Vol 6 Issue 1 (January - March 2027)
RESEARCH ARTICLE

ความสัมพันธ์ระหว่าง Hamstring-to-Quadriceps Ratio แบบดั้งเดิม และ Dynamic Control Ratio ในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย

RELATIONSHIP BETWEEN CONVENTIONAL HAMSTRING-TO-QUADRICEPS RATIO AND DYNAMIC CONTROL RATIO IN COLLEGIATE FOOTBALL PLAYERS

ชนิดา นามคำ[1] และ อรวรีย์ อิงคเตชะ[1*]

Chanida Namkham[1] and Onwaree Ingkatecha[1*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

[1]Faculty of Sport Science, Burapha University, Chonburi province

[*]Corresponding author: Onwaree Ingkatecha; Email: onwaree@go.buu.ac.th

Received: 8 May 2026 **Revised:** 25 June 2026 **Accepted:** 27 June 2026

DOI: https://doi.org/10.xxxx/jasiw.e271003

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Conventional Hamstring-to-Quadriceps ratio (H:Q ratio) และ Dynamic Control Ratio (DCR) ในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินสมรรถภาพของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าและการคัดกรองความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลเพศชายระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 20 คน อายุระหว่าง 18–22 ปี คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง ทำการทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ Quadriceps และ Hamstrings ของขาข้างถนัดด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer โดยประเมินการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ Concentric และ Eccentric contraction ที่ความเร็วเชิงมุมต่าง ๆ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผลการวิจัย: Conventional H:Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 ± 0.27) มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับปานกลางกับ Dynamic Control Ratio (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.74 ± 0.88) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r = .55, p < .05) ขณะที่ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 ± 0.28) พบความสัมพันธ์ในระดับต่ำเชิงลบและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (r = -.06, p > .05) นอกจากนี้ ค่า Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเร็วเชิงมุมที่สูงขึ้น ขณะที่ค่า Peak torque ของกล้ามเนื้อ Quadriceps และ Hamstrings มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้น สรุปผล: Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio สะท้อนลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าในมิติที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะการทำงานของกล้ามเนื้อ Hamstrings ในลักษณะ Eccentric contraction ดังนั้น การประเมินทั้งสองค่าร่วมกันอาจช่วยเพิ่มมุมมองในการคัดกรองแนวโน้มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และสนับสนุนการวางแผนแนวทางการป้องกันการบาดเจ็บในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัยได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: อัตราส่วน Hamstrings ต่อ Quadriceps, อัตราส่วน Dynamic control, การทดสอบไอโซไคเนติ, ข้อเข่า, นักกีฬาฟุตบอล

© 2027 The Author(s) · CC BY 4.0

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationship between the Conventional Hamstring-to-Quadriceps ratio (H:Q ratio) and Dynamic Control Ratio (DCR) in collegiate football players to provide information for knee muscle performance assessment and injury risk screening. Twenty male collegiate football players (n = 20) aged 18–22 years were recruited using purposive sampling. Muscle performance of the dominant leg was assessed using an isokinetic dynamometer under concentric and eccentric contraction modes at various angular velocities. Data were analyzed using Pearson's correlation coefficient, and the level of statistical significance was set at .05. Results: The Conventional H:Q ratio at an angular velocity of 120°/s (mean = 0.95 ± 0.27) was moderately and positively correlated with the Dynamic Control Ratio (mean = 1.74 ± 0.88) at a statistically significant level (r = .55, p < .05), whereas the relationship at 60°/s (mean = 0.83 ± 0.28) was low, negative, and not statistically significant (r = -.06, p > .05). In addition, both the Conventional H:Q ratio and Dynamic Control Ratio tended to increase as angular velocity increased, while the peak torque values of the Quadriceps and Hamstrings tended to decrease with increasing angular velocity. Conclusion: The Conventional H:Q ratio and Dynamic Control Ratio reflect different dimensions of knee muscle function, particularly the eccentric function of the Hamstrings. Therefore, combined assessment of both ratios may enhance injury risk screening perspectives and support appropriate injury prevention strategies in collegiate football players.

Keywords: Hamstring-to-Quadriceps ratio, Dynamic control ratio, Isokinetic dynamometry, Knee joint, Football players

บทนำ

ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนและมีความเข้มข้นสูง ประกอบด้วยการวิ่ง การเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว การกระโดด การเปลี่ยนทิศทาง และการปะทะระหว่างผู้เล่น ซึ่งล้วนเพิ่มโอกาสการเกิดการบาดเจ็บของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก โดยเฉพาะบริเวณรยางค์ส่วนล่าง (López-Valenciano et al., 2020; Patel & Shah, 2025) การบาดเจ็บบริเวณข้อเข่าและกล้ามเนื้อต้นขาถือเป็นปัญหาสำคัญในนักกีฬาฟุตบอล เนื่องจากส่งผลต่อสมรรถภาพทางกีฬา ระยะเวลาการพักรักษา และโอกาสการกลับเข้าสู่การแข่งขัน ทั้งยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บซ้ำในอนาคต โดยเฉพาะการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ Hamstrings และเอ็นไขว้หน้า (Anterior cruciate ligament; ACL) ซึ่งมักสัมพันธ์กับความไม่สมดุลของความแข็งแรงระหว่างกล้ามเนื้อ Hamstrings และ Quadriceps (Ekstrand et al., 2023; Van Dyk et al., 2017) กล้ามเนื้อ Hamstrings มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่า โดยเฉพาะในช่วงการชะลอความเร็ว การลงน้ำหนัก และการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วในกีฬาฟุตบอล การทำงานของกล้ามเนื้อดังกล่าวในลักษณะการหดตัวแบบยืดยาวออก (Eccentric contraction) มีความสำคัญต่อการเพิ่มเสถียรภาพของข้อเข่าและลดแรงเฉือนที่เกิดขึ้นต่อเอ็นไขว้หน้า (Andrews et al., 2025) หากกล้ามเนื้อ Hamstrings มีความแข็งแรงไม่เพียงพอหรือเกิดความไม่สมดุลเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ Quadriceps อาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของข้อเข่าและกล้ามเนื้อต้นขาได้ (Taketomi et al., 2024)

การประเมินสมรรถภาพของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีมาตรฐานที่มีความแม่นยำและความน่าเชื่อถือสูงในการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Liu et al., 2025) หนึ่งในตัวแปรที่นิยมใช้ในการประเมินคืออัตราส่วนความแข็งแรงระหว่างกล้ามเนื้อ Hamstrings ต่อ Quadriceps หรือ Hamstring-to-Quadriceps ratio (H:Q ratio) ซึ่งใช้สะท้อนความสมดุลของกล้ามเนื้อและประเมินความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของข้อเข่า (Chopra et al., 2025; Yilmaz et al., 2023) โดยการประเมินแบบดั้งเดิม (Conventional H:Q ratio) คำนวณจากแรงบิดสูงสุดของกล้ามเนื้อ Hamstrings ขณะหดตัวแบบ concentric ต่อแรงบิดสูงสุดของกล้ามเนื้อ Quadriceps ขณะหดตัวแบบ concentric ซึ่งค่าที่เหมาะสมอยู่ประมาณ 0.60 ที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที (Liu et al., 2025) อย่างไรก็ตาม นักวิจัยหลายรายเสนอว่าการประเมินแบบดั้งเดิมอาจไม่สามารถสะท้อนการทำงานจริงของกล้ามเนื้อในสถานการณ์การเคลื่อนไหวทางกีฬาได้อย่างเพียงพอ เนื่องจากในกิจกรรมที่มีการเหยียดเข่าอย่างรวดเร็ว กล้ามเนื้อ Hamstrings จะทำหน้าที่

© 2027 The Author(s) · CC BY 4.0

ควบคุมการเคลื่อนไหวในลักษณะ Eccentric contraction มากกว่าการหดตัวแบบ Concentric contraction (Sinulingga & Zemková, 2025) จึงเกิดแนวคิดการประเมินแบบ Dynamic Control Ratio (DCR) ซึ่งคำนวณจากแรงบิดสูงสุดของกล้ามเนื้อ Hamstrings ขณะ Eccentric contraction ต่อแรงบิดสูงสุดของกล้ามเนื้อ Quadriceps ขณะ Concentric contraction โดยค่าที่เหมาะสมควรมีค่าใกล้เคียง 1.00 หรือมากกว่า เพื่อสะท้อนความสามารถในการควบคุมและรักษาเสถียรภาพของข้อเข่า คอยยับยั้งแรงกระชากและลดแรงเฉือนไปข้างหน้าของกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) ในระหว่างการเคลื่อนไหวที่ใช้ความเร็วสูง (Bhatt et al., 2025; Islam & De, 2018) ในเชิงกลไกทางชีวกลศาสตร์ ความแตกต่างที่สำคัญคือ DCR สามารถบ่งชี้ถึงความสามารถของกล้ามเนื้อ Hamstrings ในการทำหน้าที่เป็นกลไกเบรกส่วนปลาย (Antagonist braking mechanism) เพื่อควบคุมและเสริมความมั่นคงให้แก่ข้อเข่าในขณะเคลื่อนไหว (Dynamic knee joint stabilization) โดยในจังหวะเหยียดข้อเข่าอย่างรวดเร็ว เช่น การวิ่งความเร็วสูงหรือการเตะลูกบอล กล้ามเนื้อ Quadriceps จะหดตัวแบบ Concentric อย่างรุนแรง ซึ่งจะสร้างแรงเฉือนกระดูกหน้าแข้งมาทางด้านหน้า (Anterior tibial shear force) ส่งผลให้เกิดความเค้นสูงต่อเอ็นไขว้หน้า (ACL stress) ณ จังหวะนี้ กล้ามเนื้อ Hamstrings จะต้องหดตัวแบบ Eccentric ทันทีเพื่อทำหน้าที่สร้างแรงดึงกระดูกหน้าแข้งกลับไปทางด้านหลัง (Posterior drawer force) เพื่อต้านแรงเฉือนดังกล่าวและชะลอความเร็วของหน้าแข้งไม่ให้เหยียดตึงเกินขอบเขตโครงสร้าง (Hyperextension) ดังนั้น อัตราส่วน DCR จึงสะท้อนกลไกการปกป้องข้อต่อเข่าและพยากรณ์ความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นขณะเคลื่อนไหวจริงได้แม่นยำกว่าอัตราส่วนแบบดั้งเดิม

แม้ว่าจะมีการศึกษาเกี่ยวกับ Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio ในกลุ่มนักกีฬาฟุตบอลอาชีพอย่างต่อเนื่อง แต่ข้อมูลในกลุ่มนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะในประเทศไทยยังมีจำกัด ซึ่งนักกีฬาในช่วงวัยดังกล่าวอยู่ในระยะเปลี่ยนผ่านสู่การแข่งขันระดับสูง มีความเข้มข้นของการฝึกซ้อมและแข่งขันเพิ่มขึ้น แต่ยังคงมีความเสี่ยงต่อความไม่สมดุลของกล้ามเนื้อได้มากกว่านักกีฬาอาชีพที่มีการดูแลเชิงวิทยาศาสตร์การกีฬาที่เข้มงวด การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio โดยคาดว่าผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio อาจเป็นประโยชน์ต่อการคัดกรองความเสี่ยงการบาดเจ็บ การออกแบบโปรแกรมฝึกเฉพาะบุคคล และการวางแผนป้องกันการบาดเจ็บในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการประเมินสมรรถภาพของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าและการป้องกันการบาดเจ็บทางการกีฬาในอนาคต โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังแสดงใน Figure 1.

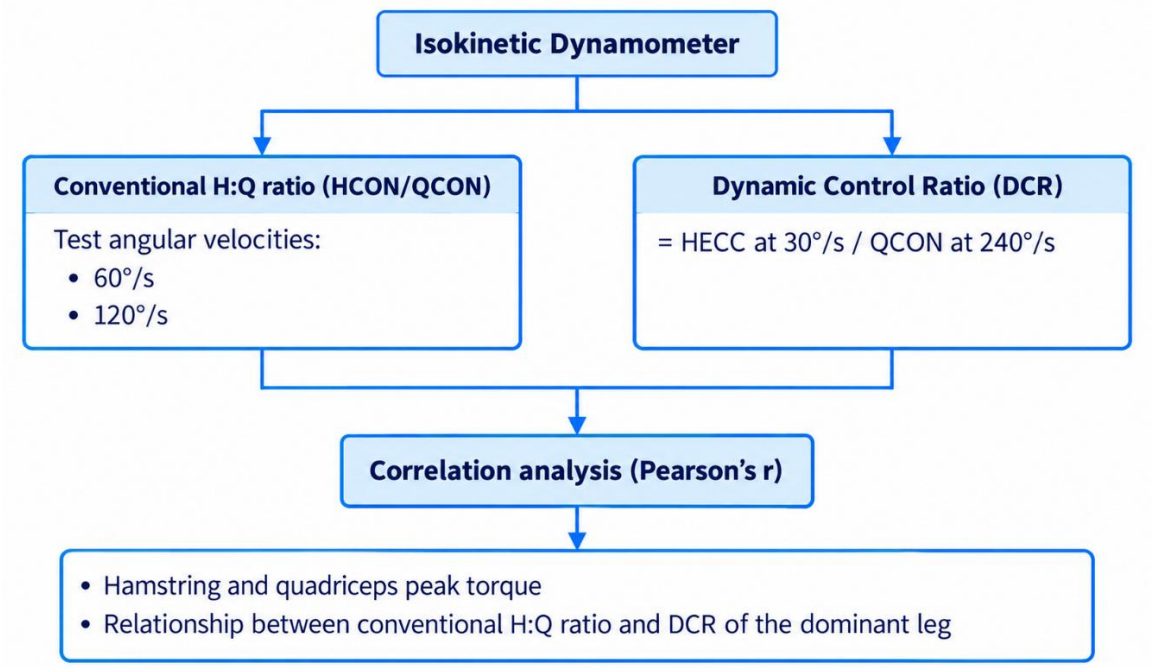


Figure 1. Conceptual framework of the study.

© 2027 The Author(s) · CC BY 4.0

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา รหัสโครงการวิจัย G-HS 049/2567 มีการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่างโดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บเป็นความลับ ไม่มีการระบุชื่อนามสกุล แปลผลการวิจัยเป็นภาพรวมและนำเสนอรายงานวิจัยในภาพรวมเท่านั้น โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากร

ประชากรที่ใช้ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลเพศชาย อายุระหว่าง 18-22 ปี ที่ผ่านการคัดเลือกเป็นตัวแทนของมหาวิทยาลัยบูรพา เก็บตัวฝึกซ้อมในระหว่างปีการศึกษา 2567 เพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย รอบคัดเลือกภาคกลาง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลเพศชาย จำนวน 20 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี ที่ผ่านการคัดเลือกเป็นตัวแทนของมหาวิทยาลัยบูรพา เก็บตัวฝึกซ้อมในระหว่างปีการศึกษา 2567 เพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย รอบคัดเลือกภาคกลาง มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บบริเวณขา โดยเฉพาะบริเวณข้อเข่า มีการฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่อง 3-5 วันต่อสัปดาห์ เกณฑ์การคัดเข้า กลุ่มตัวอย่างสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บบริเวณขา โดยเฉพาะบริเวณข้อเข่าภายในระยะเวลา 6 เดือน ก่อนทำการทดสอบ เกณฑ์การคัดออก ได้แก่ ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีการบาดเจ็บบริเวณข้อเข่า ณ วันที่มาทำการทดสอบ ขอยุติการเข้าร่วมการวิจัย หรือเกิดเหตุสุดวิสัยไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีเจาะจง โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูป G*Power 3.1 เลือกสถิติในกลุ่ม Test family: Exact และกำหนดสถิติทดสอบเป็น Statistical test: Correlation: Bivariate normal model เพื่อสอดคล้องกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เชิงเส้นของเพียร์สัน (Pearson's correlation) ทั้งนี้กำหนดขนาดอิทธิพลค่าความแตกต่าง (Effect size) เท่ากับ 0.50 ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับ 0.80 และกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับความมีนัยสำคัญน้อยกว่า .05

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตอนการเก็บข้อมูลทั่วไปเบื้องต้น ผู้วิจัยเก็บข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง องศาการเคลื่อนไหว (Range of motion; ROM) ของข้อเข่าด้วยเครื่องวัดพิสัยการเคลื่อนไหว Standard Goniometer รุ่น Teiki Japan วาง Goniometer โดยให้จุดหมุนอยู่ที่ Lateral Epicondyle วาง Proximal Arm ขนานไปกับเส้นสมมติ ตรงกลางด้านข้างของกระดูก Femur โดยใช้ Greater Trochanter เป็นจุดอ้างอิง วาง Distal Arm ขนานไปกับเส้นสมมติ ตรงกลางของกระดูก โดยใช้ Lateral Malleolus เป็นจุดอ้างอิง จากนั้นผู้วิจัยบอกให้ผู้เข้าร่วมวิจัยงอข้อเข่าไปจนถึงจุดที่รู้สึกตึงที่สุด แล้วอ่านค่าองศาการเคลื่อนไหว บันทึกและเก็บรวบรวมข้อมูล เส้นรอบวงของขา ใช้สายวัดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร และผู้วิจัยเก็บข้อมูล Special Tests ของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย การทดสอบการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า (ACL Injuries Test) เพื่อทดสอบความมั่นคงแข็งแรงของข้อเข่า และ การทดสอบความถนัดของขา (Leg Dominant Test) เพื่อคัดแยกขาข้างที่ถนัดและไม่ถนัด

2) ขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากเครื่อง Isokinetic Dynamometer (Isoforce, Germany) เครื่องมือดังกล่าวผ่านการเทียบมาตรฐาน (Calibration) ก่อนการทดสอบเพื่อความน่าเชื่อถือและความแม่นยำสูง ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกทดสอบสมรรถนะกล้ามเนื้อ Quadriceps ในการหดตัวแบบ Concentric Contraction หรือ QCON ที่ 3 ระดับความเร็วเชิงมุม ได้แก่ 60, 120 และ 240 องศาต่อวินาที กล้ามเนื้อ Hamstrings แบบ Concentric Contraction หรือ HCON ที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที และ Hamstrings ที่หดตัวแบบ Eccentric Contraction หรือ HECC ที่ความเร็วเชิงมุม 30 องศาต่อวินาที โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งเก้าอี้ ทำการรัดเข็มขัด 2 ตำแหน่ง ประกอบด้วยบริเวณต้นขาทั้งสองข้างและลำตัว จัดท่าของข้อเข่าข้างที่ถนัดของผู้เข้าร่วมวิจัยให้อยู่ที่ 0 องศา ตั้งค่าองศาการเคลื่อนไหวของ Dynamometer อยู่ระหว่าง 0-90 องศา ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเหยียดเข่าให้เต็มช่วงองศาการเคลื่อนไหว หลังจากบันทึกองศาการเหยียดเข่าและชั่งน้ำหนักของขาเรียบร้อยแล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงเหยียดเข่าเต็มที่ตลอดช่วงของการเคลื่อนไหวที่กำหนด ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องออกแรงเต็มที่จำนวน 3 เซต เซตละ 5 ครั้ง โดยมีระยะเวลาพักระหว่างเซต 10 วินาที เพื่อป้องกันสภาวะกล้ามเนื้อล้า การเลือกความเร็วเชิงมุมในการประเมินประสิทธิภาพกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Isokinetic Dynamometer อ้างอิงตามหลักความสัมพันธ์ระหว่าง

© 2027 The Author(s) · CC BY 4.0

แรงและความเร็ว (Force-Velocity Relationship) โดยในโหมด Concentric กำหนดความเร็วเชิงมุมที่ 60 องศาต่อวินาที เพื่อประเมินแรงบิดสูงสุด (Peak Torque) ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที เพื่อประเมินความสามารถในการคงแรงบิด และความเร็ว 240 องศาต่อวินาที เพื่อประเมินกำลังของกล้ามเนื้อ (Muscle Power) ที่สอดคล้องกับการเคลื่อนไหวความเร็วสูงในกีฬาฟุตบอล สำหรับในโหมด Eccentric ของกล้ามเนื้อกลุ่ม Hamstrings เลือกใช้ความเร็วเชิงมุมที่ 30 องศาต่อวินาที เพื่อใช้จับคู่คำนวณอัตราส่วน Dynamic Control Ratio (DCR 30/240) ซึ่งเป็นคู่อัตราส่วนมาตรฐานที่สะท้อนสภาวะจำลองทางชีวกลศาสตร์สูงสุดในจังหวะที่มีการเหยียดเข่าอย่างรวดเร็ว (ความเร็วสูงของ Quadriceps) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต้องออกแรงเบรกยื้อยุดอย่างรุนแรง (ความเร็วต่ำของ Hamstrings) ในลักษณะควบคุมสู้แรง

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยนำเสนอข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างในรูปค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro–Wilk test และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio ด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และแปลผลระดับความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาฟุตบอลเพศชายระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 20 คน มีอายุเฉลี่ย เท่ากับ 20.45 ปี และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.83 น้ำหนักมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 67.75 กิโลกรัม และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.89 ส่วนสูงมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 174.25 เซนติเมตร และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.97 BMI มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.13 องศาการเคลื่อนไหวของการงอข้อเข่าข้างซ้ายมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 124.90 องศา และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.89 องศาการเคลื่อนไหวของการงอข้อเข่าข้างขวามีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 125.45 องศา และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.80 เส้นรอบวงของต้นขาซ้ายมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 53.25 เซนติเมตร และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.40 เซนติเมตร เส้นรอบวงของต้นขาขวามีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 54.50 เซนติเมตร และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.69 เซนติเมตร แสดงใน Table 1.

Table 1. Participant Characteristics (n=20)

Variables	Mean	SD
Age (years)	20.45	0.83
Body weight (Kg)	67.75	7.89
Height (cm)	174.25	6.97
BMI (kg/m^2)	22.30	2.13
Lt. knee flexion (degree)	124.90	7.89
Rt. knee flexion (degree)	125.45	6.80
Lt. thigh circumference (cm)	53.25	3.40
Rt. thigh circumference (cm)	54.50	3.69

ผลการวิเคราะห์ค่า Peak Torque ของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าของขาข้างถนัด พบว่า ค่า Peak Torque ของกล้ามเนื้อ Quadriceps ในรูปแบบ concentric contraction มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้น ขณะที่กล้ามเนื้อ Hamstrings ในรูปแบบ concentric contraction มีค่าลดลงในลักษณะเดียวกัน ทั้งนี้ กล้ามเนื้อ Hamstrings ในรูปแบบ eccentric contraction สามารถสร้างแรงได้สูงกว่าการหดตัวแบบ concentric ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวและดูดซับแรงของกล้ามเนื้อ Hamstrings ในระหว่างการทำงานของข้อเข่า สำหรับค่า Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio ของขาข้างถนัด พบว่า ค่า Conventional H:Q ratio มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเร็วเชิงมุมที่สูงขึ้น แสดงให้เห็นว่ากล้ามเนื้อ Hamstrings สามารถรักษาสัดส่วนการสร้างแรงเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ Quadriceps ได้ดีขึ้นที่

© 2027 The Author(s) · CC BY 4.0

ความเร็วสูง ขณะที่ค่า Dynamic Control Ratio มีค่ามากกว่า 1.00 ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของกล้ามเนื้อ Hamstrings ในการทำงานแบบ eccentric contraction เพื่อช่วยควบคุมเสถียรภาพของข้อเข่าและลดแรงเฉือนที่เกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนไหว ดังแสดงใน Table 2.

Table 2. Mean and Standard Deviation of Peak Torque, Conventional H:Q Ratio, and Dynamic Control Ratio of the Dominant Leg

Angular velocity (°/s)	Variables	Mean	SD
60	QCON Peak Torque (Nm)	85.70	30.03
	HCON Peak Torque (Nm)	66.01	18.25
	Conventional H:Q ratio	0.83	0.28
120	QCON Peak Torque (Nm)	68.42	23.62
	HCON Peak Torque (Nm)	61.47	18.72
	Conventional H:Q ratio	0.95	0.27
240	QCON Peak Torque (Nm)	55.10	25.34
30	HECC Peak Torque (Nm)	78.33	18.63
30/240	DCR ratio	1.74	0.88

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio ของขาข้างถนัดด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า Conventional H:Q ratio ที่ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำกับ Dynamic Control Ratio มีค่า r = -.06, p = .796 ความสัมพันธ์นี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง มีค่า r = .55, p = .013 ความสัมพันธ์นี้มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงใน Table 3.

Table 3. Correlation Between Conventional H:Q Ratio and Dynamic Control Ratio of the Dominant Leg

Correlation	r	p-value	Interpretation
H:Q ratio 60 and DCR ratio 30/240	-.06	.796	Low correlation
H:Q ratio 120 and DCR ratio 30/240	.55	.013*	Moderate correlation

*p < .05

ผลการศึกษาครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่า Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio มีความสัมพันธ์กันเพียงบางส่วน และอาจสะท้อนคุณลักษณะทางชีวกลศาสตร์ที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะการทำงานของกล้ามเนื้อ Hamstrings ในลักษณะ Eccentric contraction ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมเสถียรภาพของข้อเข่าและการป้องกันการบาดเจ็บในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio ในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการประเมินสมรรถภาพของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าและการคัดกรองความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ ผลการศึกษาพบว่า Conventional H:Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับปานกลางกับ Dynamic Control Ratio อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ความเร็ว 60 องศาต่อวินาทีพบความสัมพันธ์ในระดับต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio มีความเกี่ยวข้องกันเพียงบางส่วน และอาจสะท้อนคุณลักษณะทางชีวกลศาสตร์ของการทำงานกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน ปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลเชิงสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อและ

© 2027 The Author(s) · CC BY 4.0

ความจำเพาะของความเร็ว (Velocity specificity) โดยที่ความเร็วต่ำ 60 องศาต่อวินาที รูปแบบการสั่งการของกระแสประสาท (Neuromuscular recruitment pattern) ในการหดตัวแบบ Concentric และ Eccentric จะมีความแตกต่างกันเชิงโครงสร้างอย่างสิ้นเชิง ทว่าเมื่อความเร็วเชิงมุมเพิ่มสูงขึ้นเป็น 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเริ่มเข้าใกล้ความเร็วเชิงหน้าที่ในการเคลื่อนไหวจริงของกีฬาฟุตบอล ระบบประสาทส่วนกลางจะทำการปรับเปลี่ยนการควบคุมโดยเปิดใช้กล้ามเนื้อเส้นใยกระตุกเร็ว (Fast-twitch fibers) ให้ทำงานประสานกันมากขึ้นในสภาวะพลวัต ส่งผลให้พฤติกรรมการสร้างแรงบิดของกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบเคลื่อนไหวไปในทิศทางเดียวกัน สอดคล้องกับลักษณะการฝึกซ้อมของนักกีฬาฟุตบอลไทยระดับมหาวิทยาลัยที่เน้นกิจกรรมความเร็วสูงในลักษณะควบคุมการเคลื่อนไหว ทำให้ระบบประสาทและกล้ามเนื้อมีความคุ้นชินและแสดงออกถึงความสัมพันธ์ของแรงได้ชัดเจนยิ่งขึ้นในความเร็วที่สูงขึ้น ผลการศึกษาที่พบว่าค่า Conventional H:Q ratio เพิ่มขึ้นตามความเร็วเชิงมุมที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดด้านสรีรวิทยาการทำงานของกล้ามเนื้อและงานวิจัยก่อนหน้า ซึ่งอธิบายว่าเมื่อความเร็วในการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อ Hamstrings จะสามารถสร้างแรงได้ค่อนข้างคงที่มากกว่ากล้ามเนื้อ Quadriceps ส่งผลให้อัตราส่วน Conventional H:Q ratio มีแนวโน้มสูงขึ้น (Zhou et al., 2022) นอกจากนี้ กล้ามเนื้อ Hamstrings ยังมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเหยียดเข่าและลดแรงเฉือนด้านหน้าที่เกิดขึ้นต่อกระดูก tibia ซึ่งเกี่ยวข้องกับการลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า (ACL) โดยเฉพาะในกิจกรรมที่มีการเปลี่ยนทิศทางหรือชะลอความเร็วอย่างรวดเร็วในกีฬาฟุตบอล (Andrews et al., 2025)

แม้ว่าค่า Conventional H:Q ratio จะถูกใช้อย่างแพร่หลายในการประเมินความสมดุลของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่า แต่ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง Conventional ratio และ Dynamic Control Ratio อยู่ในระดับปานกลางเท่านั้น ซึ่งอาจอธิบายได้ว่า Conventional H:Q ratio ประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อในลักษณะ concentric-concentric contraction ขณะที่ Dynamic Control Ratio สะท้อนการทำงานของกล้ามเนื้อ Hamstrings ในลักษณะ eccentric contraction ร่วมกับการหดตัวแบบ concentric ของกล้ามเนื้อ Quadriceps ซึ่งใกล้เคียงกับรูปแบบการทำงานจริงของกล้ามเนื้อในกิจกรรมกีฬา (Bhatt et al., 2025; Islam & De, 2018) การที่ค่า Dynamic Control Ratio มีแนวโน้มใกล้เคียง 1.00 แสดงถึงความสามารถของกล้ามเนื้อ Hamstrings ในการควบคุมแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ Quadriceps ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งมีความสำคัญต่อเสถียรภาพของข้อเข่าและการป้องกันการบาดเจ็บ โดยเฉพาะในช่วง terminal knee extension ที่เป็นช่วงเสี่ยงต่อการเกิดแรงเฉือนต่อเอ็นไขว้หน้า (Andrews et al., 2025) ทั้งนี้ แนวคิดการประเมิน DCR มีกลไกสำคัญในการสะท้อนเสถียรภาพของข้อเข่าผ่านกลไกการหดตัวร่วมกันของกล้ามเนื้อรอบข้อต่อ และระบบการควบคุมประสาทสั่งการกล้ามเนื้อ โดยเมื่อกล้ามเนื้อ Quadriceps หดตัวแบบ Concentric อย่างรุนแรง จะสร้างแรงเฉือนกระดูกหน้าแข้งมาทางด้านหน้า ส่งผลให้เกิดความเค้นสูงต่อเอ็นไขว้หน้า (ACL stress) ณ จังหวะสอดประสานนี้ กล้ามเนื้อ Hamstrings จำเป็นต้องหดตัวแบบ Eccentric ทันทีเพื่อทำหน้าที่เป็น ตัวหน่วงเชิงกล (Mechanical decelerator) ที่แปรผันตามความเร็ว สร้างแรงดึงกระดูกหน้าแข้งกลับไปทางด้านหลัง (Posterior drawer force) คอยต้านแรงเฉือน ลดมุมการเหยียดเข่าที่เกินขอบเขต (Hyperextension) และเพิ่มความกระชับของข้อต่อเข่า ช่วยลดภาระงานหนักของเอ็นไขว้หน้าในสภาวะพลวัตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การประเมินเฉพาะ Conventional H:Q ratio อาจไม่เพียงพอสำหรับการอธิบายการควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในสถานการณ์จริงทางกีฬา และอาจไม่สามารถสะท้อนความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้ครบถ้วน ผลการศึกษายังพบว่า Peak torque ของกล้ามเนื้อ Quadriceps และ Hamstrings ลดลงเมื่อความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลัก force-velocity relationship ของการทำงานกล้ามเนื้อ ที่ระบุว่ากล้ามเนื้อจะสร้างแรงได้ลดลงเมื่อความเร็วในการหดตัวเพิ่มขึ้น โดยกล้ามเนื้อ Quadriceps มีแนวโน้มลดลงของแรงบิดมากกว่ากล้ามเนื้อ Hamstrings ส่งผลให้ค่า H:Q ratio เพิ่มขึ้นตามความเร็วเชิงมุม การค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bhatt et al. (2025) ที่รายงานว่าความเร็วเชิงมุมมีผลต่อการแปลผลค่า H:Q ratio และควรพิจารณาความเร็วในการทดสอบร่วมด้วยทุกครั้ง นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า DCR ในการศึกษานี้ซึ่งพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงถึง 1.74 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานดั้งเดิมที่ระบุว่าควรเข้าใกล้ 1.00 อย่างชัดเจนนั้น ในเชิงสรีรวิทยาชีวกลศาสตร์ สามารถอภิปรายได้ว่า ตามความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร็ว (Force-velocity relationship) เมื่อความเร็วเชิงมุมในการเคลื่อนไหวเพิ่มสูงขึ้น แรงบิดสูงสุดในการหดตัวแบบสั้นเข้าของกล้ามเนื้อ Quadriceps จะมีแนวโน้มลดลงตามธรรมชาติ ขณะที่แรงบิดสูงสุดในการหดตัวแบบยืดยาวออกของกล้ามเนื้อ Hamstrings จะยังคงระดับความสามารถในการสร้างแรงได้สูง ส่งผลให้ค่าสัดส่วน DCR พุ่งสูงขึ้นเกินกว่า 1.00 เพื่อเพิ่มระบบเบรกขั้นสุดยอดในการปกป้องข้อเข่า อย่างไรก็ตาม ในอีกแง่มุมหนึ่งเชิงสรีรวิทยากล้ามเนื้อของนักกีฬาไทย ค่า DCR ที่สูงถึง 1.74 นี้ อาจสะท้อนถึงภาวะความอ่อนแอเชิงเปรียบเทียบของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในนักศึกษาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย ซึ่งอาจเกิด

© 2027 The Author(s) · CC BY 4.0

จากการที่โปรแกรมการฝึกซ้อมในระดับนี้ยังขาดการเน้นย้ำการฝึกแรงบิดสูงสุดของกล้ามเนื้อ Quadriceps ส่งผลให้ตัวหารในสมการคำนวณมีค่าต่ำเกินไป ซึ่งภาวะนี้แม้จะส่งผลดีในแง่การลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของ ACL แต่อาจส่งผลกระทบต่อข้อจำกัดในการสร้างความเร็วหรือแรงในการเตะลูกบอลของนักกีฬาได้เช่นกัน

ในเชิงประยุกต์ ผลการศึกษาครั้งนี้มีความสำคัญต่อการคัดกรองความเสี่ยงการบาดเจ็บและการวางแผนโปรแกรมป้องกันการบาดเจ็บในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย เนื่องจากความไม่สมดุลของกล้ามเนื้อ Hamstrings และ Quadriceps ถือเป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงสำคัญของการบาดเจ็บกล้ามเนื้อต้นขาและเอ็นไขว้หน้า การประเมินทั้ง Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio ร่วมกันอาจช่วยให้ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา และนักกายภาพบำบัดสามารถประเมินสมรรถภาพของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถออกแบบโปรแกรมฝึกเสริมสร้างความแข็งแรงแบบ eccentric training และโปรแกรม neuromuscular training ได้อย่างเหมาะสมเฉพาะบุคคล เพื่อลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บในอนาคต อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ การศึกษาทำในกลุ่มนักกีฬาฟุตบอลเพศชายระดับมหาวิทยาลัยเพียงกลุ่มเดียว จึงอาจไม่สามารถอ้างอิงผลไปยังนักกีฬาเพศหญิงหรือระดับการแข่งขันอื่นได้ นอกจากนี้ การวิจัยเป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง จึงไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลได้โดยตรง ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตควรศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลายมากขึ้น รวมทั้งติดตามอุบัติการณ์การบาดเจ็บในระยะยาว เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของค่า Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio ในการทำนายความเสี่ยงการบาดเจ็บทางกีฬาอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ความสัมพันธ์ระหว่าง Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio ในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย Conventional H:Q ratio ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับปานกลางกับ Dynamic Control Ratio อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r = .55, p = .013) ขณะที่ Conventional H:Q ratio ที่ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r = -.06, p = .796) นอกจากนี้ ค่า Conventional H:Q ratio มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเร็วเชิงมุมที่สูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยจาก 0.83 ที่ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที เพิ่มเป็น 0.95 ที่ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที ส่วนค่า Dynamic Control Ratio มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.74 สะท้อนถึงความสามารถของกล้ามเนื้อ Hamstrings ในการควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในลักษณะ Eccentric contraction ได้ดี ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio สะท้อนการทำงานของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าในมิติที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะการทำงานของกล้ามเนื้อ Hamstrings ในลักษณะ Eccentric contraction ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อเสถียรภาพของข้อเข่าและการป้องกันการบาดเจ็บ ดังนั้น การประเมินทั้ง Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio ร่วมกันอาจเป็นข้อมูลสนับสนุนการคัดกรองความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และสนับสนุนการวางแผนโปรแกรมป้องกันการบาดเจ็บในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัยได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินสมรรถภาพของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าในนักกีฬาฟุตบอล โดยเฉพาะการประเมิน Conventional H:Q ratio และ Dynamic Control Ratio ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการคัดกรองความเสี่ยงการบาดเจ็บและการวางแผนโปรแกรมป้องกันการบาดเจ็บของข้อเข่า นอกจากนี้ ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา และนักกายภาพบำบัด สามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบโปรแกรมฝึกเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hamstrings โดยเฉพาะการฝึกแบบ eccentric training เพื่อส่งเสริมเสถียรภาพของข้อเข่าและลดความไม่สมดุลของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าในนักกีฬา

เอกสารอ้างอิง

Andrews, M. H., Shield, A. J., Lichtwark, G. A., & Pincheira, P. A. (2025). Hamstring injury mechanisms and eccentric training-induced muscle adaptations: Current insights and future directions. Sports Medicine, 55(10), 2429–2443. https://doi.org/10.1007/s40279-025-02291-6

Bhatt, Y., Hazari, A., Govindappa, S. C., & Kandakurti, P. K. (2025). Isokinetic strength and functional ratio for quadriceps and hamstrings among semi-professional athletes in UAE playing football, cricket, and tennis—biomechanical implications. F1000Research, 14, Article 1163. https://doi.org/10.12688/f1000research.170911.1

© 2027 The Author(s) · CC BY 4.0

Chopra, S., Murphy, G., Raval, P., Ahedi, H., & Nicholls, A. S. (2025). Quadriceps strength and hamstring-to-quadriceps ratios in pediatric patients after ACL reconstruction: Revisiting norms from adult data. Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 13(8), Article 23259671251360364. https://doi.org/10.1177/23259671251360364

Ekstrand, J., Bengtsson, H., Waldén, M., Davison, M., Khan, K. M., & Hägglund, M. (2023). Hamstring injury rates have increased during recent seasons and now constitute 24% of all injuries in men's professional football: The UEFA Elite Club Injury Study from 2001/02 to 2021/22. British Journal of Sports Medicine, 57(5), 292–298. https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-105407

Islam, M. S., & De, A. (2018). Functional hamstring to quadriceps strength ratio (H) and hamstrings injury of soccer players: A qualitative analysis. Orthopedics and Sports Medicine: Open Access Journal, 2(2), 126–132. https://doi.org/10.32474/OSMOAJ.2018.02.000133

Liu, K., Yin, L., Zhang, Y., Liu, G., Fang, P., Ma, Y., & Huang, L. (2025). Normative isokinetic knee strength values and prediction models in non-athletic Chinese adults. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 13, Article 1573267. https://doi.org/10.3389/fbioe.2025.1573267

López-Valenciano, A., Ruiz-Pérez, I., Garcia-Gómez, A., Vera-Garcia, F. J., De Ste Croix, M., Myer, G. D., & Ayala, F. (2020). Epidemiology of injuries in professional football: A systematic review and meta-analysis. British Journal of Sports Medicine, 54(12), 711–718. https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099577

Patel, P., & Shah, M. (2025). The impact of the FIFA 11+ injury prevention program on injury incidence in football athletes: A systematic review of randomized controlled trials. Cureus, 17(12), Article e100463. https://doi.org/10.7759/cureus.100463

Sinulingga, A. R., & Zemková, E. (2025). Maximal isometric and eccentric hamstring strength is influenced by body mass and additional load: Does the critical point at which peak knee flexor force is achieved play a role? Frontiers in Physiology, 16, Article 1654030. https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1654030

Taketomi, S., Kawaguchi, K., Mizutani, Y., Takei, S., Yamagami, R., Kono, K., Murakami, R., Kage, T., Arakawa, T., Fujiwara, S., Tanaka, S., & Ogata, T. (2024). Lower hamstring to quadriceps muscle strength ratio and lower body weight as factors associated with noncontact anterior cruciate ligament injury in male American football players: A prospective cohort study. Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology, 35, 43–47. https://doi.org/10.1016/j.asmart.2023.11.006

van Dyk, N., Bahr, R., Burnett, A. F., Whiteley, R., Bakken, A., Mosler, A., Farooq, A., & Witvrouw, E. (2017). A comprehensive strength testing protocol offers no clinical value in predicting risk of hamstring injury: A prospective cohort study of 413 professional football players. British Journal of Sports Medicine, 51(23), 1695–1702. https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097754

Yilmaz, E., Aydin, T., Kiliç, S., & Toluk, Ö. (2023). Bilateral knee joint isokinetic muscle strength and angle specific balance ratio in soccer players. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 74(7), 234–241. https://doi.org/10.5960/dzsm.2023.580

Zhou, Z., Chen, C., Chen, X., Yi, W., Cui, W., Wu, R., & Wang, D. (2022). Lower extremity isokinetic strength characteristics of amateur boxers. Frontiers in Physiology, 13, Article 898126. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.898126

© 2027 The Author(s) · CC BY 4.0