



ผลของการกระโดดซ้ำต่อความสามารถในการทรงท่าในวัยรุ่นตอนต้นที่มีภาวะอุ้งเท้าแบนชนิดยืดหยุ่น

EFFECT OF REPETITIVE HOPPING ON POSTURAL BALANCE IN YOUNG ADOLESCENT WITH FLEXIBLE FLATFOOT.

ฐิติยา คล้ายแก้ว¹, วันวิสาข์ พานิชารณ² และ วิทวัส อินตะเสนา³

¹นิสิตปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขากายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,

thitiya.swu58@gmail.com

²อาจารย์สาขากายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, wanvisap@g.swu.ac.th

³นักกายภาพบำบัด, wittawusarm.pt@gmail.com

บทคัดย่อ

บทนำ: ภาวะอุ้งเท้าแบนชนิดยืดหยุ่นสามารถเกิดขึ้นได้ตั้งแต่วัยเด็กถึงผู้ใหญ่ โดยอุ้งเท้าจะมีการพัฒนามากในช่วงวัยรุ่นตอนต้น และพัฒนาช้าลงเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ ภาวะอุ้งเท้าแบนที่เกิดขึ้นในวัยรุ่นตอนต้น สามารถรบกวนการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องมีการลงน้ำหนัก และกิจกรรมที่มีการทรงท่าร่วมด้วย ซึ่งหากไม่ได้รับการดูแลที่ถูกต้อง ภาวะอุ้งเท้าแบนสามารถส่งผลกระทบต่อข้อต่ออื่นๆ ของร่างกาย ทำให้ความสามารถในการทรงท่าลดลง และเกิดการบาดเจ็บในอนาคได้ วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเคลื่อนที่ของกระดูกนาวิคิวล่าและความสามารถในการทรงท่าทั้งก่อนและหลังการทำกิจกรรมกระโดดซ้ำ ในวัยรุ่นตอนต้นที่มีและไม่มีภาวะเท้าแบนชนิดยืดหยุ่น ระเบียบวิธีวิจัย: อาสาสมัครวัยรุ่นตอนต้นอายุระหว่าง 13-14 ปี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มอุ้งเท้าปกติ และกลุ่มอุ้งเท้าแบนชนิดยืดหยุ่น โดยอาสาสมัครทุกคนจะได้รับการทดสอบระยะเวลาการเคลื่อนที่ของกระดูกนาวิคิวล่าและความสามารถในการทรงท่าขณะขึ้นบนขาข้างเดียวร่วมกับลิ้มดา หลับตา และขึ้นบนพื้น โฟม ทั้งก่อนและหลังการกระโดดซ้ำ เมื่อได้ข้อมูลทั้งหมดแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบก่อนและหลังการกระโดดซ้ำด้วยสถิติ Wilcoxon Signed-Rank test และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยสถิติ Mann-Whitney U test ผลการวิจัย: พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระยะเวลาการเคลื่อนที่ของกระดูกนาวิคิวล่าและความสามารถในการทรงท่าขณะขึ้นบนขาข้างเดียวร่วมกับลิ้มดาบนพื้นแข็งระหว่างกลุ่มอุ้งเท้าปกติและอุ้งเท้าแบนทั้งก่อนและหลังการกระโดดซ้ำ โดยหลังการกระโดดซ้ำพบว่าทั้งสองกลุ่มมีการเคลื่อนที่ของกระดูกนาวิคิวล่ามากขึ้น และยังพบว่ากลุ่มอุ้งเท้าแบนมีความสามารถในการทรงท่าบนขาข้างเดียวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากมีการล้าของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นหลังการกระโดดซ้ำ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างที่พุงอุ้งเท้าด้านใน เกิดการเคลื่อนที่ของข้อต่อ และการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ในการลงน้ำหนักของฝ่าเท้า แต่อย่างไรก็ตามในการขึ้นหลับตาและขึ้นบนพื้น โฟมยังไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจนของทั้งสองกลุ่ม อาจเนื่องมาจากระบบการรับรู้ลึกที่ใช้ในการทรงท่าของวัยรุ่นตอนต้นยังพัฒนาไม่เต็มที่เท่าผู้ใหญ่ และช่วงอายุนี้อย่างต้องพึ่งพาการมองเห็นเพื่อช่วยในการทรงท่า จึงทำให้ไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจน ดังนั้นในการศึกษาครั้งถัดไป จึงแนะนำให้ศึกษาเพิ่มเติมในวัยผู้ใหญ่ เพื่อจะได้ทราบถึงผลของการทำกิจกรรมลงน้ำหนักซ้ำ ต่อการทรงท่าที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น และแนะนำให้ผู้ที่ภาวะอุ้งเท้าแบนได้รับการรักษาตั้งแต่เริ่มต้นเพื่อลดความเสี่ยงต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นในอนาคตได้

คำสำคัญ: เท้าแบนชนิดยืดหยุ่น, การทรงท่า, การกระโดดซ้ำ



ABSTRACT

Background: The flexible flatfoot was a common problem in every age. Medial longitudinal arch had high development in adolescence and slight development in adult. Flexible flatfoot can disturb some of functional performance especially weight bearing performance during standing balance. Therefore, adolescent who have flexible flatfoot should acquire appropriate treatments for protecting of balance impairment and joint injuries in the future. **Objective:** The study compared navicular drop and postural stability via single leg standing before and after repetitive hopping in normal foot and flexible flatfoot. **Methodology:** Participants had age between 13 and 14 years old. They were separated in groups of flexible flatfoot and normal foot. Participants were measured navicular drop and single leg standing before and after repetitive hopping. Wilcoxon Signed-Rank test and The Mann-Whitney U test were statistical analysis for calculating of difference within and between groups of normal and flexible flatfoot. **Result:** The result of navicular drop and single leg standing during eyes open showed significant difference between groups of normal and flexible flatfoot. After repetitive hopping, increasing of navicular drop was shown in both groups and flexible flatfoot found significant reduction of balance ability through single leg standing with eyes open. The result might be explained as muscular fatigue after repetitive hopping lead to changing of supporting structure under the medial longitudinal arch, changing of joint alignment, and changing of weight distribution on plantar foot. Nevertheless, there were no difference obviously in conditions of single leg standing with eyes closed or foam surface. The results may imply that adolescent have immaturity of sensory systems and they have reliance on visual system for balance stability. Therefore, study of standing balance in adults after repetitive activity with weight bearing will be a suggestion for further study. Adolescent who have flexible flatfoot should acquire earlier treatment for preventing of risk factors in the future.

Keywords: Flexible flatfoot, Balance, Repetitive hopping

1. บทนำ

อุ้งเท้าด้านใน (Medial Longitudinal Arch) มีโครงสร้างที่ช่วยพยุงไว้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Dynamic support ประกอบด้วย Tibialis posterior, tibialis anterior และ Intrinsic plantar muscles และ Passive support ประกอบด้วย ligaments ต่างๆ และ Plantar aponeurosis (Anne et al., 2009) ความผิดปกติของอุ้งเท้าเกิดขึ้นได้ 2 ประเภท คืออุ้งเท้ายกตัวสูง (High arch) และอุ้งเท้าแบน (Flatfoot) จากอุบัติการณ์พบว่าอุ้งเท้ายกตัวสูงเกิดขึ้นได้ร้อยละ 1.32 และอุ้งเท้าแบนเกิดขึ้นได้ร้อยละ 13.88 ของผู้ที่มีอุ้งเท้าผิดปกติ (Chou et al., 2009) นอกจากนี้อุ้งเท้าแบนยังแบ่งได้อีก 2 ประเภทคืออุ้งเท้าแบนชนิดติดแข็ง (Rigid flatfoot) และอุ้งเท้าแบนชนิดยืดหยุ่น (Flexible Flat Foot) (Fabry, 2010) อุ้งเท้าแบนชนิดยืดหยุ่นจะมีความรุนแรงน้อยกว่าชนิดติดแข็ง และหากได้รับการรักษาตั้งแต่เริ่มแรกจะสามารถรักษาให้หายได้โดยไม่ต้องผ่าตัด (Evans et al., 2011) แต่หากปล่อยให้อุ้งเท้าแบนเกิดขึ้นแบบเรื้อรัง จะเพิ่มโอกาสให้เกิดการผิดรูปของเท้าและเกิดการเจ็บปวดได้ หรืออาจส่งผลให้แนวข้อต่อบริเวณเท้าและข้อเท้าเปลี่ยนแปลง



ไป การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นต่อเนื่องไปถึงการเปลี่ยนแปลงของแนวข้อเช่า ข้อสะ โปก และหลังส่วนล่าง ทำให้มีความเสี่ยงที่จะเกิดการอักเสบและการบาดเจ็บบริเวณข้อต่อต่าง ๆ ได้ (Otsuka et al., 2003)

มีการทดสอบเพื่อวัดระดับความรุนแรงของภาวะอุ้งเท้าแบน ได้หลากหลายวิธี เช่น การทดสอบการเคลื่อนไหวของกระดูกนาวิคิวลา (Navicular Drop) และการฉายภาพรังสี (x-rays) จากการศึกษาของ Brody ในปี 1982 ได้แนะนำการทดสอบการเคลื่อนไหวของกระดูกนาวิคิวลาว่าเป็นวิธีการทดสอบที่ง่าย สะดวก และประหยัด สามารถใช้วินิจฉัยภาวะอุ้งเท้าแบนแทนการฉายภาพรังสีได้ โดยมีค่าปกติอยู่ในช่วง 5-9.99 มิลลิเมตร และค่าที่แสดงถึงภาวะเท้าแบนคือการเคลื่อนไหวที่มากกว่า 10 มิลลิเมตรขึ้นไป (Brody, 1982) การพัฒนาของอุ้งเท้าด้านในจะเริ่มขึ้นตั้งแต่วัยเด็กมากขึ้นในช่วงอายุ 11 ปี เริ่มมีความคงที่เมื่อเข้าสู่วัยรุ่นตอนต้นอายุประมาณ 13 ปี และมักจะ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงเมื่ออายุประมาณ 18 ปี (Waseda et al., 2014) สาเหตุการเกิดอุ้งเท้าแบนในวัยรุ่น สามารถเกิดขึ้นได้จากการพัฒนาของอุ้งเท้าที่ไม่สมบูรณ์ การใช้งานของอุ้งเท้าไม่ถูกต้อง และน้ำหนักตัวที่มากเกินไป (Danešmandi et al., 2009) เด็กวัยรุ่นที่มีภาวะเท้าแบนแม้ว่าจะไม่พบอาการเจ็บปวด แต่อาจพบความบกพร่องขณะทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะกิจกรรมที่มีการลงน้ำหนัก เช่นการวิ่ง และกระโดด และยังพบความสามารถในการทรงท่าลดลงด้วย (Vittore et al., 2009) จากงานวิจัยของ Kim ในปี 2015 พบว่าอาสาสมัครกลุ่มอุ้งเท้าแบนมีความสามารถในการทรงท่าแบบอยู่กับที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาสาสมัครอุ้งเท้าปกติ (Kim et al., 2015) และจากงานวิจัยของ Boozari ในปี 2013 พบว่ากลุ่มอาสาสมัครอุ้งเท้าแบนจะมีการลงน้ำหนักที่ฝ่าเท้าด้านในมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาสาสมัครอุ้งเท้าปกติ ภายหลังจากที่มีการกระโดดซ้ำบนขาข้างเดียว (Boozari et al., 2013) ตำแหน่งการลงน้ำหนักที่เปลี่ยนไปของอาสาสมัครอุ้งเท้าแบนหลังการทำกิจกรรม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของมุมข้อเท้า เหว และสะ โปก (Jafamezhadgero et al., 2017) ส่งผลให้ความสามารถในการทรงท่าเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าคนเท้าแบนที่มีการทำกิจกรรมการลงน้ำหนักอย่างต่อเนื่อง (Repetitive loading) จะส่งผลกระทบต่ออุ้งเท้า และทำให้ความสามารถในการทรงท่าลดลง โดยเฉพาะขณะยืนบนขาข้างเดียว จากการทบทวนวรรณกรรมจะเห็นได้ว่าวัยรุ่นตอนต้นอายุประมาณ 13-14 ปี เป็นช่วงอายุที่เหมาะสมที่จะตรวจสอบหาความผิดปกติของอุ้งเท้า เนื่องจากอุ้งเท้าของวัยรุ่นตอนต้นมีการพัฒนาใกล้เคียงกับวัยผู้ใหญ่ ซึ่งหากพบความผิดปกติของอุ้งเท้าในวัยรุ่นตอนต้น และให้การดูแลรักษาที่ถูกต้อง อุ้งเท้าแบนอาจสามารถพัฒนาให้ใกล้เคียงอุ้งเท้าปกติได้ ซึ่งจะลดปัญหาความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นภายหลังการทำกิจกรรมต่างๆ (Volpon, 1994) รวมถึงป้องกันการเกิดอุ้งเท้าแบนที่มากขึ้นหรืออุ้งเท้าแบนชนิดติดแข็ง

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทรงท่าทั้งก่อนและหลังการทำกิจกรรมกระโดดซ้ำ ในวัยรุ่นตอนต้นที่มีและไม่มีภาวะอุ้งเท้าแบนชนิดยึดหยุ่น

3. ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 รูปแบบการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยอยู่ในรูปแบบเชิงทดลอง

3.2 ประชากรและการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรของงานวิจัยในครั้งนี้คืออาสาสมัครที่มีอายุอยู่ในช่วง 13-14 ปี แบ่งเป็นกลุ่มที่ไม่มีและมียุ้งเท้าแบนชนิดยึดหยุ่น สามารถสื่อสารและเข้าใจภาษาไทยได้อย่างชัดเจน และผู้ปกครองหรือผู้ดูแลยินยอมให้เข้า



ร่วมงานวิจัย เหนือในการคัดออกคือ มีการคิดรูปหรือมีแปลเปิดบริเวณเท้าหรือข้อเท้า มีความยาวขาทั้งสองข้างแตกต่างกันมากกว่า 2 เซนติเมตร (Shaffer et al., 2013) เคยมีประวัติการบาดเจ็บของรยางค์ขา ตัวอย่างเช่น มีประวัติการผ่าตัดของรยางค์ขา มีปัญหาทางระบบกระดูกกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการทรงท่า มีปัญหาทางระบบหายใจหรือการไหลเวียนโลหิตที่ส่งผลต่อการวิจัย มีปัญหาทางระบบประสาทที่ส่งผลต่อการทรงท่า มีปัญหาทางสายตาที่ไม่สามารถแก้ไขด้วยเลนส์สายตา มีน้ำหนักเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำหนักส่วนสูงของประเทศไทย (สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์กรมการแพทย์กระทรวงสาธารณสุข, 2542) และเป็นนักกีฬาประจำโรงเรียนหรือสถาบัน

3.3 วิธีดำเนินการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการดำเนินงานด้านวิจัย จริยธรรมการวิจัย และจรรยาบรรณบุคลากรรหัส PTPT 2017 - 023 โดยในงานวิจัยนี้มีผู้ทำการทดสอบจำนวน 2 คน คือผู้ทำการทดสอบคนที่ 1 และผู้ทำการทดสอบคนที่ 2 เมื่ออาสาสมัครผ่านเกณฑ์การคัดเลือกแล้ว ผู้ทดสอบคนที่ 1 จะบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับเพศ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ความถนัดของขา ความยาวขา และความแข็งแรงกล้ามเนื้อของรยางค์ขา จากนั้นผู้ทดสอบคนที่ 1 เป็นคนประเมินการเคลื่อนไหวของกระดูกนาวิกูล่าโดยให้อาสาสมัครถอดรองเท้า นั่งบนเก้าอี้ เท้าวางราบกับพื้น มุมข้อเข่า 90° จากนั้นผู้ทดสอบคนที่ 1 คลำหาปุ่มกระดูกนาวิกูล่า และทำสัญลักษณ์เอาไว้บนผิวหนัง จัดแนวของข้อเท้าให้อยู่ในแนวเส้นตรงตามวิธีการ anterior line method (Najjarine, 2011) จากนั้นให้อาสาสมัครยืนขึ้นพร้อมลงน้ำหนักขาทั้งสองข้างให้เท่ากัน ผู้ทดสอบคนที่ 1 จะขีดระดับการเปลี่ยนแปลงของกระดูกนาวิกูล่าลงบนกระดาษทึบที่อยู่นับบรรทัด 2 ขีด ในขณะที่นั่งและยืนลงน้ำหนักตามลำดับ จากนั้นผู้ทำการทดสอบคนที่ 2 เป็นผู้วัดระยะการเคลื่อนที่ของกระดูกนาวิกูล่าโดยใช้ Vernier caliper หน่วยมิลลิเมตร และแบ่งกลุ่มอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่มโดยถ้าพบว่าอาสาสมัครมีระยะการเคลื่อนที่ของกระดูกนาวิกูล่าอยู่ที่ 5-9.99 มิลลิเมตร จะจัดอยู่ในกลุ่มเท้าปกติ แต่หากระยะการเคลื่อนที่ของกระดูกนาวิกูล่าตั้งแต่ 10 มิลลิเมตรขึ้นไป จะจัดอยู่ในกลุ่มอุ้งเท้าแบนแบบชิดหุ่ย (Brody, 1982)

เมื่อแบ่งอาสาสมัครเป็น 2 กลุ่มเรียบร้อยแล้ว อาสาสมัครทั้งหมดจะได้รับการสุ่มเพื่อทดสอบความสามารถในการทรงท่าขณะยืนลงน้ำหนักบนขาข้างเดียวหรือ Single leg standing มีทั้งหมด 4 การทดสอบคือ ยืนลิ้มตาทรงท่าบนพื้นแข็ง ยืนลิ้มตาทรงท่าบนพื้นแข็ง ยืนลิ้มตาทรงท่าบนพื้นโฟม และยืนลิ้มตาทรงท่าบนพื้นโฟม ทำการทดสอบท่าละ 1 ครั้ง อาสาสมัครทุกคนจะยืนบนขาข้างที่ถนัดในตำแหน่งที่กำหนดไว้ โฟมที่ใช้ในการทดสอบการทรงท่าคือ Ethylene Vinyl Acetate (EVA) foam (Chaikereee et al., 2015) ขณะยืนอาสาสมัครจะยกขาข้างที่ไม่ถนัดขึ้นในมุมข้อสะโพกเท่ากับ 0° และข้อเข่า 90° มือทั้งสองข้างวางไว้ที่สะโพก เมื่ออาสาสมัครยืนในท่าทางที่ถูกต้องแล้ว ผู้ทดสอบคนที่ 1 เริ่มจับเวลา โดยกำหนดเวลาสูงสุดไว้ที่ 120 วินาที หากพบว่าขาข้างที่ยกตกลงแตะพื้น มือข้างใดข้างหนึ่งหลุดออกจากสะโพก และลิ้มตาขึ้นขณะการทดสอบที่ต้องหลับตา ผู้ทดสอบคนที่ 1 จะหยุดเวลาทันที หลังการทดสอบแต่ละครั้ง อาสาสมัครจะได้นั่งพักเป็นเวลา 120 วินาที

3.4 ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มเกี่ยวกับ เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความถนัดของขา และความแข็งแรงกล้ามเนื้อ จะใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติ independent t-test ในการวิเคราะห์ข้อมูล ตัวแปรระยะการเคลื่อนที่ของกระดูกนาวิกูล่า (มิลลิเมตร) และเวลา (วินาที) ขณะยืนบนขาข้างเดียว ทั้งก่อนและหลังการกระโดดซ้ำ ๆ ระหว่างกลุ่มอุ้งเท้าปกติ และกลุ่มอุ้งเท้าแบนชนิดชิดหุ่ย จะได้รับการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล โดย Shapiro-Wilk test หากพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ สถิติที่จะใช้เปรียบเทียบคือ Two-way mixed ANOVA แต่หาก



พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ สถิติที่จะใช้เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการกระโดดซ้ำ ๆ คือ Wilcoxon Signed-Rank test และสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้เท้าปกติและกลุ่มผู้เท้าแบนชนิดยึดหยุ่นคือ The Mann-Whitney U test โดยกำหนดค่านัยสำคัญไว้ที่ $P < 0.05$

4. ผลการวิจัย

4.1 ข้อมูลทั่วไปอาสาสมัคร

อาสาสมัครรวมทั้งหมด 38 คน แบ่งเป็นกลุ่มผู้เท้าปกติ และกลุ่มผู้เท้าแบนชนิดยึดหยุ่น กลุ่มละ 19 คน อยู่ในช่วงวัยรุ่นตอนต้น อายุอยู่ระหว่าง 13-14 ปี เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องน้ำหนัก ส่วนสูง และกำลังกล้ามเนื้อ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานอาสาสมัคร (SD = Standard deviation)

ข้อมูลอาสาสมัคร	กลุ่มผู้เท้าแบน (n=19)	กลุ่มเท้าปกติ (n=19)	P value
เพศ (n, %)			
ชาย	12, 63.16 %	9, 47.37 %	
หญิง	7, 36.84 %	10, 52.63 %	
อายุ (Mean \pm SD)	13.31 \pm 0.73	13.64 \pm 0.50	0.113
น้ำหนัก, กิโลกรัม (Mean \pm SD)	46.71 \pm 6.03	47.96 \pm 10.57	0.656
ส่วนสูง, เซนติเมตร (Mean \pm SD)	158.74 \pm 8.68	161.37 \pm 8.29	0.346
ขาข้างถนัด (n, %)			
ข้างขวา	16, 84.21 %	17, 89.47 %	
ข้างซ้าย	3, 15.79 %	2, 10.53 %	
กำลังกล้ามเนื้อ (Mean \pm SD)			
Hip flexors, กิโลกรัม	12.65 \pm 2.16	12.16 \pm 2.12	0.490
Hip extensors, กิโลกรัม	11.38 \pm 2.48	11.98 \pm 2.49	0.458
Hip abductors, กิโลกรัม	11.89 \pm 14.31	8.23 \pm 1.50	0.275
Hip adductors, กิโลกรัม	7.55 \pm 2.04	7.49 \pm 1.42	0.920
Knee flexors, กิโลกรัม	11.48 \pm 3.11	10.80 \pm 2.27	0.447
Knee extensors, กิโลกรัม	11.53 \pm 2.91	11.46 \pm 2.88	0.942
Dorsiflexors, กิโลกรัม	7.76 \pm 1.55	8.16 \pm 1.76	0.468
Plantar flexors, กิโลกรัม	8.95 \pm 2.03	8.46 \pm 2.17	0.477

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ จึงเลือกใช้สถิติ The Mann-Whitney U test ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้เท้าปกติและกลุ่มผู้เท้าแบนชนิดยึดหยุ่น และใช้สถิติ



Wilcoxon Signed-Rank test ในการทดสอบความแตกต่างก่อนและหลังการกระโดดซ้ำ ผลการศึกษาระยะเวลาเคลื่อนที่ของกระดูกนาคิวล่าพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการกระโดดซ้ำในกลุ่มผู้เท้าแบนชนิดยี่ดหุ่ยและกลุ่มผู้เท้าปกติ ($P = 0.003, 0.000$) นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มผู้เท้าปกติและกลุ่มผู้เท้าแบนชนิดยี่ดหุ่ย ทั้งก่อนและหลังการกระโดดซ้ำ ($P = 0.000, 0.000$) ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการทรงท่าในขณะที่ยืนบนขาข้างเดียว พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มผู้เท้าปกติ และกลุ่มผู้เท้าแบนชนิดยี่ดหุ่ย ทั้งก่อนและหลังการกระโดดซ้ำ เมื่อยืนลิ้มตาบนพื้นแข็ง ($P = 0.000, P = 0.000$) และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการกระโดดซ้ำ ในกลุ่มผู้เท้าแบนชนิดยี่ดหุ่ยเมื่อยืนลิ้มตาบนพื้นแข็ง ($P = 0.002$) นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการกระโดดซ้ำขณะยืนหลับตาบนพื้นแข็ง ($P = 0.044$) ในกลุ่มผู้เท้าปกติ และเมื่อยืนหลับตาบนพื้นโฟม ($P = 0.025$) ในกลุ่มผู้เท้าแบนชนิดยี่ดหุ่ย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างทั้งก่อนและหลังกิจกรรมการกระโดดซ้ำๆ

การทดสอบ	กลุ่ม	ก่อนการกระโดดซ้ำ		หลังการกระโดดซ้ำ		ก่อนและหลัง กระโดดซ้ำ (P value)	
		Mean \pm SD	P value	Mean \pm SD	P value		
ระยะเวลาเคลื่อนที่ ของกระดูกนาคิวล่า (มิลลิเมตร)	ผู้เท้าแบน ชนิดยี่ดหุ่ย	16.12 \pm 4.47	0.000*	18.32 \pm 2.98	0.000*	0.003*	
	เท้าปกติ	8.10 \pm 1.48		12.19 \pm 3.79		0.000*	
Single leg standing (วินาที)	ลิ้มตาทรงท่า บนพื้นแข็ง	ผู้เท้าแบน ชนิดยี่ดหุ่ย	78.89 \pm 30.75	0.000*	50.37 \pm 33.04	0.000*	0.002*
		เท้าปกติ	112.35 \pm 16.17		102.09 \pm 25.24		0.114
	หลับตาทรงท่า บนพื้นแข็ง	ผู้เท้าแบน ชนิดยี่ดหุ่ย	21.39 \pm 20.89	0.157	14.33 \pm 14.84	0.267	0.085
		เท้าปกติ	29.69 \pm 20.95		21.97 \pm 19.81		0.044*
	ลิ้มตาทรงท่า บนพื้นโฟม	ผู้เท้าแบน ชนิดยี่ดหุ่ย	41.03 \pm 31.66	0.199	28.97 \pm 27.10	0.133	0.122
		เท้าปกติ	55.93 \pm 35.83		50.78 \pm 43.47		0.246
	หลับตาทรงท่า บนพื้นโฟม	ผู้เท้าแบน ชนิดยี่ดหุ่ย	3.78 \pm 2.19	0.255	3.12 \pm 2.44	0.589	0.025*
		เท้าปกติ	3.12 \pm 1.91		3.03 \pm 1.65		0.717

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



5. การอภิปรายผล

จากการศึกษาความสามารถในการทรงท่าและระยะการเคลื่อนที่ของกระดูกนาคิวลาร์ ทั้งก่อนและหลังการทำกิจกรรมกระโดดเข้าในวัยรุ่นตอนต้นที่มีและไม่มีอุ้งเท้าแบนชนิดยืดหยุ่น ผลการศึกษาพบความแตกต่างของระยะการเคลื่อนที่ของกระดูกนาคิวลาร์ระหว่างกลุ่มทั้งก่อนและหลังมีการกระโดดเข้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Robbins ในปี 1987 ที่พบความเปลี่ยนแปลงของอุ้งเท้าด้านใน ภายหลังจากมีการลงน้ำหนักที่รยางค์ขา (Robbins et al., 1987) และงานของ Gardin ในปี 2013 ที่พบว่าภายหลังจากทำกิจกรรมส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับกระดูกนาคิวลาร์ได้ เนื่องจากการล้าของกล้ามเนื้อ tibialis posterior และ tibialis anterior (Gardin, 2013) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงอาจอธิบายได้ว่า การเคลื่อนตัวของกระดูกนาคิวลาร์ที่ต่ำลงภายหลังการกระโดดเข้านั้น เกิดจากความล้าของกล้ามเนื้อหรือโครงสร้างที่ทำหน้าที่พยุงอุ้งเท้าด้านใน ได้แก่ tibialis posterior และ plantar intrinsic muscles (Anne et al., 2009) โดยวงจรที่ใช้อธิบายการล้าของกล้ามเนื้อขณะการกระโดดเข้า ได้แก่ Stretch - shortening cycles ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) Pre-activation ช่วงก่อนที่จะเกิดแรงสัมผัสระหว่างพื้นกับรยางค์ 2) Stretch phase ช่วงที่ทำให้สัมผัสพื้นแล้วกล้ามเนื้อถูกยืดออก จากนั้นกล้ามเนื้อจะทำงานแบบ eccentric contraction เพื่อเตรียมการเคลื่อนไหวในขั้นตอนถัดไปและ 3) Shortening phase ช่วงกระโดดจะเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อแบบ concentric contraction โดยการทำงานของวงจรนี้ซ้ำ ๆ จะส่งผลให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อแบบชั่วคราวได้ (Nicol et al., 2006) และเมื่อวิเคราะห์ถึงท่าทางการกระโดดในการศึกษานี้ ที่มีการกระโดดด้วยขาข้างเดียว ในทิศทางด้านข้างสลับไปมาซ้ายและขวา ข้ามเส้นที่กำหนด อาจจะเป็นการส่งเสริมให้มีการลงน้ำหนักบริเวณด้านในฝ่าเท้ามากขึ้น จึงทำให้เห็นการเคลื่อนตัวของกระดูกนาคิวลาร์ที่ต่ำลง การเคลื่อนตัวต่ำลงของกระดูกนาคิวลาร์สามารถส่งผลกระทบต่อการทำงานของโครงสร้างอื่นได้ด้วย เช่น การเคลื่อนตัวของกระดูกแคลคานีและทาลัส ส่งผลให้ข้อเท้าอยู่ในรูปแบบ Valgus และเส้นเอ็นกลางเท้า (Plantar ligament) ถูกยืดยาวขึ้นด้วย (Neumann, 2002)

ผลการศึกษาการทรงท่าเมื่อยืนบนขาข้างเดียวขณะล้า พบว่ามีความแตกต่างของทั้ง 2 กลุ่มตั้งแต่ก่อนการกระโดด โดยจากเวลาการทดสอบสูงสุด 120 วินาที กลุ่มอุ้งเท้าแบนและกลุ่มอุ้งเท้าปกติสามารถยืนได้เวลาเฉลี่ยประมาณ 78 และ 112 วินาทีตามลำดับ หลังการกระโดดยืนได้เวลาเฉลี่ยประมาณ 50 และ 102 วินาทีตามลำดับ นอกจากนี้กลุ่มอุ้งเท้าแบนยังพบว่าหลังการกระโดดยืนได้เวลาที่น้อยลงเฉลี่ยจาก 78 วินาทีเป็น 50 วินาที จากผลการศึกษานี้จะเห็นว่ากลุ่มอุ้งเท้าแบนมีความสามารถในการยืนด้วยขาข้างเดียวน้อยกว่ากลุ่มอุ้งเท้าปกติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Lee ในปี 2013 ที่พบว่าภายหลังจากทำกิจกรรมจะทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ plantar intrinsic muscles ร่วมกับความไม่มั่นคงของอุ้งเท้า (Lee et al., 2013) ส่งผลให้ผิวหนังที่สัมผัสพื้นและพื้นที่ในการลงน้ำหนักของฝ่าเท้า รวมถึงการวางตัวของข้อต่อต่างๆ ภายในอุ้งเท้าเปลี่ยนแปลงไป เกิดการรบกวนต่อระบบ somatosensory ซึ่งเป็นระบบสำคัญในการควบคุมการทรงท่า ที่ทำงานร่วมกับระบบสายตา และเวสติบูลาร์ (visual and vestibular system) (Prieto et al., 1993) ดังนั้นเมื่อระบบใดระบบหนึ่งถูกรบกวน จะทำให้ความสามารถในการทรงท่าลดลงได้ (Cote et al., 2005) และเมื่อพิจารณาถึงกลุ่มอุ้งเท้าปกติจะพบว่าอาสาสมัครสามารถยืนทรงท่าบนขาข้างเดียวได้ด้วยเวลาเฉลี่ยที่ค่อนข้างนานมากกว่า 100 วินาที ซึ่ง Condon ในปี 2014 ได้กล่าวไว้ว่าในเด็กอุ้งเท้าปกติที่มีอายุตั้งแต่ 12 ปีขึ้นไป สามารถพบ Ceiling effect เมื่อทดสอบความสามารถในการทรงท่าขณะยืนด้วยขาข้างเดียวร่วมกับการล้าตามบนพื้นแข็งได้ (Condon et al., 2014) นอกจากความล้าของกล้ามเนื้อแล้วอีกปัจจัยที่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขณะยืนทรงท่าบนขาข้างเดียวของกลุ่มอุ้งเท้าแบนคือความทนทานของกล้ามเนื้อ เนื่องจากการวัดการทรงท่าใน



การศึกษาครั้งนี้ใช้เวลาสูงสุดคือ 120 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่ค่อนข้างนาน ถ้ากล้ามเนื้อขาที่มีความทนทานไม่เพียงพอ อาจส่งผลให้ความสามารถในการทรงท่าเปลี่ยนแปลงไปได้ (Avelar et al., 2010)

เมื่อทดสอบความสามารถในการทรงท่าขณะยืนบนขาข้างเดียวในสถานการณ์อื่นคือ การยื่นหลังตาและการยืนบนพื้นโฟม ทั้งก่อนและหลังการกระโดด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอุ้งเท้าแบนและกลุ่มอุ้งเท้าปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tudor ในปี 2009 ที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มอุ้งเท้าแบนและกลุ่มอุ้งเท้าปกติในการทดสอบการทรงท่าบนพื้นที่ไม่มั่นคง (Tudor et al., 2009) ซึ่งปัจจัยที่อาจทำให้ทั้งสองกลุ่มมีการทรงท่าที่ไม่แตกต่างกันคือ การพัฒนาของระบบรับรู้ความรู้สึกที่ใช้ในการทรงท่า ที่อาจจะยังพัฒนาไม่เต็มที่เท่ากับผู้ใหญ่ ดังนั้นเมื่อมีการปิดกั้นระบบการมองเห็นหรือระบบ somatosensory จึงทำให้ความสามารถในการทรงท่าของทั้งสองกลุ่มลดลงและไม่พบความแตกต่าง ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าช่วงอายุ 8-12 ปี จะเริ่มมีการพัฒนาที่คงที่ของระบบ somatosensory แต่ยังคงจำเป็นต้องพึ่งระบบการมองเห็นมาก (Hay et al., 1997) และยังคงพบว่าการทรงท่าในวัยเด็กจนกระทั่งอายุ 16 ปี จะแย่งมากเมื่อมีการทดสอบ ขณะหลับตา (Humphriss et al., 2011; Nolan et al., 2005) และจากงานวิจัยของ Goble ในปี 2005 ยังได้ศึกษาถึงความถูกต้องในการทำงานของ Proprioceptive sense ในคนอายุ 8-10 ปี และ อายุ 16-18 ปี พบว่าในคนที่อายุมากกว่ามีความถูกต้องในการทำงานของ Proprioceptive มากกว่าคนที่อายุน้อยกว่าถึงร้อยละ 50 (Goble et al., 2005) แต่อย่างไรก็ตามในกลุ่มอุ้งเท้าปกติ หลังการกระโดดซ้ำพบว่ามีความสามารถในการยืนบนขาข้างเดียวร่วมกับหลับตาดูเวลาที่ลดลงเฉลี่ยจาก 29 วินาที เป็น 21 วินาที และกลุ่มอุ้งเท้าแบนพบว่ามีความสามารถในการยืนบนขาข้างเดียวร่วมกับหลับตาบนพื้นโฟมด้วยเวลาลดลงเฉลี่ยจาก 3.7 วินาที เป็น 3.1 วินาที ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลในตารางที่ 2 พบว่า การยืนทรงท่าบนขาข้างเดียวใน 3 สถานการณ์คือ หลับตาบนพื้นแข็ง ลืมตาบนพื้นโฟม และหลับตาบนพื้นโฟม มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงถึงความแปรปรวนและการกระจายของข้อมูลที่ค่อนข้างสูงเช่นกัน ซึ่ง 3 สถานการณ์นี้เป็นสถานการณ์ที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบการรับรู้ความรู้สึก ทั้งระบบการมองเห็น และ somatosensory (Condon et al., 2014) ดังนั้นความแปรปรวนของข้อมูลที่เกิดขึ้นใน 3 สถานการณ์นี้อาจนำมาสนับสนุนสมมติฐานเรื่องการพัฒนาของระบบรับรู้ความรู้สึก ในวัยรุ่นตอนต้นที่ยังพัฒนาไม่เต็มที่เท่ากับผู้ใหญ่ และวัยรุ่นตอนต้นอาจจะยังต้องอาศัยระบบการมองเห็นเป็นหลักในการทรงท่า (Rine et al., 2013) จึงยังไม่สามารถอธิบายได้แน่ชัดว่าการลดลงของเวลาขณะยืนบนขาข้างเดียวร่วมกับหลับตาหลังการกระโดดซ้ำของกลุ่มอุ้งเท้าปกติ และยืนบนขาข้างเดียวร่วมกับหลับตาบนพื้นโฟมของกลุ่มอุ้งเท้าแบนนั้น เกิดจากผลของการกระโดดซ้ำ การล้าของกล้ามเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงของการลงน้ำหนัก ดังที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งถัดไปแนะนำให้เก็บข้อมูลในวัยผู้ใหญ่ เพื่อจะได้อธิบายถึงผลของการทำกิจกรรมที่มีการลงน้ำหนักซ้ำต่อการทรงท่าได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าวัยรุ่นตอนต้นที่มีภาวะอุ้งเท้าแบนชนิดยึดหยุ่นพบการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของกระดูกนิ้วคู่มากขึ้นเมื่อมีการทำกิจกรรมที่มีการลงน้ำหนักซ้ำ และยังคงพบการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทรงท่าขณะยืนบนขาข้างเดียวร่วมกับลืมตา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการทำกิจกรรมที่มีการลงน้ำหนักซ้ำอาจจะส่งผลให้เกิดเท้าแบนเพิ่มมากขึ้น มีผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ ภายในอุ้งเท้า ข้อเท้า และข้อเข่า (Volpon, 1994) รวมถึงพื้นที่ในการลงน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้กระทบต่อความสามารถในการทรงท่า ดังนั้นการลดความเสี่ยงในการเกิดอุ้งเท้าแบนมากขึ้น จะสามารถลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บต่อโครงสร้างต่างๆ และการบดพร่องต่อความสามารถในการทรงท่าด้วย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงแนะนำให้วัยรุ่นตอนต้นที่มีภาวะอุ้งเท้าแบนชนิดยึดหยุ่นได้รับการรักษาด้วย



วิธีการที่เหมาะสมตั้งแต่เนิ่นๆ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการพุงอุ้งเท้าด้านใน ลดความเสี่ยงที่จะเกิดอุ้งเท้าแบนเพิ่มมากขึ้น และความเสี่ยงต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในอนาคต

6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้พบการเคลื่อนไหวตัวของกระดูกนาคิวลาในกลุ่มอุ้งเท้าแบนชนิดยืดหยุ่นมากกว่ากลุ่มอุ้งเท้าปกติอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งก่อนและหลังการกระโดดซ้ำ และยังพบการเปลี่ยนแปลงการทรงท่าขณะขึ้นบนขาข้างเดียวร่วมกับลิ้มตา โดยกลุ่มอุ้งเท้าแบนขึ้นได้เวลาน้อยกว่ากลุ่มอุ้งเท้าปกติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลังการออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนักซ้ำ กลุ่มอุ้งเท้าแบนมีการเปลี่ยนแปลงของข้อต่อภายในอุ้งเท้า และมีความสามารถในการทรงท่าลดลง อาจเนื่องมาจากการล้าของกล้ามเนื้อที่ใช้พุงอุ้งเท้า และพื้นที่ในการลงน้ำหนักบริเวณอุ้งเท้าเปลี่ยนแปลงไป แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทรงท่าที่ชัดเจนเมื่อขึ้นทรงท่าขณะหลับตา และขึ้นบนพื้นโฟม ซึ่งอาจเกิดจากการพัฒนาของระบบการรับรู้ลึกที่ใช้ในการทรงท่าในวัยรุ่นตอนต้น ซึ่งยังพัฒนาได้ไม่เต็มที่เทียบเท่ากับวัยผู้ใหญ่ ดังนั้นในการศึกษาครั้งถัดไป จึงแนะนำให้ศึกษาเพิ่มเติมในวัยผู้ใหญ่ เพื่อจะได้ทราบถึงผลของการออกกำลังกายการลงน้ำหนักซ้ำ ต่อการทรงท่าที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น และแนะนำให้ได้รับการรักษาด้วยวิธีการที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์กรมการแพทย์กระทรวงสาธารณสุข. (2542). แนวทางเวชปฏิบัติการป้องกันและดูแลรักษาโรคอ้วน. ชุมชนุสสภกรรมการเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.
- Anne M.R., et al. (2009). *Grant's Atlas of Anatomy*. China: C&C Offset Printing.
- Avelar N.C.P., et al. (2010). Efetividade do treinamento de resistência à fadiga dos músculos dos membros inferiores dentro e fora d'água no equilíbrio estático e dinâmico de idosos. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 14, 229-236.
- Boozari S., et al. (2013). Effect of functional fatigue on vertical ground-reaction force in individuals with flat feet. *J Sport Rehabil*, 22(3), 177-183.
- Brody D.M. (1982). Techniques in the Evaluation and Treatment of the Injured Runner. *Orthop Clin North Am*, 13(3), 541-558.
- Chaikeeree N., et al. (2015). Interaction of Age and Foam Types Used in Clinical Test for Sensory Interaction and Balance (CTSIB). *Gait Posture*, 41(1), 313-315.
- Chou L.W., et al. (2009). *The Prevalence of Four Common Pathomechanical Foot Deformities in Primary School Students in Taichung County* (Vol. 14).
- Condon C., et al. (2014). Static Balance Norms in Children. *Physiother Res Int*, 19(1), 1-7.
- Cote, K.P., et al. (2005). Effects of Pronated and Supinated Foot Postures on Static and Dynamic Postural Stability. *Journal of Athletic Training*, 40(1), 41-46.
- Daneshmandi H., et al. (2009). *Relationship between obesity and flatfoot in high-school boys and girls* (Vol. 03).



- Evans A.M., et al. (2011). A Cochrane review of the evidence for non-surgical interventions for flexible pediatric flat feet. *Eur J Phys Rehabil Med*, 47(1), 69-89.
- Fabry G. (2010). Clinical Practice. Static, Axial, and Rotational Deformities of the Lower Extremities in Children. *Eur J Pediatr*, 169(5), 529-534.
- Gardin F. (2013). *Navicular Drop Before and After Fatigue of the Ankle Invertor Muscles* (Vol. 18).
- Goble D.J., et al. (2005). Development of upper limb proprioceptive accuracy in children and adolescents. *Human Movement Science*, 24(2), 155-170.
- Hay L., et al. (1997). The control of goal-directed movements in children: Role of proprioceptive muscle afferents. *Human Movement Science*, 16(4), 433-451.
- Humphriss R., et al. (2011). Balance ability of 7 and 10 year old children in the population: results from a large UK birth cohort study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 75(1), 106-113.
- Jafarnezhadgero A.A., et al. (2017). Effect of foot orthoses on the medial longitudinal arch in children with flexible flatfoot deformity: A three-dimensional moment analysis. *Gait Posture*, 55, 75-80.
- Kim J.A., et al. (2015). Difference in Static and Dynamic Stability Between Flexible Flatfeet and Neutral Feet. *Gait Posture*, 41(2), 546-550.
- Lee J.E., et al. (2013). A Comparison of Muscle Activities in the Lower Extremity between Flat and Normal Feet during One-leg Standing. *J Phys Ther Sci*, 25(9), 1059-1061.
- Najjarine A. (2011). Using the Anterior Line Method (ALM) to find subtalar neutral foot position. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14, e89.
- Neumann D.A. (2002). *Kinesiology of the musculoskeletal system : foundations for physical rehabilitation*: First edition.
- Nicol C., et al. (2006). *The stretch-shortening cycle: a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue* (Vol. 36).
- Nolan L., et al. (2005). Balance control: sex and age differences in 9- to 16-year-olds. *Dev Med Child Neurol*, 47(7), 449-454.
- Otsuka R., et al. (2003). Association of flatfoot with pain, fatigue and obesity in Japanese over sixties. *Nihon koshu eisei zasshi, Japanese journal of public health*, 50(10), 988-998.
- Prieto T. E., et al. (1993). Characterization and modeling of postural steadiness in the elderly: a review. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 1(1), 26-34.
- Rine R., et al. (2013). *Evaluation and treatment of vestibular dysfunction in children* (Vol. 32).
- Robbins S.E., et al. (1987). Running-related injury prevention through barefoot adaptations. *Med Sci Sports Exerc*, 19(2), 148-156.
- Shaffer S. W., et al. (2013). Y-Balance Test: A Reliability Study Involving Multiple Raters. *Mil Med*, 178(11), 1264-1270.



Tudor A., et al. (2009). Flat-footedness is not a disadvantage for athletic performance in children aged 11 to 15 years. *Pediatrics*, 123(3), e386-392.

Vittore D., et al. (2009). Extensor Deficiency: First Cause of Childhood Flexible Flat Foot. *Orthopedics*, 32(1), 28.

Volpon J. B. (1994). Footprint Analysis During the Growth Period. *J Pediatr Orthop*, 14(1), 83-85.

Waseda A., et al. (2014). Standard Growth of the Foot Arch in Childhood and Adolescence--Derived from the Measurement Results of 10,155 Children. *Foot Ankle Surg*, 20(3), 208-214.