

แรงปฏิกิริยาจากพื้น การกระจายน้ำหนักใต้ฝ่าเท้า และสัดส่วนความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อด้านหน้าในนักวิ่งเพื่อสุขภาพที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลัน

GROUND REACTION FORCE, FOOT PRESSURE, AND HAMSTRINGS TO QUADRICEPS RATIO IN RECREATIONAL RUNNERS WITH AND WITHOUT LOWER LIMB INJURY HISTORY

ปัทมาพร ฟุ่งเกียรติไพบูลย์, ไพทิมาศ กิ่งชา*, พรรณนา ลีโลกิณญ์, คมศักดิ์ สินสุรินทร์

Pattamaporn Fungkiatphaiboon, Pathaimas Kingcha, Pannapa Leepokpinyo, Komsak Sinsurin*

หน่วยวิจัยชีวกลศาสตร์และกีฬา คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล

Biomechanics and Sports Research Unit, Faculty of Physical therapy, Mahidol University.

*Corresponding author, e-mail: pathaimas.kin@mahidol.edu

Received: 1 June 2021; **Revised:** 9 January 2023; **Accepted:** 16 January 2023

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนำเสนอการศึกษาเปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาจากพื้น การกระจายน้ำหนักใต้ฝ่าเท้า และสัดส่วนความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อด้านหน้าในนักวิ่งเพื่อสุขภาพที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลัน และศึกษาความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาจากพื้น การกระจายน้ำหนักใต้ฝ่าเท้า และสัดส่วนความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อด้านหน้าในนักวิ่งเพื่อสุขภาพที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลันผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักวิ่งมือสมัครเล่นที่เข้าร่วมตรวจประเมินสมรรถภาพ ณ ศูนย์กายภาพบำบัด มหาวิทยาลัย มหิดล จำนวน 49 คน ผ่านเกณฑ์คัดเข้าทั้งหมด 35 คน เพศชาย 21 คน คิดเป็นร้อยละ 60 เพศหญิง 14 คน คิดเป็นร้อยละ 40 แบ่งเป็นกลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลัน 16 คน และกลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลัน 19 คน ทำการทดสอบประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อต้นขาด้วยเครื่องระบบไอโซไคเนติกส์ที่ความเร็วเชิงมุม 60 120 และ 180 องศาต่อวินาที โดยนำค่าสัดส่วนความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อด้านหน้า (hamstrings to quadriceps ratio: H/Q ratio) มาวิเคราะห์ทางสถิติ และทำการทดสอบแรงปฏิกิริยาจากพื้น (ground reaction force) ด้วยเครื่อง FDM - T นำข้อมูลแรงปฏิกิริยาจากพื้นสูงสุด (maximum force) และการกระจายน้ำหนักใต้ฝ่าเท้าสูงสุด (maximum foot pressure) ของขาทั้งสองข้างมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ independent t - test เปรียบความต่างระหว่างกลุ่ม ใช้ Pearson's correlation เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่า H/Q ratio และ ค่า ground reaction force ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลันมีค่า maximum foot pressure โดยเฉพาะตำแหน่งส้นเท้า (heel) และกลางเท้า (midfoot) มากกว่ากลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลัน พบความสัมพันธ์เชิงผกผันระหว่าง H/Q ratio ทุกความเร็วเชิงมุมกับค่า maximum force ที่ตำแหน่งกลางเท้าในกลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลัน และพบความสัมพันธ์ปานกลางเชิงตามกันระหว่างค่า maximum foot pressure ที่ตำแหน่งปลายเท้า (forefoot) และ H/Q ratio ทุกความเร็วเชิงมุมในกลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลัน และไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าวในกลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลัน จากศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่ากลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลัน

ขามีอาจจะมีสมดุลของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าดี ส่งผลให้แรงกระทำของเท้าต่อพื้นขณะวิ่งน้อยลง ซึ่งช่วยลดปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บระยะยาวได้ การนำไปใช้ทางคลินิกแนะนำให้มีการฝึกเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหรือฝึกให้กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและด้านหลังมีความสมดุลกัน เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บระยะยาวในนักวิ่ง

คำสำคัญ: สัดส่วนแรงกล้ามเนื้อ; แรงปฏิกิริยาจากพื้น; นักวิ่ง; การบาดเจ็บระยะยาว

Abstract

This study was aim to examine the comparison and correlation of ground reaction force, foot pressure, and hamstrings to quadriceps ratio in recreational runners with and without lower limb injury history. Forty-nine recreational runners, who participated in the running assessment project at the physical therapy center, faculty of physical therapy, Mahidol university, were recruited in this study. According to the inclusion criteria, the data of 35 runners, who were 14 females and 21 males, were selected and divided into two groups: runners with (n = 19) and without (n = 16) lower limb injury history. All participants were tested the H/Q ratio using the isokinetic dynamometer at an angular velocity of 60, 120, and 180 degrees per second ($^{\circ}/s$). The maximum ground reaction force and foot pressure were collected during walking with a gait analysis system (Zebris FDM-T). Comparison and correlation studies were analyzed with an independent t-test and Pearson's correlation, respectively. A group of runners with lower limb injury history showed significantly higher maximum pressure at the midfoot and the heel than runners without lower limb injury history. Additionally, in runners without lower limb injury history, there was a significantly negative correlation between the H/Q ratio at all angular velocities and maximum force of a midfoot and a significantly positive correlation between the H/Q ratio at all angular velocities and maximum pressure at the forefoot. This study demonstrates that runners without lower limb injury history might have greater hamstrings and quadriceps femoris muscle balance, which could minimize the pressure at mid-foot and heel. Less impact on the ground could prevent the risk of lower limb injury. In order to provide management in runners with lower limb injuries, this study recommended that balancing between the Hamstring and Quadriceps muscles should be concerned in management of runners with lower limb injuries.

Keywords: H/Q Ratio; Ground Reaction Force; Runners; Lower Limb Injury

บทนำ

การวิ่งถือเป็นกิจกรรมหรือกีฬาที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากการออกกำลังกายโดยง่ายและใช้อุปกรณ์น้อย การวิ่งยังช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานปอดและหัวใจ ลดความเสี่ยงของโรคต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาที่ผ่านมารายงานว่า การวิ่งที่ไม่ถูกวิธี เช่น การลงน้ำหนัก กระแทกได้ฝ่าเท้ามากเกินไป การลงน้ำหนักที่ตำแหน่งส้นเท้าหรือปลายเท้ามากเกินไป อาจนำมาซึ่งผลเสียที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ เช่น ข้อเข่า หน้าแข้ง เอ็นร้อยหวาย น่อง และส้นเท้า [1] โดยส่วนมากพบการบาดเจ็บของระยะยาว การศึกษาในปี พ.ศ. 2558 มีการศึกษารายงานอุบัติการณ์การบาดเจ็บจากการวิ่งในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในกลุ่มนักวิ่งประเภทมาราธอน ประเภทฮาล์ฟมาราธอน ประเภทควอเตอร์มาราธอนและประเภทการเดิน - วิ่งเพื่อสุขภาพ พบการบาดเจ็บของระยะยาวมากที่สุดโดยเฉพาะเข่าและข้อเท้า [2]

จากการศึกษาปี พ.ศ. 2561 มีการรายงานถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการบาดเจ็บรายขาในนักวิ่งมาราธอน การศึกษาเชิงสำรวจจากงานวิ่งกรุงเทพฯ มาราธอน ในปี พ.ศ. 2556 พบว่า การบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อของรายขาพบได้มากกว่าส่วนอื่นของร่างกาย โดยเฉพาะอาการปวดเข่าและข้อพับเป็นปัญหาที่พบได้มากที่สุด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 54.1 ในนักวิ่ง อีกทั้งยังพบปัจจัยเรื่องความถี่ในการร่วมลงแข่งขันในงานวิ่งเท่ากับหรือมากกว่า 5 รายการต่อปี มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บรายขาเพิ่มขึ้น 1.4 เมื่อเทียบกับ 2 รายการต่อปี ซึ่งข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่ายิ่งความถี่ในการลงแข่งขันมากมีโอกาสทำให้เกิดการบาดเจ็บรายขามากขึ้นเช่นกัน [3-4]

ปัจจัยเรื่องของการฝึกซ้อมและการใช้งานที่มากเกินไป ถือเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการบาดเจ็บในนักวิ่งพบได้ถึงร้อยละ 50 ถึง 75 โดยเป็นผลจากการเกิดแรงกระทำซ้ำ ๆ ต่อเนื้อเยื่อในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย แรงกระทำซ้ำ ๆ มาจากแรงปฏิกิริยาจากพื้น (ground reaction force) และการกระจายน้ำหนักใต้ฝ่าเท้า (foot pressure) ของนักวิ่ง พบว่าการลงน้ำหนักที่ส้นเท้าขณะวิ่ง เป็นปัจจัยที่มีโอกาสทำให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นใต้ฝ่าเท้า การบาดเจ็บของเอ็นกล้ามเนื้อและกระดูกหน้าแข้ง ซึ่งนำไปสู่ภาวะปวดเข่าทางด้านหน้า [5] และการศึกษาของ Yeung ในปี พ.ศ. 2552 พบว่าการลงน้ำหนักที่ปลายเท้าทำให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นร้อยหวายและเพิ่มความตึงตัวของกล้ามเนื้อน่องอีกด้วย [6] นอกจากนี้ยังพบว่าภาวะความไม่สมดุลของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังและต้นขาด้านหน้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้ [7]

การตรวจความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรายขาในนักวิ่งจึงเป็นที่นิยมในทางปฏิบัติเพื่อประเมินความเสี่ยงการบาดเจ็บในนักวิ่ง การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องไอโซไคเนติกส์ เป็นการทดสอบที่มีความน่าเชื่อถือและแม่นยำ โดยเฉพาะการวัดค่าสัดส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อต้นหน้า (H/Q ratio) เป็นค่าบ่งบอกถึงสมรรถนะ ความสมดุลของกล้ามเนื้อและความมั่นคงของข้อเข่า อีกทั้งเป็นตัวแปรที่สำคัญในการฟื้นฟูและป้องกันการบาดเจ็บรายขา เช่น การบาดเจ็บเอ็นไขว้หน้าและการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง [8] การทดสอบค่า H/Q ratio จึงเป็นที่นิยมใช้ในการประเมินและทดสอบในนักกีฬาหลากหลายประเภท เช่น ฟุตบอล วอลเลย์บอล และบาสเกตบอล เป็นต้น [9-10] อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสนใจในการศึกษาในกลุ่มของนักวิ่ง ซึ่งการบาดเจ็บข้อเข่าในนักวิ่งพบมากถึง ร้อยละ 7.2 ถึง 50 [1] ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรายขาเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ หากมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังมากจะช่วยลดแรงกดสัมผัสของข้อเข่าและลดแรงเครียดที่กระทำต่อเอ็นไขว้หน้าของเข่า [11]

จากข้อมูลการศึกษาที่ผ่านมายังไม่พบการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างค่า ground reaction force ค่า foot pressure และค่า H/Q ratio โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ground reaction force ค่า foot pressure และค่า H/Q ratio ในกลุ่มนักวิ่งเพื่อสุขภาพที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยของค่า H/Q ratio ในกลุ่มนักวิ่งที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา อีกทั้งมีการทำการทดสอบค่า ground reaction force ขณะเดินด้วยเครื่อง FDM - T โดยผลการศึกษาจะเป็นส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจถึงปัจจัยและช่วยเป็นแนวทางในการป้องกันการเกิดการบาดเจ็บรายขาในนักวิ่งเพื่อสุขภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบค่า ground reaction force ค่า foot pressure และค่า H/Q ratio และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ground reaction force ค่า foot pressure และค่า H/Q ratio ในกลุ่มนักวิ่งเพื่อสุขภาพ (recreational runners) ที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นรูปแบบการศึกษาที่จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง (cross-sectional study) เป็นการเก็บข้อมูลนักวิ่งที่เข้าร่วมการตรวจประเมินสมรรถภาพที่ ศูนย์กายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล สาขาเชิงสะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า ปี พ.ศ. 2562 เพื่อเปรียบเทียบและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ground reaction force ค่า foot pressure และค่า H/Q ratio ในนักวิ่งเพื่อสุขภาพที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา โดยการศึกษาได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในคน (COA No. MU-CIRB 2018/078.0404)

ผู้เข้าร่วมการศึกษา

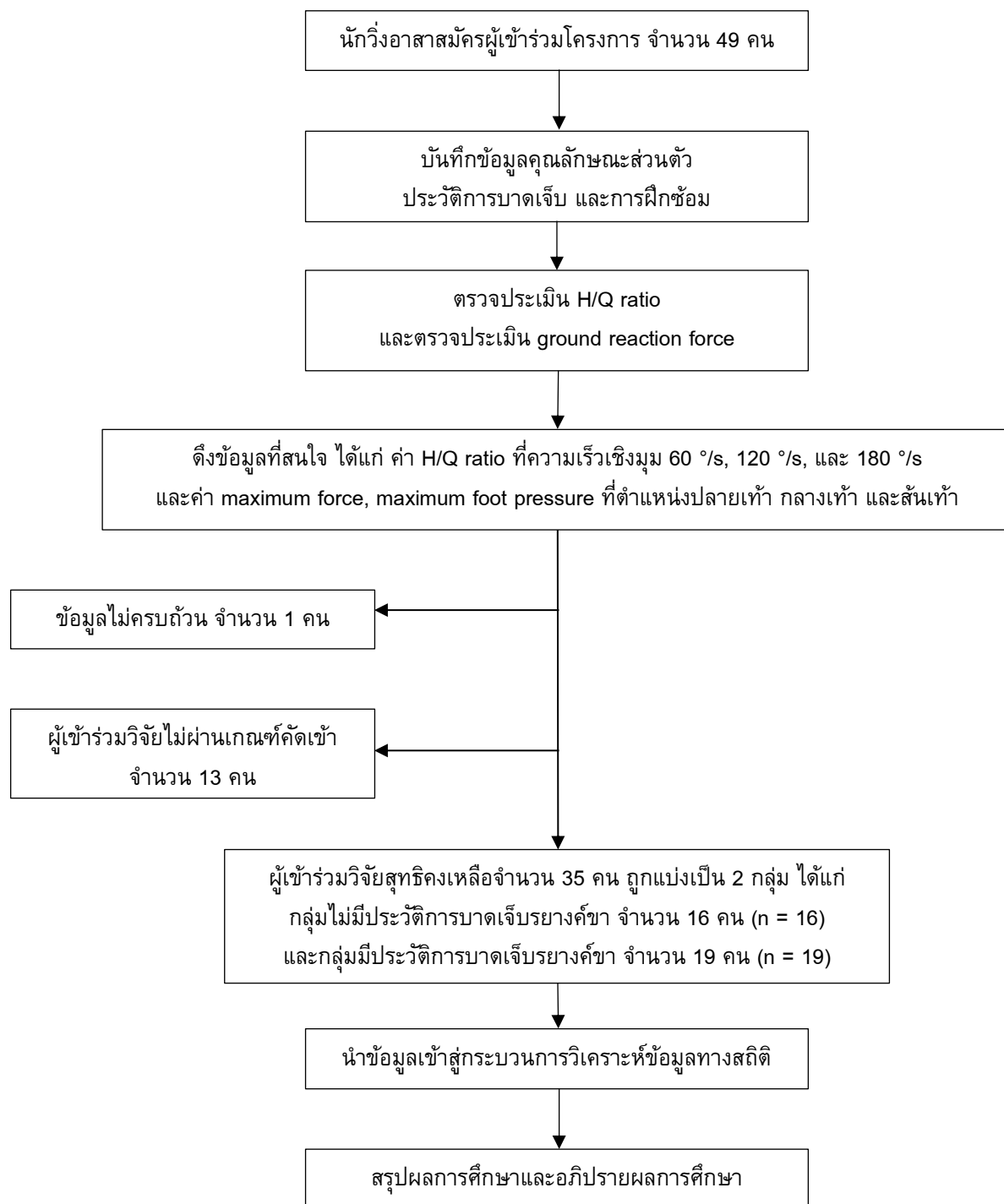
นักวิ่งที่เข้าร่วมการตรวจประเมินสมรรถภาพที่ศูนย์กายภาพบำบัดคณะกายภาพบำบัดมหาวิทยาลัยมหิดล สาขาเชิงสะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยการจำนวน 49 คน เช่นยินยอมอนุญาตการให้ข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยมีเกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria) เป็นนักวิ่งเพื่อสุขภาพที่ฝึกซ้อมวิ่งมากกว่าหรือเท่ากับ 3 วันต่อสัปดาห์ ข้อมูลของอาสาสมัครถูกคัดออกเมื่อมีเกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria) ดังนี้ มีประวัติการประสบอุบัติเหตุหรือการผ่าตัดที่รยางค์ขาภายในระยะเวลา 1 ปีก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าจำนวน 35 คน และถูกแบ่งเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรยางค์ขาภายใน 6 เดือนก่อนเข้าร่วมงานวิจัย และกลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรยางค์ขาภายใน 6 เดือนก่อนเข้าร่วมงานวิจัย ข้อมูลการบาดเจ็บรายขาได้จากแบบบันทึกการตรวจร่างกายผู้เข้าร่วมวิจัย

ขั้นตอนการศึกษา

ผู้วิจัยเลือกข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออกจำนวน 35 คนและนำข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกการตรวจร่างกายผู้เข้าร่วมวิจัยลงคอมพิวเตอร์ โดยทำการปกปิดชื่อผู้วิจัยและใส่รหัสแทน ผู้วิจัยทำการแบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา จำนวน 19 คน และกลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา 16 คน แสดงข้อมูลกระบวนการเก็บข้อมูลงานวิจัยดังภาพที่ 1

1. การตรวจประเมิน H/Q ratio โดยใช้เครื่อง Biodex System 3 dynamometer (Biodex Medical System, Shirley, NY) ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการทดสอบในท่าเหยียดเข่า (Knee concentric extension) และงอเข่า (Knee concentric flexion) ทั้งสองข้าง ในระดับความเร็วเชิงมุม 60°/s 120°/s และ 180°/s การปรับเก้าอี้ของเครื่อง Biodex ตั้ง seat orientation 0° seatback tilt 15° knee axis of rotation บริเวณ Femoral condyle ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งเก้าอี้ ข้อสะโพกงอทำมุม 90° ใช้สายรัด 2 เส้นรัดลำตัวและรัดบริเวณต้นขาข้างที่ทำการทดสอบไว้กับเก้าอี้ ต่อ standard knee attachment ไว้กับ dynamometer โดยให้ จุดหมอนอยู่บริเวณข้อเข่า ใช้สายรัดข้อเท้าไว้กับ standard knee attachment ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการอธิบายขั้นตอนการทดสอบ เริ่มต้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยจับบริเวณด้ามจับของเก้าอี้ ผู้ทำการวิจัยช่วยเชียร์ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงเหยียดและงอเข่าเต็มที่ตลอดการทดสอบ ทดสอบเข่าข้างซ้ายก่อนตามด้วยการทดสอบเข่าข้างขวา โปรแกรมการทดสอบใช้ isokinetic bilateral knee F/E CON/CON 60°/s 120°/s และ 180°/s อย่างละ 5 ครั้ง พัก 30 วินาทีระหว่างการทดสอบแต่ละมุม นำผลของค่า H/Q ratio มาวิเคราะห์ทางสถิติ

2. การตรวจประเมินตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ขณะเดิน การศึกษานี้ใช้การวัด ground reaction force โดยใช้ค่า maximum force และค่า maximum foot pressure ด้วยเครื่อง The Zebris FDM-T gait analysis system ซึ่งการประเมินด้วยการเดินถือเป็นกิจกรรมพื้นฐานในการตรวจประเมินในนักกีฬาที่มีอาการบาดเจ็บ ผู้เข้าร่วมวิจัยสวมรองเท้าที่ใช้วิ่งของตนเองและปรับความเร็วของลู่วิ่งด้วยอัตราความเร็วที่ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้ในการเดินเป็นระยะเวลา 3 นาที บันทึกข้อมูล 30 วินาที ใช้ข้อมูลค่า maximum force และค่า maximum foot pressure มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยในขณะที่ทดสอบด้วยการเดินไม่พบเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ใด ๆ หรืออาการปวดที่เป็นการรบกวนการทดสอบการเดิน



ภาพที่ 1 กระบวนการเก็บข้อมูลงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ independent t - test เปรียบความต่างของค่า maximum force ค่า maximum foot pressure และค่า H/Q ratio ระหว่างกลุ่มนักวิ่งที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายค์ขา หาความสัมพันธ์ระหว่างค่า maximum force และค่า maximum foot pressure และค่า H/Q ratio โดยใช้การทดสอบ Pearson's correlation ใช้ข้อมูล maximum force ค่า maximum foot pressure และค่า H/Q ratio ของขาทั้งสองข้างรวมกัน

ผลการวิจัย

ข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 35 คน ถูกแบ่งเป็นกลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา 16 คน และกลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา 19 คน แบ่งเป็นเพศชาย 21 คน คิดเป็นร้อยละ 60 เพศหญิง 14 คน คิดเป็นร้อยละ 40 อายุเฉลี่ย 42.26 ± 10.45 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 65.06 ± 10.56 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 167 ± 8.20 ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย 23.00 ± 2.14 กก./ม.² ในกลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา ส่วนใหญ่มีการบาดเจ็บที่เท้าร้อยละ 44 ที่สโปกและเข่าร้อยละ 16 น่องร้อยละ 12 ข้อเท้าร้อยละ 8 ต้นขาและมีอาการปวดหลังส่วนล่างร่วมด้วยร้อยละ 4 ข้อมูลการบาดเจ็บรายขาได้จากแบบบันทึกการตรวจร่างกายผู้เข้าร่วมวิจัย ตารางที่ 1 แสดงการเทียบข้อมูล อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และ ประสิทธิภาพการวิ่งทั้งสองกลุ่ม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อมูล อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และประสิทธิภาพการวิ่ง ระหว่างกลุ่มนักวิ่งที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา

คุณลักษณะเฉพาะ	กลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา (16 คน)		กลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา (19 คน)		p-value*
	Mean $\pm$ SD	95 % CI (lower - upper)	Mean $\pm$ SD	95 % CI (lower - upper)	
อายุ (ปี)	42.19 $\pm$ 9.56	37.09 – 47.28	42.37 $\pm$ 11.49	35.96 – 47.04	0.96
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	64.93 $\pm$ 9.35	59.94 – 69.91	65.16 $\pm$ 11.73	59.41 – 71.37	0.94
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	167.87 $\pm$ 7.44	163.90 – 171.84	167.52 $\pm$ 8.99	162.95 – 172.15	0.90
ดัชนีมวลกาย (กก./ม. ²)	22.95 $\pm$ 2.16	21.80 – 24.11	23.03 $\pm$ 2.18	21.98 – 24.21	0.91
ประสิทธิภาพการวิ่ง (ปี)	3.51 $\pm$ 2.34	2.26 – 4.76	4.99 $\pm$ 6.63	1.69 – 8.30	0.38

* ทดสอบด้วย independent t - test

ค่า maximum force ค่า maximum foot pressure และค่า H/Q ration คำนวณจากรายขาทั้งสองข้าง พบว่ากลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา มีค่า maximum foot pressure ที่ตำแหน่งกลางเท้าและส้นเท้ามากกว่ากลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของระหว่างกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่า maximum force ค่า maximum foot pressure และค่า H/Q ratio ระหว่างกลุ่มนักวิ่งที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา

ตัวแปร	กลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา		กลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา		p-value
	Mean $\pm$ SD	95% CI (lower - upper)	Mean $\pm$ SD	95% CI (lower - upper)	
Maximum force ตำแหน่งปลายเท้า	634.47 $\pm$ 87.34	602.98 – 665.96	642.57 $\pm$ 132.69	598.96–686.19	0.761
Maximum force ตำแหน่งกลางเท้า	364.89 $\pm$ 88.92	332.82 – 396.95	380.39 $\pm$ 79.40	354.29–406.49	0.448
Maximum force ตำแหน่งส้นเท้า	253.46 $\pm$ 80.95	224.27 – 282.64	290.18 $\pm$ 89.64	260.72–319.65	0.076
Maximum foot pressure ตำแหน่งปลายเท้า	18.39 $\pm$ 5.17	16.52 – 20.25	19.41 $\pm$ 4.13	18.06 – 20.77	0.370
Maximum foot pressure ตำแหน่งกลางเท้า	13.32 $\pm$ 3.47	12.06 – 14.57	16.78 $\pm$ 5.59	14.94 – 18.62	0.002**
Maximum foot pressure ตำแหน่งส้นเท้า	13.14 $\pm$ 4.23	11.62 – 14.67	15.15 $\pm$ 3.73	13.92 – 16.37	0.042*
H/Q ratio ความเร็วเชิงมุม 60 °/s	50.83 $\pm$ 9.73	47.32 – 54.34	51.33 $\pm$ 1.44	47.57 – 55.10	0.842
H/Q ratio ความเร็วเชิงมุม 120 °/s	54.89 $\pm$ 10.42	51.13 – 58.65	54.64 $\pm$ 2.29	50.60 – 58.68	0.927
H/Q ratio ความเร็วเชิงมุม 180 °/s	55.96 $\pm$ 10.19	52.28 – 59.63	56.60 $\pm$ 2.84	52.37 – 60.82	0.818

* significant different p < 0.05

** significant difference p < 0.01 by t – test; maximum force หน่วย นิวตัน (N) maximum foot pressure หน่วย นิวตัน/ตารางเซนติเมตร(N/cm²)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า maximum force และค่า H/Q ratio ระหว่างกลุ่มนักวิ่งที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา พบความสัมพันธ์เชิงผกผัน ระหว่างค่า maximum force ที่กลางเท้ากับ ค่า H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 60 °/s (r = -0.363, p = 0.04) ที่ความเร็วเชิงมุม 120 °/s (r = -0.458, p = 0.008) และที่ความเร็วเชิงมุม 180 °/s (r = -0.428, p = 0.015) ในกลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า maximum force และค่า H/Q ratio ระหว่างกลุ่มนักวิ่งที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา

ตัวแปร	กลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา		กลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา	
	r	p – value	r	p – value
Maximum force ตำแหน่งปลายเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 60 °/s	0.333	0.62	0.148	0.375
Maximum force ตำแหน่งปลายเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 120 °/s	0.280	0.12	0.232	0.161
Maximum force ตำแหน่งปลายเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 180 °/s	0.303	0.09	0.036	0.830
Maximum force ตำแหน่งกลางเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 60 °/s	-0.363	0.04*	-0.144	0.388
Maximum force ตำแหน่งกลางเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 120 °/s	-0.458	0.008**	-0.028	0.868
Maximum force ตำแหน่งกลางเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 180 °/s	-0.428	0.015*	-0.159	0.340
Maximum force ตำแหน่งส้นเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 60 °/s	-0.06	0.720	0.173	0.299
Maximum force ตำแหน่งส้นเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 120 °/s	-0.216	0.236	0.148	0.375
Maximum force ตำแหน่งส้นเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 180 °/s	-0.092	0.617	0.135	0.419

* significant different $p < 0.05$

** significant difference $p < 0.01$ ทดสอบด้วย Pearson's correlation

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า maximum foot pressure และค่า H/Q ratio ระหว่างกลุ่มนักวิ่งที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา พบความสัมพันธ์เชิงตามกัน ระหว่างค่า maximum foot pressure ที่ตำแหน่งปลายเท้ากับ ค่า H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 60 °/s ($r = 0.520$, $p = 0.002$) ที่ความเร็วเชิงมุม 120 °/s ($r = 0.475$, $p = 0.006$) และที่ความเร็วเชิงมุม 180 °/s ($r = 0.393$, $p = 0.026$) ในกลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า maximum foot pressure และค่า H/Q ratio ระหว่างกลุ่มนักวิ่งที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา

ตัวแปร	กลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา		กลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา	
	r	p - value	r	p - value
Maximum foot pressure ตำแหน่งปลายเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 60 °/s	0.520	0.002**	0.142	0.394
Maximum foot pressure ตำแหน่งปลายเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 120 °/s	0.475	0.006**	0.100	0.552
Maximum foot pressure ตำแหน่งปลายเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 180 °/s	0.393	0.026*	0.005	0.976
Maximum foot pressure ตำแหน่งกลางเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 60 °/s	0.202	0.268	-0.002	0.990
Maximum foot pressure ตำแหน่งกลางเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 120 °/s	0.265	0.142	0.112	0.502
Maximum foot pressure ตำแหน่งกลางเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 180 °/s	0.251	0.165	-0.053	0.754
Maximum foot pressure ตำแหน่งสันเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 60 °/s	0.100	0.585	-0.073	0.662
Maximum foot pressure ตำแหน่งสันเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 120 °/s	0.066	0.720	0.034	0.838
Maximum foot pressure ตำแหน่งสันเท้า – H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 180 °/s	0.085	0.644	-0.173	0.300

* significant different $p < 0.05$

** significant difference $p < 0.01$ ทดสอบด้วย Pearson's correlation

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า แรงปฏิกิริยาจากพื้น (ground reaction force) การกระจายน้ำหนักใต้ฝ่าเท้าสูงสุด (maximum foot pressure) และค่าสัดส่วนความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อ ด้านหน้า (H/Q ratio) ในกลุ่มนักวิ่งเพื่อสุขภาพที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา จากตารางที่ 1 พบว่าคุณลักษณะของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง BMI และประสบการณ์การวิ่ง ทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาในตารางที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลค่า maximum force ค่า maximum foot pressure และค่า H/Q ratio ระหว่างกลุ่มนักวิ่งที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า maximum force ในแต่ละส่วนของเท้า รวมถึงค่า H/Q ratio ไม่ต่างกัน ยกเว้นค่า maximum foot pressure พบที่บริเวณกลางเท้าและสันเท้ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา

เมื่อวิเคราะห์กลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรายขาส่วนใหญ่มีการบาดเจ็บที่เท้าถึง ร้อยละ 40 อาจจะมีความเป็นไปได้ว่า กลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บรายขาที่มีแนวโน้มในการลงน้ำหนักที่สันเท้าและกลางเท้ามากกว่ากลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรายขา ซึ่งการลงน้ำหนักที่สันเท้าในขนาดที่มากกว่าอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่น่าไปส

การบาดเจ็บหรืออาจจะเป็นผลจากการเคลื่อนไหวที่เปลี่ยนแปลงหลังจากการบาดเจ็บระยะยาวได้ และจากการศึกษาของ Thijs Y. ในปี พ.ศ. 2551 พบว่าการลงน้ำหนักที่สันเท้า ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นใต้ฝ่าเท้า การบาดเจ็บของเอ็นกล้ามเนื้อและกระดูกหน้าแข้ง ซึ่งนำไปสู่ภาวะปวดเข้าทางด้านหน้า [5]

จากการศึกษาของ Van Ginckel และคณะในปี พ.ศ. 2552 พบว่า กลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บของระยะยาวจะมีแนวโน้มการกระจายแรงขณะลงน้ำหนักใต้ฝ่าเท้าได้ช้ากว่ากลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บของระยะยาว โดยเฉพาะการลงน้ำหนักที่ตำแหน่งนิ้วชี้และการใช้ระยะเวลาสั้นในลงน้ำหนักบริเวณสันเท้าด้านนอกเป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงต่อการปวดเข้าทางด้านหน้า [12] นอกจากนี้ ยังพบว่าปัจจัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาและการมีความสมดุลของกล้ามเนื้อต้นขาที่ลดลง มีผลต่อแรงกระทำของเท้าและนำไปสู่การบาดเจ็บของเข่าและฝ่าเท้าได้อีกด้วย [13]

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า maximum force และค่า H/Q ratio

เมื่อพิจารณาปัจจัยความสัมพันธ์ระหว่างค่า maximum force และค่า H/Q ratio จากผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บระยะยาวมีความสัมพันธ์เชิงผกผันระหว่างค่า maximum force และ ค่า H/Q ratio และ ที่ตำแหน่งกลางเท้า แสดงให้เห็นได้ว่า กลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บของระยะยาว มีความสมดุลของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังที่ดีส่งผลให้แรงกระทำของเท้าต่อพื้นขณะวิ่งน้อยลง เมื่อเทียบกับกลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บของระยะยาว ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การแปรผกผันอย่างมีนัยสำคัญของตัวแปร maximum force และค่า H/Q ratio ในกลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บระยะยาว อาจนำมาประยุกต์ใช้ในทางคลินิก ในแง่ของการตั้งเป้าหมายเพื่อที่จะฟื้นฟูนักวิ่งที่มีการบาดเจ็บ หรือมีประวัติการบาดเจ็บให้มีค่า H/Q ratio ที่มากขึ้น เพื่อเพิ่มโอกาสในการลดการกระทำที่ตำแหน่งกลางเท้า

ค่า H/Q ratio ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไปได้รับการแนะนำให้เป้าหมายในการฝึกออกกำลังกายแบบเฉพาะเจาะจงเพื่อลดอาการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าของข้อเข่า [8,10,14] จากการศึกษาของ Yeung ในปี พ.ศ. 2552 พบว่า นักวิ่งระยะสั้นที่มีค่า H/Q ratio น้อยกว่า 0.6 ที่ความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที มีความเสี่ยงในการบาดเจ็บกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังมากขึ้น [6] ดังนั้น การฝึกกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังจึงเป็นเรื่องสำคัญในการฟื้นฟูนักวิ่งที่บาดเจ็บระยะยาว โดยฝึกให้มีค่า H/Q ratio มากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงในการบาดเจ็บระยะยาวในนักวิ่ง

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า maximum foot pressure และค่า H/Q ratio

จากตารางที่ 4 ผลการศึกษาพบความสัมพันธ์เชิงแปรผกผันตรงระหว่างค่า maximum foot pressure ที่ตำแหน่งปลายเท้ากับค่า H/Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 60 °/s ($r = 0.520$, $p = 0.002$) ที่ความเร็วเชิงมุม 120 °/s ($r = 0.475$, $p = 0.006$) และที่ความเร็วเชิงมุม 180 °/s ($r = 0.393$, $p = 0.026$) แปลผลได้ว่ากลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บระยะยาวสามารถลงแรงกดที่ปลายเท้าได้มากโดยไม่ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บ แปรผกผันตรงกับการมี H/Q ratio มากเช่นกัน เมื่อเทียบกับกลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บระยะยาวไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว อาจเป็นไปได้ว่ากลุ่มนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บระยะยาวไม่มั่นใจในการลงน้ำหนักที่ปลายเท้า ซึ่งต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อองและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าที่มากขึ้นหรือมีความหลากหลายของการลงน้ำหนักที่เท้าทำให้ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ เป็นการศึกษาในรูปแบบ cross-sectional study ซึ่งทำให้ยากต่อการอธิบายสาเหตุและผลกระทบ (cause and effect) ว่าการบาดเจ็บทำให้เกิดรูปแบบการเคลื่อนไหวตามที่พบ หรือ รูปแบบการเคลื่อนไหวนี้เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ ดังนั้น การศึกษาในอนาคตจึงเป็นที่น่าสนใจที่จะศึกษาในรูปแบบของการศึกษาแบบระยะยาว (longitudinal study) ซึ่งจะช่วยให้อธิบายสาเหตุของการบาดเจ็บได้มากขึ้น

การศึกษานี้อาจใช้เป็นแนวทางในการฟื้นฟูนักวิ่งที่มีประวัติการบาดเจ็บระยะยาว โดยเน้นให้มีการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง เพื่อให้มีสัดส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเข้าใกล้ 0.6 อีกทั้งการพิจารณารูปแบบการลงน้ำหนักรวมถึงการกระจายแรงกดในแต่ละส่วนของฝ่าเท้าเพื่อใช้

ประกอบการวางแผนการฟื้นฟูให้ใกล้เคียงปกติเพื่อลดปัจจัยเสี่ยงในการเกิดการบาดเจ็บระยะยาวต่อไป การนำไปใช้ทางคลินิกแนะนำให้มีการฝึกเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง หรือ ฝึกให้กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและด้านหลังมีความสมดุลกัน เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บระยะยาวในนักวิ่ง

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ทำให้ทราบว่า การลงน้ำหนักได้ฝ่าเท้าระหว่างกลุ่มนักวิ่งที่มีและไม่มีประวัติการบาดเจ็บระยะยาวมีความแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะมีสัดส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อ ด้านหน้าไม่ต่างกันก็ตาม ในกลุ่มนักวิ่งที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บระยะยาวมีความสัมพันธ์เชิงผกผันระหว่างค่า maximum force ที่ตำแหน่งกลางเท้าและ H/Q ratio แสดงให้เห็นได้ว่ากลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บของระยะยาวมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อด้านหน้าที่ดี อาจเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้รูปแบบการกระจายน้ำหนักได้ฝ่าเท้าบริเวณกลางเท้า ทำให้มีการกระจายน้ำหนักได้ฝ่าเท้าได้ดีและช่วยลดแรงกระแทกต่อพื้นขณะเดิน ซึ่งอาจช่วยลดปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บระยะยาวได้ เมื่อเทียบกับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีประวัติการบาดเจ็บระยะยาวจะไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว ยังพบความสัมพันธ์เชิงตามกันระหว่างค่า maximum foot pressure ที่ตำแหน่งปลายเท้ากับ H/Q ratio ในกลุ่มที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บระยะยาว ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่านักวิ่งกลุ่มที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บระยะยาวมีความมั่นใจในการออกแรงกดเท้าที่พื้นได้มากแปลผันตรงกับมีค่าสัดส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อด้านหน้ามากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นการมีสัดส่วนความสมดุลของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อกกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าที่เหมาะสม มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการกระจายแรงในระยะยาว ซึ่งมีส่วนในการช่วยลดปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้นได้

ข้อจำกัดงานวิจัย

งานวิจัยนี้ ทำการทดสอบแรงปฏิกิริยาจากพื้นขณะเดินด้วยความเร็วที่ใช้เดินปกติ ซึ่งความเร็วในการเดินมีผลต่อแรงปฏิกิริยาจากพื้น การจะนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ในการศึกษาในนักวิ่ง อาจต้องระมัดระวังในการแปลผลหรือการนำไปใช้ ดังนั้น ในการศึกษาในอนาคตทางกลุ่มเสนอทำการทดสอบแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะวิ่งเพิ่มเติม เนื่องจาก การศึกษานี้ เป็นการศึกษาที่จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง (cross-sectional study) จึงมีข้อจำกัดในเรื่องของการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง อีกทั้ง การศึกษานี้ยังไม่เหมาะกับการอธิบายสาเหตุ หรือ อธิบายกลไกของการบาดเจ็บได้อย่างชัดเจน ในอนาคตจึงเป็นที่น่าสนใจที่จะศึกษาในรูปแบบของ longitudinal study ซึ่งจะช่วยให้การอธิบายสาเหตุของการบาดเจ็บได้มากขึ้น และมีการศึกษารูปแบบไปข้างหน้า (prospective study) ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Van Gent, R. N., Siem, D., Van Middelkoop, M., Van Os, A. G., Bierma-Zeinstra, S. M. A., and Koes, B. W. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(8), 469-480.
- [2] Upiriyasakul, R., Bovonsunthonchai, S., Sakunkaruna, Y., Sakunkaruna, S., Thong-On, S., Laisirungrai, D. (2015). Incidence of injuries in marathon runners; bangkok marathon. *Journal of Sports Science and Technology*, 15(1), 171-178.
- [3] Mongkonpattarasuk, A., Sinsurin, K., Warathanagassame, P., Sungnak, P., and Suttiwiriyaikul, L. (2018). Lower extremity injuries and associated factors in marathon runners: A survey study in bangkok marathon 2013. *Journal of Sports Science and Technology*, 18(2), 73-80.
- [4] Damsted, C., Parner, E. T., Sørensen, H., Malisoux, L., Hulme, A., and Nielsen, R. Ø. (2019). The association between changes in Weekly running distance and Running-Related injury: Preparing for a half marathon. *journal of orthopedic & sports physical therapy*, 49(4), 230-238.

- [5] Thijs, Y., De Clercq, D., Roosen, P., and Witvrouw, E. (2008). Gait-related intrinsic risk factors for patellofemoral pain in novice recreational runners. *British Journal of Sports Medicine*, 42(6), 466-471.
- [6] Yeung, S. S., Suen, A. M. Y., and Yeung, E. W. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: Preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 589-594.
- [7] Grygorowicz, M., Kubacki, J., Pilis, W., Gieremek, K., and Rzepka, R. (2010). Selected isokinetic tests in knee injury prevention. *Biology of Sport*, 27(1), 47-51.
- [8] Aagaard, P., Simonsen, E. B., Magnusson, S. P., Larsson, B., and Dyhre-Poulsen, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: Quadriceps muscle strength ratio. *The American journal of sports medicine*, 26(2), 231-237.
- [9] Ruas, C. V., Pinto, R. S., Haff, G. G., Lima, C. D., Pinto, M. D., and Brown, L. E. (2019). Alternative methods of determining hamstrings-to-quadriceps ratios: A comprehensive review. *Sports medicine-open*, 5(1), 1-14.
- [10] Ruas, C. V., Minozzo, F., Pinto, M. D., Brown, L. E., and Pinto, R. S. (2015). Lower-extremity strength ratios of professional soccer players according to field position. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(5), 1220-1226.
- [11] Cook, T. M., Farrell, K. P., Carey, I. A., Gibbs, J. M., and Wiger, G. E. (1997). Effects of Restricted Knee Flexion and Walking Speed on the Vertical Ground Reaction Force During Gait. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 25(4), 236-244.
- [12] Van Ginckel, A., Thijs, Y., Hesar, N. G. Z., Mahieu, N., De Clercq, D., Roosen, P., and Witvrouw, E. (2009). Intrinsic gait-related risk factors for Achilles tendinopathy in novice runners: A prospective study. *Gait & posture*, 29(3), 387-391.
- [13] Witvrouw, E., Lysens, R., Bellemans, J., Cambier, D., and Vanderstraeten, G. (2000). Intrinsic risk factors for the development of anterior knee pain in an athletic population: A two-year prospective study. *The American journal of sports medicine*, 28(4), 480-489.
- [14] Coombs, R., and Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1(3), 56-62.