ[8], 270.32±20.7 และ 272.25±19.4 มิลลิวินาที วัดในสภาวะอากาศหนาวและอากาศสบายช่วงฤดูใบไม้ผลิ ตามลำดับ[20] และ 270.48±25.01, 267.11±22.08 และ 269.02±25.5 มิลลิวินาที วัดในขณะวิ่งขึ้นเนิน วิ่งบนพื้นราบ และวิ่งลงเนิน ตามลำดับ[21]

พารามิเตอร์ตัวที่สาม ค่าเฉลี่ยของการโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่งของการศึกษานี้ มีค่า 9.0±1.3 เซนติเมตร ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของการโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่งจากการศึกษาที่ผ่านมา มีค่า 9.0±1.7 เซนติเมตร และ 8.8±1.7 เซนติเมตร วัดจากชุดวิเคราะห์การเคลื่อนไหว และเซ็นเซอร์วัดความเร่งติดบริเวณอกด้วยสายรัดอก ตามลำดับ[8] 7.21±2.33 และ 7.81± 2.68 เซนติเมตร วัดในสภาวะอากาศหนาวและอากาศสบายช่วงฤดูใบไม้ผลิ ตามลำดับ[20] และ 7.27±1.9, 7.78±2.1 และ 8.11± 2.22 เซนติเมตร วัดในขณะวิ่งขึ้นเนิน วิ่งบนพื้นราบ และวิ่งลงเนิน ตามลำดับ[21]

พารามิเตอร์ตัวสุดท้าย ที่ผ่านมาเพียงการศึกษาเดียวที่วัดค่าเฉลี่ยของความยาวก้าวโดยวัดจากชุดวิเคราะห์การเคลื่อนไหว และเซ็นเซอร์วัดความเร่งติดบริเวณอกด้วยสายรัดอก พบว่า มีค่า 1.24±0.14 และ 1.19±0.13 เมตร ตามลำดับ[19] ค่าในการศึกษานี้ค่าเฉลี่ยความยาวก้าวที่วัด มีค่า 1.12 ± 0.11 เมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับใช้ในงานวิจัย ควรต้องทำด้วยความระมัดระวัง ในการศึกษาครั้งนี้ มีการตั้งค่า ช่วง (lap) ในนาฬิกาออกกำลังกาย เพื่อที่จะตัดเอาค่าที่มีการแกว่งในช่วงเริ่มต้นและในช่วงสุดท้ายออก โดยการตั้งค่า lap สามารถตั้งระยะทางทุก ๆ 200 เมตร แล้วเลือกข้อมูลช่วงกลางที่มีความเสถียรมาหาค่าเฉลี่ยเท่านั้น สำหรับงานวิจัยต่อไป การทดสอบการวิ่งที่ความเร็วต่าง ๆ ของนักวิ่ง หรือการวิ่งที่หัวใจทำงานในโซนต่าง ๆ การวิ่งในสนามวิ่งที่แท้จริงมากกว่าการวิ่งบนลู่วิ่ง รวมถึงการวิ่งในกลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มนักกีฬา และอื่น ๆ ยังเป็นเรื่องที่น่าสนใจและน่าศึกษาต่อไป

ถึงแม้ว่า ความน่าเชื่อถือของทั้ง 4 พารามิเตอร์ของการวิ่งจากการศึกษานี้ อยู่ในเกณฑ์สูงมาก และค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมาที่ใช้เครื่องมือที่เป็น Gold standard อาทิเช่น ชุดวิเคราะห์การเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการศึกษานี้ คือ อายุของกลุ่มตัวอย่างที่จำกัด ในช่วง 21 – 23 ปี จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจสำหรับการศึกษาในอนาคต เพื่อศึกษาใน

กรณีที่มีความหลากหลายทางด้านอายุของผู้เข้าร่วมงานวิจัยและความเร็วการวิ่ง เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

พารามิเตอร์ของการวิ่ง เช่น รอบขา ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้น การโยกตัวขึ้นลงในแนวดิ่ง ความยาวก้าว ที่บันทึกจากนาฬิกาออกกำลังกายร่วมกับเซ็นเซอร์วัดความเร่งมีความน่าเชื่อถือในระดับสูงมาก ดังนั้น จึงมีความเหมาะสมและนำไปใช้ในงานวิจัยได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

1. Nielsen RO, Buist I, Sorensen H, Lind M, Rasmussen S. Training errors and running related injuries: a systematic review. Int J Sports Phys Ther. 2012;7(1):58-75.
2. Yamato TP, Saragiotto BT, Hespanhol LC, Yeung SS, Lopes AD. Descriptors used to define running-related musculoskeletal injury: A systematic review. J Orthop Sport Phys Ther. 2015;45(5):366-74.
3. Saragiotto BT, Yamato TP, Hespanhol LC, Rainbow MJ, Davis IS, Lopes AD. What are the main risk factors for running-related injuries? Sports Med. 2014;44(8):1153-63.
4. Saragiotto BT, Di Pierro C, Lopes AD. Risk factors and injury prevention in elite athletes: a descriptive study of the opinions of physical therapists, doctors and trainers. Braz J Phys Ther. 2014;18(2):137-43.
5. Willy RW, Wilson JD, Clowers K, Baggaley M, Murray N. The effects of body-borne loads and cadence manipulation on patellofemoral and tibiofemoral joint kinetics during running. J Biomech. 2016;49(16):4028-33.
6. Wille CM, Lenhart RL, Wang SJ, Thelen DG, Heiderscheit BC. Ability of sagittal kinematic variables to estimate ground reaction forces and joint kinetics in running. J Orthop Sport Phys Ther. 2014;44(10):825-30.
7. Folland JP, Allen SJ, Black MI, Handsaker JC, Forrester SE. Running technique is an important component of running economy and performance.Med Sci Sport Exer. 2017;49(7): 1412-23.
8. Adams D, Pozzi F, Carroll A, Rombach A, Zeni J. Validity and reliability of a commercial fitness watch for measuring running dynamics. J Orthop Sport Phys Ther. 2016;46(6):471-6.
9. Milner CE, Ferber R, Pollard CD, Hamill J, Davis IS. Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. Med Sci Sport Exer. 2006;38(2):323-8.
10. Clermont CA, Osis ST, Phinyomark A, Ferber R. Kinematic gait patterns in competitive and recreational runners. J Appl Biomech. 2017; 33(4):268-76.
11. Schmitz A, Russo K, Edwards L, Noehren B. Do novice runners have weak hips and bad running form? Gait Posture. 2014;40(1):82-6.
12. Douglas R, Federico P, Richard WW, Anthony C, Joseph Z. Altering cadence or vertical oscillation during running: effect on running related injury factors . Int J Sports Phys Ther. 2018;13(4):9.
13. Tartaruga MP, Brisswalter J, Peyre-Tartaruga LA, Avila AOV, Alberton CL, Coertjens M, et al. The relationship between running economy

and biomechanical variables in distance runners. Res Q Exercise Sport. 2012;83(3): 367-75.

14. Gullstrand L, Halvorsen K, Tinmark F, Eriksson M, Nilsson J. Measurements of vertical displacement in running, a methodological comparison. Gait Posture. 2009;30(1):71-5.
15. Hunter JP, Marshall RN, McNair P. Reliability of biomechanical variables of sprint running. Med Sci Sport Exer. 2004;36(5):850-61.
16. Souza RB. An evidence-based videotaped running biomechanics analysis. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2016;27(1):217-36.
17. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. J Chiropr Med. 2016; 15(2): 155–63.
18. Lee P, Liu CH, Fan CW, Lu CP, Lu WS, Hsieh CL. The test-retest reliability and the minimal detectable change of the Purdue pegboard test in schizophrenia. J Formos Med Assoc. 2013;112(6):332-7.
19. Andersen CF, Nielsen MS. Reliability and validity of garmin forerunner 7 3 5 XT for measuring running dynamics In- field. 4 Th Semester Thesis -sport science technology, Aalborg university. 2017:1-10.
20. Ahamed NU, Kobsar D, Benson L, Clermont C, Kohrs R, Osis ST, et al. Using wearable sensors to classify subject-specific running biomechanical gait patterns based on changes in environmental weather conditions. Plos One. 2018;13(9):e0203839.
21. Ahamed NU, Kobsar D, Benson LC, Clermont CA, Osis ST, Ferber R. Subject-specific and group-based running pattern classification using art single wearable sensor. J Biomech. 2019;84:227-33.