

ความสอดคล้องกันในการแบ่งประเภทรูปร่างของเท้าระหว่างการตรวจคัดกรองด้วยการวัดความสูงของอุ้งเท้าและดัชนีภาพพิมพ์เท้า

ทกมล หรรษาวงศ์^{1,2,*}, ภารดี ญาตินิยม¹, จารุกัญญา แสงสุข¹, ณรงค์กรณ์ หล้าดวงดี¹
สุภาภรณ์ ผดุงกิจ¹, ลักขณา มาทอ¹, วนิตา ดรปัญญา¹

Received: April 30, 2018

Revised: August 2, 2018

Accepted: August 18, 2018

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน มีการพัฒนาวิธีตรวจคัดกรองเพื่อจำแนกรูปร่างเท้าหลายวิธี วิธีที่นิยมใช้ในการตรวจทางคลินิกได้แก่ ค่าความสูงของอุ้งเท้าและค่าดัชนีภาพพิมพ์เท้า หากพบว่าการตรวจทั้งสองวิธีมีความสอดคล้องกันดี น่าจะใช้ทดแทนกันในการตรวจเพื่อจำแนกรูปร่างเท้าได้ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความสอดคล้องในการจำแนกรูปร่างเท้าระหว่างการวัดความสูงของอุ้งเท้าด้วยค่า normalized navicular height truncated (NNHT) และดัชนีภาพพิมพ์เท้าด้วยค่าดัชนี Chippaux-Smirak Index (CS-I) โดยทำการศึกษาในอาสาสมัคร 102 ราย (เพศชาย 37 ราย และเพศหญิง 65 ราย) อายุระหว่าง 18-40 ปี ที่มีดัชนีมวลกายปกติและไม่มีความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกในข้อเท้าและเท้า อาสาสมัครได้รับการตรวจรูปร่างของเท้าข้างขวาด้วยวิธี NNHT และค่าดัชนี CS-I ภายในวันเดียวกัน และมีช่วงพักระหว่างการตรวจ 10 นาที วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างการตรวจทั้งสองวิธีด้วยสถิติ Weighted Kappa (K_w) เมื่อตรวจด้วยวิธี NNHT พบว่า อาสาสมัครร้อยละ 55.88 มีเท้าปกติ ร้อยละ 40.2 มีเท้าแบน และร้อยละ 3.92 มีเท้าโก่ง เมื่อตรวจด้วยค่าดัชนี CS-I พบว่า อาสาสมัครร้อยละ 79.41 มีเท้าปกติ ร้อยละ 11.77 มีเท้าแบน และร้อยละ 8.82 มีเท้าโก่ง การตรวจทั้งสองวิธีมีความสอดคล้องกันในการจำแนกรูปร่างของเท้าในระดับเล็กน้อย ($K_w = 0.123$) ดังนั้น การตรวจด้วยวิธี NNHT และค่าดัชนี CS-I ไม่น่าจะสามารถนำมาใช้แทนกันได้ในการจำแนกรูปร่างของเท้า

คำสำคัญ: การแบ่งรูปร่างของเท้า, การวิเคราะห์ความสอดคล้อง, รูปร่างเท้าขณะอยู่นิ่ง

¹ สายนวชาภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

² ศูนย์วิจัยปวดหลัง ปวดคอ ปวดข้ออื่นๆ และสมรรถนะของมนุษย์ (BNOJPH) มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

* ผู้รับผิดชอบบทความ



An agreement on foot posture classification between screening tests using arch height measure and footprint index

Torkamol Hunsawong^{1,2,*}, Paradee Yatniyom¹, Jarukan Sangsuk¹, Naronggorn Laduanggorn¹
Supaporn Phadungkit¹, Lugkana Mator¹, Wanida Donpunha¹

Abstract

At present a variety of screening test for categorizing foot posture has been developed. Common clinical tests are arch height measure and footprint index. If the tests demonstrate the good agreement, it could be applied to replace each other for categorizing foot posture. Therefore, the present study aimed to determine the level of agreement between the arch height measure using a normalized navicular height truncated (NNHt) and the footprint index using a Chippaux-Smirak Index (CS-I). The present study was conducted in 102 participants (37 males and 65 females) aged between 18-40 years with normal body mass index and no musculoskeletal disorder in ankle and foot. Right foot of the participants was measured by the NNHt and CS-I on the same day with a 10-min rest between the tests. Agreement analysis between the tests was determined by the Weighted Kappa (K_w). Using the NNHt, 55.88% of participants had a neutral foot, 41% had a pronated foot and 3.92% had a supinated foot. Using the CS-I, 79.41% of participants had a neutral foot, 11.77% had a pronated foot and 8.82% had a supinated foot. The agreement between the tests was slight ($K_w = 0.123$). Therefore, the NNHt and CS-I cannot be substituted for each other in classifying foot posture.

Keywords: Foot posture category, Agreement analysis, Static foot posture

¹School of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand 40002

²Research Center in Back, Neck, Other Joint Pain and Human Performance (BNOJPH) Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand 40002

*Corresponding author: (e-mail address: torkamolhuns@gmail.com)

บทนำ

รูปร่างของเท้ามนุษย์ (human foot posture) แบ่งตามลักษณะทางกายวิภาคและความสูงของโค้งอุ้งเท้าตามแนวยาวทางด้านในได้ 3 ประเภท^(1,2) ได้แก่ เท้าปกติ (neutral foot) เท้าแบน (low-arched foot หรือ flatfoot หรือ pes planus หรือ pronated foot) และเท้าโก่ง (high-arched foot หรือ pes cavus หรือ supinated foot) ในประชากรอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป พบผู้ที่มีเท้าปกติประมาณร้อยละ 50-60 ผู้ที่มีเท้าแบนประมาณร้อยละ 20-40 และผู้ที่มีเท้าโก่งประมาณร้อยละ 7-20 ตามลำดับ⁽³⁻⁵⁾

รูปร่างของเท้าที่เบี่ยงเบนไปจากปกติ ทั้งเท้าแบนและเท้าโก่ง พบว่ามีความสัมพันธ์และเป็นปัจจัยส่งเสริมให้เกิดการบาดเจ็บต่อระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะในส่วนนัยางค์ล่าง และกระดูกสันหลัง⁽⁶⁾ พบว่าเท้าโก่งเป็นปัจจัยส่งเสริมให้เกิดการบาดเจ็บต่อระบบโครงร่างทางด้านนอกของนัยางค์ล่างและกระดูกสันหลัง เช่น กลุ่มอาการปวดหลังจากข้อต่อฟาสเซีย กลุ่มอาการปวดเข่าทางด้านนอก และเป็นปัจจัยเสี่ยงให้เกิดข้อเท้าแพลงซ้ำได้ เป็นต้น ส่วนเท้าแบนเป็นปัจจัยส่งเสริมให้เกิดการบาดเจ็บต่อโครงสร้างที่อยู่ทางด้านในของเท้าและนัยางค์ขา เช่น ภาวะ Morton's neuroma โรครองซ้ำ (plantar fasciitis) การผิดรูปของนิ้วหัวแม่เท้าและนิ้วเท้า เช่น hallux valgus หรือ claw toes และกลุ่มอาการ anterior knee pain syndrome เป็นต้น⁽⁶⁻¹²⁾

ดังนั้นการตรวจเพื่อวินิจฉัยว่าผู้ป่วยมีรูปร่างเท้าที่ผิดปกติร่วมด้วยหรือไม่จึงมีความสำคัญ เพื่อให้ผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในนัยางค์ล่างและกระดูกสันหลังได้รับการส่งเสริม ป้องกัน รักษา และฟื้นฟูอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันมีวิธีตรวจมาตรฐานคือการตรวจด้วยภาพถ่ายทางรังสี เนื่องจากมีความแม่นยำตรงต่อลักษณะทางกายวิภาค สอดคล้องกับอาการทางคลินิก และมีความเที่ยงในการตรวจอยู่ในระดับดี^(11, 13-18) แต่มีข้อจำกัดในการนำมาใช้เพื่อตรวจคัดกรอง เนื่องจากต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญและเครื่องฉายรังสีในการตรวจ เป็นวิธีที่ผู้ถูกตรวจต้องสัมผัสกับรังสีเอ็กซเรย์โดยไม่จำเป็น และมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก ดังนั้นการตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าด้วยวิธีที่ง่าย แม่นยำ ไม่มีการรุกรานต่อร่างกาย

ผู้ถูกตรวจ รวมทั้งสอดคล้องกับผลการตรวจด้วยภาพถ่ายทางรังสีและทางคลินิก น่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อตรวจคัดกรองรูปร่างของเท้า

จากรายงานการศึกษาของ Tong และ Kong⁽¹¹⁾ ซึ่งเป็นการทบทวนวรรณกรรมด้วยการวิเคราะห์ห่อภิมาณ (systematic literature review with meta-analysis) พบว่าดัชนี foot posture index และการสังเกตโดยแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญเรื่องเท้าเป็นวิธีที่ดีและมีความสัมพันธ์กับอาการทางคลินิก อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวต้องอาศัยความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ของผู้ตรวจค่อนข้างมาก ทั้งยังเป็นการตรวจประเมินเชิงพรรณนา ทำให้การนำไปใช้เพื่อตรวจวัดเชิงปริมาณในการประเมินความก้าวหน้าของการรักษาหรือใช้ติดตามอาการผู้ป่วยทำได้ค่อนข้างลำบาก ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าความสูงของอุ้งเท้าขณะยืนซึ่งประเมินด้วยการวัดความสูงของกระดูกนัยาวิกุลาร์ตั้งฉากกับพื้น (navicular height) มีความสัมพันธ์และมีความตรง (validity) กับการตรวจด้วยภาพถ่ายทางรังสี และมีค่าความเที่ยงในการตรวจอยู่ในระดับดีถึงดีมาก และเมื่อนำค่า navicular height มาปรับค่าด้วยความยาวของเท้า (navicular height/truncated foot length หรือ normalized navicular height truncated; NNHt) พบว่ามีความสัมพันธ์ในระดับดีกับภาพถ่ายทางรังสี^(19,20) และมีความสัมพันธ์กับการตรวจประเมินทางคลินิก ($r = 0.708$) ดังพบจากรายงานการศึกษาของ Chuckpaiwong และคณะ⁽²¹⁾ ดังนั้น NNHt น่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการนำไปใช้ตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าทางคลินิก

อย่างไรก็ตามพบว่าวิธีจำแนกรูปร่างเท้าแบบอื่นที่เป็นที่นิยม และมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายทางคลินิกนั้นคือการวิเคราะห์ค่าดัชนีต่างๆ จากภาพพิมพ์เท้า (footprint) เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย ซึ่งภาพพิมพ์เท้านิยมตรวจด้วยเครื่อง pedobarograph แต่หากไม่มีเครื่องมือ ภาพพิมพ์เท้ายังสามารถทำได้ด้วยการขลิบแผ่นเท้าด้วยน้ำหมึก หรือ baby oil แล้วพิมพ์ลงบนกระดาษ ค่าดัชนีภาพพิมพ์เท้าที่นิยมนำมาใช้มีหลายตัวแปร ได้แก่ ค่า arch index ค่า arch angle ค่าดัชนี the Staheli's index และ ค่าดัชนี Chippaux Smirak index เป็นต้น ทั้งนี้ในการตัดสินใจเลือกเครื่องมือในการตรวจคัดกรอง

หรือวินิจัย ควรคำนึงถึงความเที่ยงภายในตัวผู้ตรวจ ความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจ และความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีภาพพิมพ์เท่ากับการตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าด้วยวิธีอื่นๆ ร่วมด้วย พบว่าค่าดัชนี Chippaux Smirak index (CS-I) มีความเที่ยงภายในตัวผู้ตรวจ (ICC = 0.91) และความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจ (ICC = 0.96) อยู่ในระดับดีมาก⁽²²⁾ และจากรายงานการศึกษาของ Pita-Fernades และคณะ⁽²³⁾ พบว่าค่าดัชนี CS-I มีความสามารถในการจำแนกและทำนายภาวะเท้าแบนในประชากรวัยผู้ใหญ่อยู่ในระดับดีมาก (AUC = 0.83) และยังพบว่ามีความสัมพันธ์กับผลการตรวจประเมินทางคลินิก⁽²¹⁾ และวิธี NNHT อย่างมีนัยสำคัญ⁽²²⁾ อย่างไรก็ตามมีข้อควรคำนึงที่สำคัญคือ แม้พบว่าการตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าหลายวิธีมีความสัมพันธ์กัน⁽²²⁾ แต่การตรวจด้วยวิธีที่แตกต่างกันอาจให้ผลในการจำแนกรูปร่างเท้าได้ไม่สอดคล้องกัน⁽⁵⁾

จากการทบทวนวรรณกรรมของคณะผู้วิจัยถึง ณ ปัจจุบัน ยังไม่พบรายงานการศึกษาถึงความสอดคล้องกัน (agreement analysis) ในการจำแนกรูปร่างเท้าระหว่างวิธี NNHT และค่าดัชนี CS-I ทั้งนี้การศึกษาความสอดคล้องกันในการจำแนกรูปร่างเท้าระหว่างการตรวจด้วยวิธีที่แตกต่างกัน จะทำให้ได้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกวิธีการตรวจได้อย่างมั่นใจยิ่งขึ้น โดยหากพบว่าทั้ง 2 วิธีมีความสอดคล้องกันดี น่าจะเป็นข้อมูลที่จะช่วยบ่งชี้ได้ว่าผู้ตรวจสามารถเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งทดแทนกันได้ในการตรวจคัดกรองรูปร่างเท้า

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความสอดคล้องกันในการจำแนกรูปร่างเท้าระหว่างการวัดค่าความสูงของอุ้งเท้าด้วยวิธี NNHT และการวัดดัชนีภาพพิมพ์เท้าด้วยค่าดัชนี CS-I โดยมีสมมติฐานว่าหากทั้ง 2 วิธีมีความสอดคล้องกันดี แสดงให้เห็นว่าวิธี NNHT และค่าดัชนี CS-I น่าจะใช้แทนกันได้ในการตรวจคัดกรองเพื่อจำแนกรูปร่างเท้า

วัสดุและวิธีการ

อาสาสมัคร

อาสาสมัครเพศชายและเพศหญิง อายุระหว่าง 18-40 ปี มีดัชนีมวลกายระหว่าง 18.5-29.5 กิโลกรัม/ตารางเมตร ไม่มีอาการปวดเท้าและข้อเท้า และมีความ

ยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยด้วยความสมัครใจ ทั้งนี้จำนวนอาสาสมัครได้จากการคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ความสอดคล้องของเครื่องมือ 2 ชนิด ด้วยสถิติ Cohen's Kappa หากใช้วิธีการประเมินซึ่งครอบคลุมรูปร่างเท้าครบทั้ง 3 ประเภท และคาดว่าจะให้ค่า Kappa detect ที่ประมาณร้อยละ 80 จากตารางการประมาณขนาดตัวอย่างจากการศึกษาของ Donner และคณะ ที่อ้างอิงใน Sim และ Wright ในปี ค.ศ. 2005⁽²⁴⁾ และใช้ Null hypothesis value of Kappa เท่ากับ 0.4 (2-tail test) พบว่าได้อาสาสมัครจำนวน 102 ราย

ภายหลังจากอาสาสมัครลงนามในใบยินยอม เข้าร่วมการศึกษาแล้ว อาสาสมัครทำแบบคัดกรองและกรอกข้อมูลส่วนตัวอื่นๆ หากอาสาสมัครรายงานว่า มีประวัติการบาดเจ็บในรยางค์ส่วนขาในช่วง 6 เดือนก่อน เข้าร่วมการวิจัย มีประวัติเคยได้รับการผ่าตัดที่บริเวณข้อเท้าและ/หรือเท้า และ/หรือรยางค์ส่วนขา และ/หรือกระดูกสันหลัง มีผิวหนังถลอกหรือมีแผลเปิดบริเวณเท้า มีภาวะเท้าปุกตั้งแต่กำเนิด มีภาวะกระดูกสันหลังคด เคยมีอาการระคายเคืองต่อ baby oil มาก่อน อาสาสมัครจะถูกคัดกรองออกจากการศึกษาทันที^(5,22) โดยก่อนเริ่มดำเนินการเก็บข้อมูล การศึกษานี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นที่เรียบร้อยแล้ว (HE 602138)

กระบวนการเก็บข้อมูล

ก่อนเก็บข้อมูล ผู้ตรวจ 3 คน ซึ่งเป็นนักศึกษา ภายภาพบำบัดชั้นปีที่ 4 ได้รับคำแนะนำและฝึกการตรวจเพื่อจำแนกรูปร่างเท้าด้วยวิธี NNHT และค่าดัชนี CS-I จากผู้เชี่ยวชาญ (นักกายภาพบำบัดซึ่งมีประสบการณ์ 10 ปีในการตรวจประเมินเท้าและข้อเท้า) เป็นเวลา 15 ชั่วโมง และทำการฝึกซ้อมการตรวจในอาสาสมัคร 5 ราย ประกอบด้วยผู้ที่มีเท้าปกติ 2 ราย เท้าแบน 2 ราย และเท้าโก่ง 1 ราย

ก่อนเริ่มเก็บข้อมูล ได้ทำการทดสอบความเที่ยงภายในตัวผู้ตรวจ ความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจและผู้เชี่ยวชาญ (นักกายภาพบำบัด ซึ่งมีประสบการณ์ 10 ปี ในการตรวจประเมินและให้การรักษผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของเท้าและข้อเท้า) และความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจทั้ง 3 คน ในการ

ตรวจรูปร่างเท้าด้วยวิธี NNHt และค่าดัชนี CS-I ในอาสาสมัครจำนวน 14 ราย โดยจำนวนอาสาสมัครได้จากการคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบความเที่ยง⁽²⁵⁾ กำหนดให้ระดับความเที่ยงที่น้อยที่สุดที่ยอมรับได้ (p_0) เท่ากับ 0.40 และระดับความเที่ยงที่คาดหวัง (p_1) เท่ากับ 0.75 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ Power เท่ากับร้อยละ 80 (β เท่ากับ 0.2)

สำหรับการทดสอบความเที่ยงภายในตัวผู้ตรวจ มีช่วงพักสำหรับการวัดซ้ำห่างกัน 3 วัน ในการทดสอบความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจ และระหว่างผู้ตรวจเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญ ทำการศึกษาโดยมีการสุ่มลำดับผู้ตรวจทุกครั้ง และมีช่วงพักระหว่างผู้ตรวจนาน 10 นาที ทั้งนี้ค่าความเที่ยงวิเคราะห์โดยใช้สถิติ Intraclass Correlation Coefficient โมเดล ICC_(3,3) จากการทดสอบค่าความเที่ยงภายในผู้ตรวจ (Intra-rater reliability) เพื่อคัดกรองรูปร่างของเท้าด้วยวิธี NNHt และ CS-I พบว่ามีค่า ICC อยู่ในช่วง 0.94-0.96 และ 0.96-0.99 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจ (Inter-rater reliability) พบว่าค่าความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญ และระหว่างผู้ตรวจทั้ง 3 คน เพื่อคัดกรองรูปร่างของเท้าด้วยวิธี NNHt และ CS-I มีค่า ICC อยู่ในช่วง 0.96-0.97 และ 0.97-0.98 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผู้ตรวจทั้ง 3 คนมีความเที่ยงทั้งภายในตัวผู้ตรวจเอง ความเที่ยงเมื่อเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญ และความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

การเก็บข้อมูล

การศึกษานี้ดำเนินการตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าในเท้าข้างขวาของอาสาสมัครทุกราย และมีขั้นตอนในการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

ร่างแบบเท้าของอาสาสมัคร

ผู้ตรวจสร้างร่างแบบเท้าของอาสาสมัครแต่ละรายบนกระดาษขนาด 45 x 60 เซนติเมตร (ซม.) เพื่อเป็นแบบร่างให้อาสาสมัครวางเท้าอยู่ในแนวเดียวกันทั้ง 2 การทดสอบ ทำโดยให้อาสาสมัครเดินเท้าเปล่าด้วยความเร็วและช่วงก้าวปกติของอาสาสมัครเป็นระยะทาง 4 เมตร ทั้งหมด 5 รอบ เมื่อสิ้นสุดการเดินให้อาสาสมัครยืนบนกระดาษที่จัดวางไว้ให้ โดยให้เท้าทั้ง 2 ข้างขนานและห่างกันเท่ากับความกว้างของไหล่ ผู้ตรวจใช้ปากกาถูกลื่น

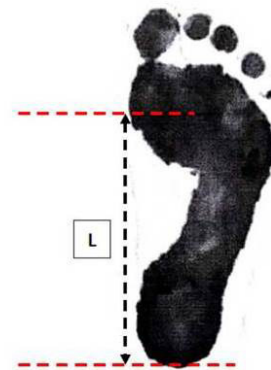
ทำร่างแบบเท้าของอาสาสมัครเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลต่อไป⁽²⁶⁾

การวัดความสูงของกระดูกนาวิคิวลาร์ขณะยืน

ให้อาสาสมัครขึ้นไปยังบันไดที่มีความสูงจากพื้น 25 ซม. และวางเท้าทั้ง 2 ข้างบนแบบร่างเท้าของอาสาสมัคร ผู้ตรวจคลำหาส่วนที่นูนชัดเจนที่สุดของปุ่มกระดูกนาวิคิวลาร์ (navicular tuberosity) และทำเครื่องหมายบนปุ่มกระดูกด้วยปากกาทำเครื่องหมาย⁽²⁰⁾ วัดความสูงของกระดูกนาวิคิวลาร์ด้วยกระดาษแข็งขนาด 8 x 15 ซม. โดยจัดแผ่นกระดาษให้ตั้งฉากกับพื้นและชิดกับบริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้ จากนั้นทำเครื่องหมายลงบนแผ่นกระดาษโดยวัดซ้ำ 3 ครั้ง และวัดระยะในหน่วยเป็นมิลลิเมตร (มม.) ด้วย Oxford precision dial caliper (ที่ความละเอียด 0.05 มม.) แล้วใช้ค่าเฉลี่ยของการวัดซ้ำเป็นค่าความสูงของกระดูกนาวิคิวลาร์ ดังแสดงในรูปที่ 1a (ค่า H)



a)



b)

รูปที่ 1 วิธีตรวจ normalized navicular height truncated (NNHt) a) ค่า navicular height ขณะยืน (H) คือระยะทางตั้งฉากจากพื้นถึงปุ่มกระดูก navicular b) แสดงค่าความยาวของเท้า (foot length; L) โดยมีจุดอ้างอิงจากขอบหลังสุดของกระดูกสันเท้า (calcaneus) ถึงขอบในของข้อต่อระหว่างกระดูกฝ่าเท้าและนิ้วหัวแม่เท้า (1st metatarsophalangeal joint) ค่า NNHt = H/L (ดัดแปลงจากการศึกษาของ Murley และคณะ ในปี ค.ศ. 2009⁽²⁰⁾)

การทำภาพพิมพ์เท้า

ผู้ตรวจจลอม baby oil ให้ทั่วผิวหนังบริเวณฝ่าเท้า และนิ้วเท้าให้แก่อาสาสมัคร แล้วให้อาสาสมัครลุกขึ้นยืน โดยวางเท้าทั้ง 2 ข้างบนแบบร่างเท้าของอาสาสมัคร ค้างไว้นาน 10 วินาที จึงให้อาสาสมัครยกเท้าออกจะได้ภาพพิมพ์เท้า

การวัดความยาวเท้าและการคำนวณค่า NNHt

ทำการวัดความยาวเท้าหรือค่า truncated foot length จากภาพพิมพ์เท้าที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 1b โดยวัดซ้ำ 3 ครั้ง ด้วย Oxford precision dial caliper (มม.) แล้วใช้ค่าเฉลี่ยของการวัดซ้ำเป็นค่า truncated foot length (ค่า L) หลังจากนั้นคำนวณค่า NNHt = H/L การแปลผล หากพบว่าค่า NNHt < 0.22 แปลผลว่าเท้าแบน; 0.22 – 0.31 แปลผลว่าเท้าปกติ และ > 0.31 แปลผลว่าเท้าโก่ง^(11, 20)

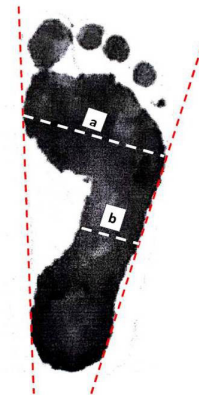
การคำนวณค่าดัชนี CS-I จากภาพพิมพ์เท้า

ผู้วิจัยวัดระยะในแนวขวางที่กว้างที่สุดของเท้า ซึ่งตรงกับบริเวณหัวของกระดูกฝ่าเท้า (ระยะ a ในรูปที่ 2) และวัดระยะในแนวขวางที่แคบที่สุดของเท้า ซึ่งอยู่บริเวณกึ่งกลางอุ้งเท้า (ระยะ b ในรูปที่ 2) โดยวัดซ้ำ 3 ครั้ง ด้วย Oxford precision dial caliper (มม.) แล้วใช้ค่าเฉลี่ยจากการวัดซ้ำมาคำนวณค่าดัชนี CS-I = b/a ⁽²⁷⁾

การแปลผล หากพบว่าค่าดัชนี CS-I < 0.25 แปลผลว่าเท้าโก่ง; 0.25 – 0.44 แปลผลว่าเท้าปกติ และ ≥ 0.45 แปลผลว่าเท้าแบน^(23,27,28)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา แบบภาคตัดขวาง การวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของอาสาสมัคร ค่า NNHt และค่าดัชนี CS-I เป็นต้น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2010 และ SPSS version 19 (IBM, Armonk, NY, USA) และแจกแจงข้อมูลโดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 2 แนวเส้นที่ใช้ในการวัดค่าดัชนี Chippaux-Smirak index (CS-I) โดย a คือ ระยะของเท้าในแนวขวางที่กว้างที่สุดซึ่งตรงกับบริเวณหัวของกระดูกฝ่าเท้า (metatarsal bone) และ b คือ ระยะของเท้าในแนวขวางที่แคบที่สุดซึ่งอยู่บริเวณกึ่งกลางอุ้งเท้า ค่าดัชนี CS-I = b/a (ดัดแปลงจากการศึกษาของ Forriol and Pascual ในปี ค.ศ. 1990⁽²⁷⁾)

สำหรับค่าความสอดคล้องในการตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าระหว่างวิธี NNHt และค่าดัชนี CS-I วิเคราะห์โดยใช้สถิติแคปป่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted Kappa; K_w) ทั้งนี้ได้กำหนดน้ำหนักให้เท้าแบน เท้าปกติ และเท้าโก่งมีค่าเท่ากับ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ⁽⁵⁾ การแปลผลค่า Kappa อยู่ระหว่าง 0.00-0.20 แปลผลว่ามีความสอดคล้องเล็กน้อย; 0.21-0.40 แปลผลว่ามีความสอดคล้องบ้าง; 0.41-0.60 แปลผลว่ามีความสอดคล้องปานกลาง; 0.61-0.80 แปลผลว่ามีความสอดคล้องดี และ > 0.80 แปลผลว่ามีความสอดคล้องดีมาก⁽²⁹⁾

ผลการศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการศึกษาในอาสาสมัคร 102 ราย (เพศชาย 37 ราย และเพศหญิง 65 ราย) ที่ไม่มีอาการปวดเท้าและข้อเท้าทั้งในขณะพักและขณะทำกิจกรรมในช่วงที่ดำเนินการศึกษา ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัครได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และขนาดรองเท้า (UK size) แสดงในตารางที่ 1

ในอาสาสมัครจำนวน 102 ราย เมื่อตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าด้วยวิธี NNHt พบว่าอาสาสมัครร้อยละ 55.88 มีรูปร่างเท้าปกติ ร้อยละ 40.20 มีรูปร่างเท้าแบน และร้อยละ 3.92 มีรูปร่างเท้าโก่ง เมื่อตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าด้วยค่าดัชนี CS-I พบว่าอาสาสมัครร้อยละ 79.41 มีรูปร่างเท้าปกติ ร้อยละ 11.77 มีรูปร่างเท้าแบน และร้อยละ 8.82

มีรูปร่างเท้าโก่ง เมื่อนำผลการตรวจคัดกรองด้วยวิธี NNHt และค่าดัชนี CS-I มาวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องในการจำแนกรูปร่างเท้าโดยใช้สถิติแคปป่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted Kappa; K_w) พบว่า มีค่า K_w เท่ากับ 0.123 แสดงให้เห็นว่าการตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าด้วยวิธี NNHt และค่าดัชนี CS-I มีความสอดคล้องกันในระดับเล็กน้อย (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร (n = 102)

	เพศชาย (37 ราย)	เพศหญิง (65 ราย)
อายุ (ปี)	25.48 ± 5.71	21.92 ± 2.56
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	67 ± 8.19	53.86 ± 6.73
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	170.59 ± 5.65	159.81 ± 5.04
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	23.00 ± 2.52	21.10 ± 2.43
ขนาดรองเท้า (UK size)	8.1 ± 1.03	5.46 ± 1.25

ตารางที่ 2 ผลการตรวจคัดกรองเพื่อจำแนกรูปร่างเท้าด้วยวิธี normalized navicular height truncated (NNHt) และค่าดัชนี Chippaux-Smirak index (CS-I) และการวิเคราะห์ความสอดคล้องโดยใช้สถิติแคปป่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted Kappa; K_w) ในอาสาสมัครจำนวน 102 ราย

	จำนวนอาสาสมัครที่มีรูปร่างเท้าแต่ละประเภท (ราย)		
	เท้าแบน	เท้าปกติ	เท้าโก่ง
วิธี NNHt	41	57	4
ค่าดัชนี CS-I	12	81	9
Weighted Kappa (K_w)	0.123		

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความสอดคล้องในการตรวจคัดกรองเพื่อจำแนกรูปร่างเท้าระหว่างการวัดความสูงของอุ้งเท้าด้วยวิธี NNHt และดัชนีภาพพิมพ์เท้าด้วยค่าดัชนี CS-I ก่อนเริ่มเก็บข้อมูล ผู้ตรวจได้ผ่านการฝึกฝนและฝึกซ้อมการตรวจรูปร่างเท้าจากผู้เชี่ยวชาญ และได้ทำการทดสอบความเที่ยงภายในตัวผู้ตรวจ ความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญ และความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจทั้ง 3 คน โดยมีการสุ่มลำดับของผู้ตรวจทุกครั้งในการตรวจอาสาสมัคร

แต่ละราย ผลพบว่าความเที่ยงภายในผู้ตรวจแต่ละคน ความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญและระหว่างผู้ตรวจทั้ง 3 คน ในการตรวจรูปร่างเท้าด้วยวิธี NNHt และค่าดัชนี CS-I มีค่า ICC_(3,3) > 0.9 แสดงให้เห็นว่าผลการตรวจที่ได้ในการศึกษานี้ ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยผู้ตรวจที่มีความเที่ยงในการตรวจประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลการตรวจซ้ำเพื่อจำแนกรูปร่างเท้าในแต่ละวิธี ซึ่งมีช่วงพักระหว่างการตรวจห่างกัน 3 วัน ได้ผลการตรวจรูปร่างเท้าเช่นเดิมในอาสาสมัครแต่ละราย

ผลการศึกษาในอาสาสมัครเพศชายและหญิง อายุระหว่าง 18-40 ปี จำนวน 102 ราย มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ และไม่มีอาการปวดเท้าและข้อเท้า พบว่าอาสาสมัครส่วนใหญ่มีรูปร่างเท้าปกติ (คิดเป็นร้อยละ 55.88 และ ร้อยละ 79.41 เมื่อตรวจด้วยวิธี NNHT และ CS-I ตามลำดับ) รองลงมา มีรูปร่างเท้าแบน (คิดเป็นร้อยละ 40.2 และ ร้อยละ 11.77 เมื่อตรวจด้วยวิธี NNHT และ CS-I ตามลำดับ) และส่วนน้อยมีรูปร่างเท้าโก่ง (คิดเป็นร้อยละ 3.92 และ ร้อยละ 8.82 เมื่อตรวจด้วยวิธี NNHT และ CS-I ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบผลการจำแนกรูปร่างเท้าจากการตรวจทั้ง 2 วิธี พบว่าให้ผลการตรวจจำแนกรูปร่างเท้าได้ไม่ตรงกัน ในอาสาสมัครจำนวน 51 ราย (คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนอาสาสมัครทั้งหมด) และเมื่อประเมินระดับความสอดคล้องในการจำแนกรูปร่างเท้าระหว่างการตรวจด้วยวิธี NNHT และค่าดัชนี CS-I โดยใช้สถิติแคปป่าถ่วงน้ำหนัก พบว่ามีความสอดคล้องกันในระดับเล็กน้อย ($K_w = 0.123$) แสดงให้เห็นว่าการตรวจรูปร่างเท้าด้วยวิธี NNHT และค่าดัชนี CS-I ให้ผลในการจำแนกรูปร่างเท้าได้ไม่ตรงกัน

จากการทบทวนวรรณกรรมของคณะผู้วิจัยถึง ณ ปัจจุบัน ยังไม่พบรายงานการศึกษาเพื่อประเมินความสอดคล้องกันในการแบ่งประเภทรูปร่างเท้าระหว่างการตรวจด้วยวิธี NNHT และค่าดัชนี CS-I อย่างไรก็ตามพบรายงานการศึกษาที่ผ่านมาของ Langley และคณะ⁽⁵⁾ ซึ่งศึกษาความสอดคล้องในการจำแนกรูปร่างเท้าในอาสาสมัคร 30 ราย ด้วยการใช้ค่าดัชนี foot posture index (FPI-6) ค่า rearfoot angle (RFA) ค่า medial longitudinal arch angle (MLAA) และ ค่า navicular drop (ND) ผลพบว่าความสอดคล้องในการจำแนกรูปร่างเท้าอยู่ในระดับปานกลาง ($K_f = 0.58$) และพบว่าการตรวจรูปร่างเท้าด้วยค่า rearfoot angle และค่า navicular drop มีความเที่ยงในการตรวจซ้ำอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้แม้ว่าจะไม่สามารถนำผลการศึกษาดังกล่าวเบื้องต้นมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในครั้งนี้ได้โดยตรง เนื่องจากในการตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าใช้วิธีที่แตกต่างกัน แต่ผลการศึกษาที่พบเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และสนับสนุนว่าการใช้วิธีตรวจที่แตกต่างกัน ให้ผลในการจำแนกรูปร่างเท้าได้ไม่สอดคล้อง

กัน และไม่น่าจะสามารถนำมาใช้ตรวจคัดกรองเพื่อจำแนกรูปร่างเท้าแทนกันได้ โดยผลการศึกษาที่พบสะท้อนให้เห็นว่าการรวมข้อมูลจากรายงานการศึกษาต่างๆ ซึ่งใช้การตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าด้วยวิธีที่แตกต่างกัน อาจไม่สามารถนำผลการศึกษามารวมกันได้ ทั้งนี้ควรพิจารณาอย่างถี่ถ้วนและระมัดระวังในการแปลผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้ยังสะท้อนให้เห็นว่า แม้จากรายงานการศึกษาของ Queen และคณะ⁽²²⁾ พบว่าการประเมินรูปร่างเท้าทางคลินิกด้วยวิธี NNHT และค่าดัชนี CS-I มีความสัมพันธ์กัน ($r = -0.645$) แต่เมื่อนำค่าคะแนนจุดตัดหรือ cutoff score^(11,20,23,27,28) มาคัดกรองเพื่อจำแนกรูปร่างเท้ากลับให้ผลการตรวจไม่สอดคล้องกัน ทั้งนี้มีปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาร่วมด้วยคือ ค่าคะแนนจุดตัดที่ใช้เพื่อจำแนกรูปร่างเท้าซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลาย ณ ปัจจุบันเป็นข้อมูลจากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง ไม่ใช่ค่าคะแนนจุดตัดที่ได้มาจากค่าปกติ (normative data) จากการวิจัยเชิงบรรทัดฐาน (normative research) ซึ่งยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในกลุ่มประชากรทุกช่วงวัย

จากรายงานการศึกษาของ Tong และ Kong⁽¹¹⁾ ซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะว่าวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจคัดกรองรูปร่างเท้า ควรเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย มีความแม่นยำ มีความเที่ยงที่ดี มีความสัมพันธ์กับการตรวจประเมินด้วยภาพถ่ายทางรังสีซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน และสัมพันธ์กับการตรวจโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ จากผลการศึกษาในครั้งนี้ที่แสดงให้เห็นว่าการตรวจด้วยวิธี NNHT และค่าดัชนี CS-I ไม่น่าจะสามารถใช้ทดแทนกันได้ในการนำมาตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าในอาสาสมัครที่มีอายุระหว่าง 18-40 ปี หากต้องตัดสินใจเลือกวิธีการตรวจระหว่างวิธี NNHT และค่าดัชนี CS-I คณะผู้วิจัยพบว่าทั้ง 2 วิธีเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย มีความเที่ยงภายในตัวผู้ตรวจและระหว่างผู้ตรวจอยู่ในเกณฑ์ดีมาก แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า วิธี NNHT มีความสัมพันธ์กับการตรวจประเมินด้วยภาพถ่ายทางรังสีสูงกว่าการตรวจด้วยค่าดัชนีภาพพิมพ์เท้า⁽¹⁷⁾ ร่วมกับพบว่าวิธี NNHT มีความสัมพันธ์ระดับสูงกับผลการตรวจประเมินโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญโดยมีค่า $r = 0.70$ ⁽²¹⁾ นอกจากนี้มีข้อควรนำมาพิจารณาร่วมด้วยคือ ในการตรวจด้วยค่าดัชนีภาพพิมพ์เท้า เช่น CS-I อาจได้รับอิทธิพลจากไขมัน

สะสมได้ผิวหนังในฝ่าเท้าซึ่งคาดว่าจะส่งผลต่อการตรวจประเมินร่วมด้วย⁽¹⁷⁾ ดังนั้นเมื่อนำผลการศึกษาที่พบในครั้งนี้นำมาพิจารณาผลจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน คณะผู้วิจัยเห็นว่าควรเลือกวิธี NNHt เพื่อนำมาใช้ในการตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าในกลุ่มประชากรที่มีอายุระหว่าง 18-40 ปี ทั้งนี้ก่อนนำวิธี NNHt ไปใช้ ผู้ตรวจควรผ่านการฝึกฝนภายใต้คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ มีการทดสอบความเที่ยงทั้งภายในตัวผู้ตรวจ และระหว่างผู้ตรวจเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญให้ได้ความเที่ยงในการตรวจอยู่ในระดับดี อีกทั้งยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาค่าปกติ (normative data) ของการตรวจรูปร่างเท้าด้วยวิธี NNHt ในประชากรทุกช่วงวัย เพื่อประโยชน์ในการนำไปตรวจคัดกรองรูปร่างเท้าได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้นต่อไป อย่างไรก็ตามในทางคลินิกพบว่า นอกเหนือจากการใช้ตรวจรูปร่างเท้า ภาพพิมพ์เท้า (footprint) ยังนิยมนำไปใช้เพื่อการวินิจฉัยเบื้องต้นในการหาตำแหน่งที่มีแรงกดในฝ่าเท้าที่ผิดไปจากปกติในการตรวจเท้าผู้ป่วยหวนร่วมด้วย

การศึกษาในครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ เป็นการศึกษาความสอดคล้องในการตรวจคัดกรองเพื่อจำแนกรูปร่างเท้าด้วยวิธีการตรวจรูปร่างเท้าขณะที่ไม่มีการเคลื่อนไหว (static measure) ซึ่งแม้ว่าจะเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทางคลินิก เนื่องจากทำได้ง่าย ไม่มีการใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน และมีค่าใช้จ่ายน้อย อย่างไรก็ตามอาจไม่สามารถครอบคลุมรูปร่างเท้าซึ่งมีโครงสร้างและการทำงานที่ซับซ้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหว เช่น ขณะเดิน หรือวิ่งได้ และการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการศึกษาในอาสาสมัครที่มีช่วงอายุระหว่าง 18-40 ปี จึงทำให้ยังไม่สามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในอาสาสมัครช่วงอายุอื่นๆ ได้

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การตรวจคัดกรองเพื่อจำแนกรูปร่างเท้าระหว่างการวัดความสูงของอุ้งเท้าด้วยวิธี normalized navicular height truncated (NNHt) และการวัดค่าดัชนีภาพพิมพ์เท้าด้วยค่าดัชนี Chippaux-Smirak Index (CS-I) มีความสอดคล้องกันเล็กน้อย ดังนั้นจึงไม่น่าจะสามารถใช้ทดแทนกันได้ในการตรวจคัดกรองเพื่อจำแนกรูปร่างเท้า

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัยปวดหลัง ปวดคอ ปวดข้ออื่นๆ และสมรรถนะของมนุษย์ (BNOJPH) มหาวิทยาลัยขอนแก่น และคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาสาสมัครทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาเข้าร่วมงานวิจัยจนการศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Dawe EJC, Davis J. Anatomy and biomechanics of the foot and ankle. Orthop Trauma 2011; 25: 279-86.
2. Song J, Hillstrom HJ, Secord D, Levitt J. Foot type biomechanics. Comparison of planus and rectus foot types. J Am Podiatr Med Assoc 1996; 86: 16-23.
3. Franco AH. Pes cavus and pes planus. Analyses and treatment. Phys Ther 1987; 67: 688-94.
4. Subotnick SI. The biomechanics of running. Implications for the prevention of foot injuries. Sports Med 1985; 2: 144-53.
5. Langley B, Cramp M, Morrison SC. Clinical measures of static foot posture do not agree. J Foot Ankle Res 2016; 9: 45. doi: 10.1186/s13047-016-0180-3.
6. Chuter VH, Janse de Jonge XA. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: a review of the literature. Gait Posture 2012; 36: 7-15.
7. Powell DW, Williams DS 3rd, Windsor B, Butler RJ, Zhang S. Ankle work and dynamic joint stiffness in high-compared to low-arched athletes during a barefoot running task. Hum Mov Sci 2014; 34: 147-56.

8. Giladi M, Milgrom C, Stein M, Danon Y. The low arch, a protective factor in stress fractures: a prospective study of 295 military recruits. *Orthop Rev* 1985; 14: 709-12.
9. Dahle LK, Mueller MJ, Delitto A, Diamond JE. Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *J Orthop Sports Phys Ther* 1991; 14: 70-4.
10. Mei-Dan O, Kahn G, Zeev A, et al. The medial longitudinal arch as a possible risk factor for ankle sprains: a prospective study in 83 female infantry recruits. *Foot Ankle Int* 2005; 26: 180-3.
11. Tong JW, Kong PW. Association between foot type and lower extremity injuries: systematic literature review with meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther* 2013; 43: 700-14.
12. McManus A, Stevenson M, Finch CF, Elliott B, Hamer P, Lower A, Bulsara M. Incidence and risk factors for injury in nonelite Australian Football. *J Sci Med Sport* 2004; 7: 384-91.
13. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: a useful measure from footprints. *J Biomech* 1987; 20: 547-51.
14. McPoil TG, Cornwall MW, Medoff L, Vicenzino B, Fosberg KK, Hilz D. Arch height change during sit-to-stand: an alternative for the navicular drop test. *J Foot Ankle Res* 2009; 2: 17. doi: 10.1186/1757-1146-2-17.
15. Menz HB. Alternative techniques for the clinical assessment of foot pronation. *J Am Podiatr Med Assoc* 1998; 88: 119-29.
16. Thomas JL, Kunkel MW, Lopez R, Sparks D. Radiographic values of the adult foot in a standardized population. *J Foot Ankle Surg* 2006; 45: 3-12.
17. Menz HB, Munteanu SE. Validity of 3 clinical techniques for the measurement of static foot posture in older people. *J Orthop Sports Phys Ther* 2005; 35: 479-86.
18. Scharfbillig R, Evans AM, Copper AW, Williams M, Scutter S, Iasiello H, et al. Criterion validation of four criteria of the foot posture index. *J Am Podiatr Med Assoc* 2004; 94: 31-8.
19. Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD. Measurement of the medial longitudinal arch. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76: 45-9.
20. Murley GS, Menz HB, Landorf KB. A protocol for classifying normal- and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. *J Foot Ankle Res* 2009; 2: 22. doi: 10.1186/1757-1146-2-22.
21. Chuckpaiwong B, Nunley JA 2nd, Queen RM. Correlation between static foot type measurements and clinical assessments. *Foot Ankle Int.* 2009; 30: 205-12.
22. Queen RM, Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA 2nd. Describing the medial longitudinal arch using footprint indices and a clinical grading system. *Foot Ankle Int.* 2007; 28: 456-62.
23. Pita-Fernández S, González-Martín C, Seoane-Pillado T, López-Calviño B, Pérttega-Díaz S, Gil-Guillén V. Validity of footprint analysis to determine flatfoot using clinical diagnosis as the gold standard in a random sample aged 40 years and older. *J Epidemiol* 2015; 25: 148-54.
24. Sim J, Wright CC. The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. *Phys Ther* 2005; 85: 257-68.

25. Walter SD, Eliasziw M, Donner A. Sample size and optimal designs for reliability study. *Stat Med* 1998; 17: 101-10.
26. Buchanan KR, Davis I. The relationship between forefoot, midfoot, and rearfoot static alignment in pain-free individuals. *J Orthop Sports Phys Ther* 2005; 35: 559-66.
27. Forriol F, Pascual J. Footprint analysis between three and seventeen years of age. *Foot Ankle* 1990; 11: 101-4.
28. Chippaux-Smirak index [serial online] 2017 (cited 2017 January 16) Available from URL:<http://innofoot.ibv.org/index.php/biomechanical-assessment-procedures/541-chippaux-index>
29. Landis JR, Koch GG. The measurement of agreement for categorical data. *Biometric* 1977; 33: 159-74.