

การเปรียบเทียบผลของการฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าแตกต่างกันที่มีต่อ
ความสามารถในการเร่งความเร็วในนักวิ่งเยาวชน

A COMPARISON OF THE EFFECTS OF SQUAT TRAINING WITH DIFFERENT
KNEE ANGLES ON ACCELERATION ABILITY IN YOUTH SPRINTERS

พัชรี วงษานัน^{1*}

Phatcharee Wongsason^{1*}

¹คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

¹Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani Province

*Corresponding Author: Phatchareebew@gmail.com

Received: June 11, 2025

Revised: July 10, 2025

Accepted: July 15, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าคงที่และมุมของเข่าแตกต่างกันที่มีต่อความสามารถในการเร่งความเร็วในนักวิ่งเยาวชน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งเยาวชนหญิง อายุ 14-16 ปี การศึกษาที่ 1 เลือกแบบเจาะจง จำนวน 12 คน ทำทั้ง 3 เงื่อนไข โดยการสุ่มและจัดลำดับถ่วงดุล ทดสอบแต่ละเงื่อนไขห่างกัน 1 สัปดาห์ ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางสำหรับการวัดซ้ำ ผลวิจัยพบว่า มีค่าเวลาในการวิ่ง 30 เมตร เงื่อนไขที่ 2 กับ เงื่อนไขที่ 3 ดีกว่าเงื่อนไขที่ 1 และเงื่อนไขที่ 3 ดีกว่า เงื่อนไขที่ 2 และความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 30 เมตร เงื่อนไขที่ 2 กับ เงื่อนไขที่ 3 ดีกว่าเงื่อนไขที่ 1 และเงื่อนไขที่ 3 ดีกว่า เงื่อนไขที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การศึกษาที่ 2 กลุ่มตัวอย่างเลือกแบบเจาะจง จำนวน 30 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าคงที่ และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าที่แตกต่างกัน ระยะเวลาในการฝึก 6 สัปดาห์ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบโดยใช้ค่าที (t-test) ผลวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าเวลาในการวิ่ง 10 เมตร ไม่แตกต่างกัน และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเวลาในการวิ่ง 20 เมตร และ 30 เมตร ดีกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และมีค่ามีความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 10 เมตรไม่แตกต่างกัน และกลุ่มทดลองที่ 2 มีความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 20 เมตร และความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 30 เมตร ดีกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าการฝึกท่าสควอทมุมของเข่าที่แตกต่างกัน สามารถช่วยเพิ่มระดับความสามารถในการเร่งความเร็วของนักวิ่งเยาวชนได้ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกท่าสควอทด้วยมุมเข่าแบบคงที่

คำสำคัญ: การเร่งความเร็ว ความเร็ว ท่าสควอท มุมข้อเข่า

Abstract

This study aimed to examine and compare the effects of squat training with a constant knee angle and with different knee angles on acceleration ability in young female sprinters. In Study 1, twelve purposively selected female athletes aged 14–16 years performed all three conditions in a randomized and counterbalanced order, with a one-week interval between each condition. Data were analyzed using two-

way ANOVA with repeated measures. The results showed that the 30-meter sprint time in Conditions 2 and 3 was significantly better than in Condition 1, with Condition 3 also significantly better than Condition 2. Similarly, sprint velocity from the start to 30 meters in Conditions 2 and 3 was significantly greater than in Condition 1, and Condition 3 was significantly greater than Condition 2 ($p < .05$). In Study 2, thirty purposively selected participants were divided into two groups: the first trained with a constant knee angle, and the second trained with different knee angles for six weeks. Data were analyzed using the t-test. The results showed no significant difference in 10-meter sprint time between the two groups; however, the second group had significantly better sprint times at 20 and 30 meters. For sprint velocity, there was no significant difference from the start to 10 meters, but the second group recorded significantly greater velocity from the start to 20 meters and from the start to 30 meters than the first group ($p < .05$). These findings indicate that squat training with different knee angles can improve the acceleration ability of young female sprinters more effectively than squat training with a constant knee angle.

Keywords: Acceleration, Speed, Squat, Knee angle

บทนำ

กรีฑาระยะสั้น เป็นกีฬาที่ต้องการสมรรถภาพทางกาย ทั้งในด้านพลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว การประสานงานของระบบประสาท และที่สำคัญที่สุดคือ “ความสามารถในการเร่งความเร็ว” (Acceleration Ability) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญในช่วงเริ่มต้นของการแข่งขัน (Morin et al., 2011) ความสามารถในการเร่งความเร็ว นั้นเกี่ยวข้องโดยตรงกับการทำงานของกล้ามเนื้อขาส่วนล่าง เช่น กล้ามเนื้อ Quadriceps, Hamstrings และ Gluteus ซึ่งมีหน้าที่หลักในการถ่ายแรงจากพื้นสู่ร่างกายและส่งพลังให้เกิดการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพ (Nagahara et al., 2018) และในบริบทของนักกีฬาประเทศไทย โดยเฉพาะในระดับเยาวชน พบว่ายังมีข้อจำกัดด้านสมรรถภาพทางกายในช่วงออกตัวและช่วงเร่งความเร็ว ส่งผลให้นักวิ่งไทยไม่สามารถแข่งขันได้อย่างทัดเทียมในระดับนานาชาติ โดยเฉพาะในช่วง 30 เมตรแรกของการแข่งขัน ซึ่งเป็นช่วงในการเร่งความเร็วของนักกรีฑาเพื่อเอาชนะในช่วงของการออกตัว ปัญหาดังกล่าวสะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาโปรแกรมฝึกที่มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการเร่งความเร็ว และความสามารถในการเร่งความเร็วถือเป็นพื้นฐานสำคัญในกีฬาหลายประเภท ไม่เฉพาะเพียงกรีฑาเท่านั้น แต่ยังรวมถึงฟุตบอล บาสเกตบอล และรักบี้ ซึ่งต้องอาศัยการออกตัวและเปลี่ยนทิศทางอย่างฉับพลัน การเพิ่มสมรรถภาพด้านนี้จำเป็นต้องอาศัย “ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ” (Muscular Strength) โดยเฉพาะในกล้ามเนื้อขาส่วนล่าง ซึ่งสามารถพัฒนาได้ผ่านการฝึกด้วยแรงต้านหรือการฝึกด้วยน้ำหนัก เช่น ท่าสควอท (Squat Training) (Kubo et al., 2019) และในท่าสควอทเป็นรูปแบบการฝึกที่มีลักษณะของการเคลื่อนไหวแบบหลายข้อต่อ (Multiple Joint Movement) ที่สามารถกระตุ้นกลุ่มกล้ามเนื้อสำคัญหลายมัดได้พร้อมกัน อีกทั้งยังมีความคล้ายคลึงกับรูปแบบการเคลื่อนไหวจริงของการวิ่ง การกระโดด และการเปลี่ยนทิศทาง (Bryanton et al., 2012) และการวิ่งระยะสั้น เป็นทักษะพื้นฐานสำคัญที่ในกีฬาหลากหลายประเภท โดยเฉพาะกีฬาที่เน้นความเร็ว เช่น กรีฑา ฟุตบอล และรักบี้ ซึ่งล้วนต้องอาศัย “ความสามารถในการเร่งความเร็ว” (Acceleration Ability) ในช่วงระยะทาง 10–30 เมตรแรก การพัฒนาในช่วงนี้เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากนักกีฬาที่สามารถเร่งความเร็วได้เร็วกว่า จะมีโอกาสได้เปรียบในการแข่งขันมาก (Jiménez-Reyes et al., 2018) และการเพิ่มสมรรถภาพของการเร่งความเร็วมักใช้การฝึกหลายรูปแบบ เช่น การฝึกสปีด การฝึกแรงต้าน และการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric Training) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาพลังระเบิด (Explosive Power) ของกล้ามเนื้อส่วนล่าง โดยเฉพาะบริเวณต้นขาและสะโพก ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการออกแรงดันพื้นเพื่อสร้างความเร็ว

ให้เกิดขึ้นในระยะสั้น (Suchomel et al., 2016) ในท่าฝึกที่ได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพในการพัฒนาพลังระเบิดคือ “ท่าสควอท (Squat)” เนื่องจากการฝึกที่เน้นความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในแนวตั้งและแนวระเบิดแรงขึ้นจากพื้น กลไกการส่งแรงในขณะเร่งความเร็ว นอกจากนี้ท่าสควอทยังส่งเสริมให้เกิดการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Adaptation) ทำให้สามารถเกร็งกล้ามเนื้อได้รวดเร็วขึ้น ส่งผลให้เกิดพลังระเบิดที่มีคุณภาพมากขึ้นในช่วงออกตัววิ่ง และการฝึกท่าสควอทแบบมีแรงต้าน (Resistance Squat Training) โดยเฉพาะในระดับความหนักมากกว่า 85% ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด (1RM) ยังสามารถกระตุ้นกระบวนการที่เรียกว่า Post-Activation Performance Enhancement (PAPE) ซึ่งเป็นการเพิ่มสมรรถภาพในระยะสั้นภายหลังการฝึกหนัก โดยมีงานวิจัยพบว่า การฝึกสควอทแบบหนักก่อนการวิ่งสั้นสามารถทำให้เวลาในการวิ่ง 10 เมตรดีขึ้น (Seitz et al., 2014) ดังนั้น การเลือกฝึกท่าสควอทจึงมีความเหมาะสมต่อการศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็วของนักกีฬาในระยะสั้น ซึ่งไม่เพียงส่งเสริมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แต่ช่วยแก้ไขการประสานงานของระบบประสาท และส่งผลต่อสมรรถภาพนักกีฬาให้แสดงศักยภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ Bryanton et al. (2012) กล่าวว่า มุมข้อเข่าที่ต่างกันมีผลต่อการกระตุ้นกล้ามเนื้อไม่เท่ากัน โดยท่าสควอทที่ลึกกว่าระดับ 90 องศา (deep squat) จะกระตุ้นกล้ามเนื้อ Gluteus maximus และ Hamstrings ได้มากกว่า ขณะที่มุมข้อเข่าตื้นจะเน้นการใช้กล้ามเนื้อ Quadriceps มากกว่า (Kubo et al., 2019) ได้พบว่าการฝึกด้วยมุมข้อเข่าที่ต่างกันส่งผลต่อปริมาณมวลกล้ามเนื้อและแรงกล้ามเนื้อในบริเวณต่าง ๆ และในด้านสมรรถภาพการเร่งความเร็วพบว่า อัตราการออกแรงในช่วงเวลาสั้น (Rate of Force Development: RFD) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการเร่งความเร็ว โดยเฉพาะในระยะทางสั้น เช่น 10–30 เมตร ซึ่งมักใช้เป็นตัววัดความสามารถด้านความเร็วของนักกีฬาเยาวชน

ในการออกวิ่งจากจุดเริ่มต้นโดยใช้ที่ยันเท้า (Starting Block) นั้น ขานำของนักวิ่งจะย่อเข่าเป็นมุม 90 องศาเพื่อถิ่บตัวออกจากที่ยันเท้า โดยลำตัวจะอยู่ในแนวเส้นตรงทำมุมกับพื้นประมาณ 45 องศา ในขณะที่เริ่มต้นการเคลื่อนที่ นักวิ่งจะต้องออกแรงถีบพื้นอย่างต่อเนื่องเพื่อเร่งความเร็วไปข้างหน้า ซึ่งลำตัวจะค่อย ๆ ทำมุมกับพื้นมากขึ้นพร้อมกับมุมของข้อเข่าที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะทาง 30 เมตรแรก โดยตลอดช่วงดังกล่าว นักวิ่งยังคงต้องออกแรงถีบพื้นอย่างมีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องเพื่อเร่งความเร็วให้สูงที่สุด และในด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา พบว่าการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยวิธีที่เรียกว่า Post-Activation Potentiation (PAP) เป็นเทคนิคที่สามารถเพิ่มสมรรถภาพการเคลื่อนไหวในช่วงสั้นได้ โดย PAP คือปรากฏการณ์ที่ระบบประสาทและกล้ามเนื้อเกิดการกระตุ้นในระดับสูงหลังจากได้รับแรงต้านหนักในช่วงเวลาสั้น ๆ ทำให้การแสดงออกของแรงในกิจกรรมถัดไปมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการฝึกสควอทด้วยมุมข้อเข่าที่แตกต่างกันเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการฝึกระบบประสาทและมัดกล้ามเนื้อให้ตอบสนองต่อมุมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเร่งความเร็ว ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าว การวิ่งระยะสั้นเป็นกีฬาที่ต้องอาศัยความสามารถในการเร่งความเร็ว ทั้งในช่วงออกตัวและช่วงความเร็วต้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการแข่งขัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกท่าสควอทที่ใช้มุมข้อเข่าคงที่กับการฝึกท่าสควอทที่ใช้มุมข้อเข่าที่แตกต่างกัน ที่มีผลต่อความสามารถในการเร่งความเร็วของนักกรีฑาเยาวชน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมฝึกซ้อมสำหรับนักวิ่งระยะสั้น

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ลำดับที่ 027/2566 เลขที่: HE662055

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกรีฑาระยะสั้นเยาวชนหญิง โรงเรียนกีฬาจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 70 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬากรีฑา เยาวชน ระยะสั้น อายุระหว่าง 14-16 ปี ไม่มีโรคประจำตัว การศึกษาที่ 1 โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 12 คน ทำทั้ง 3 เงื่อนไข ด้วยการ randomized and counterbalances และการศึกษาที่ 2 ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 24 คน เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างจึงปรับเพิ่มจำนวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 3 คน (คิดเป็นร้อยละ 10 ของกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด) รวมกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทั้งหมด 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างต้องผ่านการทดสอบความแข็งแรงในการแบกน้ำหนัก ย่อตัวให้เข้าท่ามุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมายืนในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว หลังจากนั้นทำการแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 15 คน จากนั้นทำการจัดการแบ่งกลุ่มด้วยการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยเรียงตามลำดับความเร็วในการวิ่งของความสามารถในการเร่งความเร็วระยะทาง 10 เมตร ของแต่ละคนจากผู้ที่สามารถทำเวลาในการวิ่งได้น้อยที่สุดไปมากที่สุดตามลำดับ และจัดกลุ่มด้วยวิธีการจับสลาก ทุกๆ 2 คน จัดแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน จากการกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวัดความสามารถในการเร่งความเร็ว (Timing gates) รุ่น Swift Speed light ผลิตโดยบริษัท Swift performance ประเทศออสเตรเลีย
2. นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ คาสิโอ (Casio) รุ่น เอส เอส-70 ดับเบิลยู (HS-70 W)
3. โอลิมปิก บาร์เบล (Olympics barbell) ยี่ห้อ Eleiko
4. แผ่นเหล็กเพิ่มน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko
5. เข็มขัดยกน้ำหนัก Harbinger 4 Nylon Belt product nation
6. โปรแกรมการฝึกท่าสควอท ด้วยมุมของเข่าที่แตกต่างกัน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาที่ 1 ศึกษาผลฉับพลันของการฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าคงที่และมุมของเข่าแตกต่างกัน มีทั้งหมด 3 เงื่อนไข โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 12 คน ปฏิบัติทั้ง 3 เงื่อนไข ดังนี้ [เงื่อนไขที่ 1 ควบคุมเงื่อนไขที่ 2 ฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าที่คงที่ และเงื่อนไขที่ 3 ฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าที่แตกต่างกัน] โดยใช้การ randomized and counterbalances ทำการทดสอบหลังปฏิบัติแต่ละเงื่อนไข โดยทดสอบดังนี้

1. เวลาในการวิ่ง 10 เมตร
2. เวลาในการวิ่ง 20 เมตร
3. เวลาในการวิ่ง 30 เมตร
4. ความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 10 เมตร
5. ความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 20 เมตร
6. ความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 30 เมตร

ทดสอบแต่ละเงื่อนไขห่างกัน 1 สัปดาห์ และนำมาวิเคราะห์สถิติการวิเคราะห์ TWO-WAY ANOVA with repeated measure ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดัง Table 1. ซึ่งมี 3 เงื่อนไข คือ เงื่อนไขที่ 1 อบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว เงื่อนไขที่ 2 อบอุ่นร่างกายและฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าที่คงที่ เงื่อนไขที่ 3 อบอุ่นร่างกายและฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าที่แตกต่างกัน

Table 1. Training procedures in each condition of Study 1

Condition	Step1	Step2	Step3	Training load (%1RM)	Knee angles used in training	Repetitions
Condition 1	Warm – Up	4 – minute walking	Acceleration ability test	-	-	-
Condition 2	Warm – Up + Squat training with constant knee angle	4 – minute walking	Acceleration ability test	90%	Knee angle at 90°	3 repetitions (90°–90°–90°)
Condition 3	Warm – Up + Squat training with different angle	4 – minute walking	Acceleration ability test	90%	Knee angles at 90°, 110°, and 130°	3 repetitions (90°–110°–130°)

เพื่อลดอคติจากลำดับการฝึก กลุ่มตัวอย่างจะเข้ารับการทดสอบทั้ง 3 เงื่อนไขในลำดับที่ต่างกัน โดยเว้นระยะห่างระหว่างการทดสอบครั้งละ 1 สัปดาห์ ดังนี้

	Test 1	Test 2	Test 3
<u>Condition 1</u>	No. 1-4	No. 5-8	No. 9-12
<u>Condition 2</u>	No. 5-8	No. 9-12	No. 1-4
<u>Condition 3</u>	No. 9-12	No. 1-4	No. 5-8

Note; Test 1, Test 2, and Test 3 were conducted one week apart.

การศึกษาที่ 2

1. ผู้วิจัยคัดเลือกผู้ช่วยในการทำวิจัยโดยได้ทำการชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการวิจัยให้ผู้ช่วยวิจัยทราบ
2. กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าคงที่ (90 องศา-90 องศา-90 องศา)
3. กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าแตกต่างกัน (90 องศา 110 องศา 130 องศา)
4. ทำการฝึกทั้ง 2 กลุ่มทดลอง ระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์ โดยทำการฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง
5. ทำการทดสอบก่อนการทดลอง โดยทดสอบดังนี้
 - 5.1. เวลาในการวิ่ง 10 เมตร
 - 5.2. เวลาในการวิ่ง 20 เมตร
 - 5.3. เวลาในการวิ่ง 30 เมตร
 - 5.4. ความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 10 เมตร

5.5 ความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 20 เมตร

5.6 ความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 30 เมตร

โดยทำการทดสอบโดยให้วิ่งตามระยะที่กำหนด จำนวน 3 ครั้ง ระหว่างครั้งพัก 3 นาที ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดัง Table 2.

Table 2. Training Program for Experimental Groups 1 and 2

Training Items	Experimental Group 1	Experimental Group 2
Exercise used in training	Squat	Squat
Knee angles used in training	Knee angle at 90°	Knee angles at 90°, 110°, and 130°
Training load (%1RM)	90%	90%
Repetitions per set	3 repetitions (90°-90°-90°)	3 repetitions (90°-110°-130°)
Number of sets	5	5
Rest between sets	4 minutes	4 minutes

Note; In Study 2, Experimental Group 1 performed squats with a constant knee angle, and Experimental Group 2 performed squats with varying knee angles.

6. กลุ่มทดลองเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าคงที่และมุมของเข่าแตกต่างกัน ระยะเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน วันละ 1 ชั่วโมง 30 นาที เวลา 17.00-18.30 น.

7. ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายในกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 โดยทดสอบดังนี้

7.1. เวลาในการวิ่ง 10 เมตร

7.2 เวลาในการวิ่ง 20 เมตร

7.3 เวลาในการวิ่ง 30 เมตร

7.4 ความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 10 เมตร

7.5 ความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 20 เมตร

7.6 ความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 30 เมตร

โดยทำการทดสอบโดยให้วิ่งตามระยะที่กำหนด จำนวน 3 ครั้ง ระหว่างครั้งพัก 3 นาที

8. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความแตกต่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกและระหว่างกลุ่ม

9. สรุปและอภิปรายผลการศึกษาวิจัย

โปรแกรม การฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าคงที่และมุมของเข่าแตกต่างกัน ใช้ระยะเวลาในการฝึก 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง (วันอังคารและวันศุกร์) ห่างกันไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลพื้นฐานวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. การศึกษาที่ 1 วิเคราะห์ด้วย Two-way ANOVA with repeated measures กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การศึกษาที่ 2 วิเคราะห์ภายในกลุ่มด้วย Paired t-test และระหว่างกลุ่มด้วย Independent t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

1. หลังจากปฏิบัติทั้ง 3 เงื่อนไขแล้ว ทดสอบวิ่งระยะทาง 30 เมตร พบว่ามีเงื่อนไขที่ 2 และเงื่อนไขที่ 3 มีเวลาในการวิ่ง 10 เมตร 20 เมตร และ 30 เมตร รวมทั้งความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 10 เมตร 20 เมตร และ 30 เมตร ดีกว่าเงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนั้นยังพบว่าเงื่อนไขที่ 3 มีเวลาในการวิ่ง 30 เมตร และความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 30 เมตร ดีกว่าเงื่อนไขที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงใน Table 3.

Table 3. Changes in Sprint Time and Velocity Three Training Conditions: Results from Two-Way ANOVA and Pairwise Comparisons, Mean (SD)

Variable	C1(n=12)	C2(n=12)	C3(n=12)	F	P	Pairwise Comparison	P
Sprint time(s)							
10 m	2.357(0.066)	2.138(0.081)	2.186(0.104)	28.669	.000*	C1-C3, C1-C2, C2 - C3	.002*,.000*,.318
20 m	3.808(0.096)	3.587(0.098)	3.548(0.076)	55.169	.000*	C1-C3, C1-C2, C2 - C3	.000*,.000*,.182
30 m	5.251(0.140)	5.117(0.124)	4.960(0.098)	30.751	.000*	C1-C3, C1-C2, C2 - C3	.000*,.004*, .012*
Sprint Velocity, (m/s)							
0-10 m	4.244(0.119)	4.682(0.174)	4.583(0.209)	28.602	.000*	C1-C3, C1-C2, C2 - C3	.002*,.000*,.318
0-20 m	5.254(0.132)	5.578(0.150)	5.638(0.117)	43.431	.000*	C1-C3, C1-C2, C2 - C3	.000*,.000*, .212
0-30 m	5.716(0.155)	5.865(0.142)	6.049(0.118)	30.927	.000*	C1-C3, C1-C2, C2 - C3	.000*,.012*,.027*

Note; C1 = Traditional squat training; C2 = Constant angle squat training (90°); C3 = Squat training with different angles (90°, 110°, 130°). $p < .05$ = *statistically significant difference; Bonferroni-adjusted pairwise comparisons.

2. หลังการฝึก 6 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มมีเวลาวิ่งและความเร็วดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม ($p < .05$) ในทุกระยะที่ทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า กลุ่มที่ฝึกสควอตด้วยมุมเข่าที่แตกต่างกัน (Group 2) มีเวลาวิ่ง 20 เมตร และ 30 เมตรดีกว่า และมีความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึง 20 เมตร และ 30 เมตรดีกว่ากลุ่มที่ฝึกด้วยมุมเข่าคงที่ (Group 1) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) ขณะที่ระยะ 10 เมตรไม่พบความแตกต่าง ดังแสดงใน Table 4.

Table 4. Changes in Sprint Time and Velocity Before and After 6 weeks of Different Group 1 and Group 2, Mean (SD)

Variable	Group 1 (n=15)		p	Group 2 (n=15)		p	t	P
	Before	After		Before	After			
Sprint time(s)								
10 m	2.075(0.066)	2.011(0.058)	.000*	2.088(0.109)	1.994(0.048)	.000*	0.876	.389
20 m	3.520(0.078)	3.427(0.069)	.000*	3.534(0.136)	3.343(0.067)	.000*	-3.357	.002+
30 m	4.861(0.128)	4.763(0.144)	.000*	4.864(0.161)	4.660(0.102)	.000*	-2.436	.022+
Sprint Velocity, (m/s)								
0-10 m	4.822(0.148)	4.974(0.146)	.000*	4.799(0.232)	5.016(0.122)	.000*	-0.85	.402
0-20 m	5.684(0.124)	5.836(0.118)	.000*	5.666(0.207)	5.983(0.122)	.000*	3.335	.002+
0-30 m	6.176(0.181)	6.302(0.171)	.000*	6.174(0.201)	6.440(0.141)	.000*	2.408	.023+

Note; Group 1 = Constant angle squat training (90°); (n = 15); Group 2 = Squat training with different angles (90°, 110°, 130°).

* = p < .05 within group, + = p < .05 between group

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาที่ 1

จากผลการวิจัยพบว่า เวลาในการวิ่ง 30 เมตร เจ็อนไซที่ 2 กับ เจ็อนไซที่ 3 ดีกว่าเจ็อนไซที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจ็อนไซที่ 3 ดีกว่า เจ็อนไซที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 30 เมตร เจ็อนไซที่ 2 กับ เจ็อนไซที่ 3 ดีกว่าเจ็อนไซที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจ็อนไซที่ 3 ดีกว่า เจ็อนไซที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลวิจัยดังกล่าวสามารถอธิบายได้โดยกลไกของ Post-Activation Potentiation (PAP) ซึ่งเป็นภาวะที่กล้ามเนื้อมีความสามารถในการผลิตแรงเพิ่มขึ้นชั่วคราวภายหลังการหดเกร็งแบบมีแรงต้านสูงในช่วงสั้น โดยเฉพาะในกล้ามเนื้อชนิดเร็ว (fast-twitch fibers) ที่มีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ความเร็วและพลังกำลัง เช่น การวิ่งระยะสั้น (Dobbs et al., 2019) และการฝึกในลักษณะของสควอท (Squat) ที่มุม 90 องศา มีคุณสมบัติที่กระตุ้นแรงดันในเส้นใยกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเพิ่มการเกณฑ์ใช้ของ motor units ได้ดี ส่งผลให้เกิดการตอบสนองของกล้ามเนื้อที่รวดเร็วและรุนแรงมากขึ้นเมื่อเริ่มเคลื่อนไหว (Seitz & Haff, 2016) ยิ่งไปกว่านั้น การฝึกในเจ็อนไซที่ 3 ซึ่งใช้หลายมุมข้อเข่า ยังช่วยให้การออกแรงของกล้ามเนื้อ ครอบคลุมช่วงการเคลื่อนไหวที่กว้างขึ้น และส่งเสริมการทำงานร่วมกันของกลุ่มกล้ามเนื้อหลัก เช่น กล้ามเนื้อควอดริเซ็ปส์ (Quadriceps femoris) แฮมสตริงส์ (Hamstrings) กลูเตียสแมกซิมัส (Gluteus maximus) และกล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius และ Soleus) โดยเฉพาะในช่วง initial propulsion ซึ่งเป็นจังหวะสำคัญของการออกตัวในกีฬารunningระยะสั้น การอภิปรายผลในเชิงท่าทางการวิ่งในเชิงชีวกลศาสตร์ ช่วงระยะ 30 เมตรแรกของการวิ่งถือเป็น ระยะของการเร่งความเร็ว (acceleration phase) ซึ่งมีลักษณะเฉพาะคือ ลำตัวเอนมาด้านหน้า, งอข้อสะโพกและข้อเข่าในองศาที่ชัน, และผลิตแรงในแนวราบ (horizontal force production) ได้อย่างรวดเร็ว (Nagahara et al., 2018) การฝึกในเจ็อนไซที่ 3 มีลักษณะของมุมการหดเกร็งกล้ามเนื้อที่สอดคล้องกับท่าทางจริงของการออกตัว จึงช่วยให้การตอบสนองของร่างกายในการเร่งความเร็วช่วงต้นมีประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Clark et al. 2017) ยังชี้ว่า ท่าทางการวิ่งที่มีลักษณะโน้มตัวมาข้างหน้า และการยกเข่าอย่างรวดเร็ว มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของพลังงานกล โดยเฉพาะในช่วงเริ่มต้นของการเร่งความเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการฝึกในเจ็อนไซที่ 3 ที่เน้นการพัฒนาความแข็งแรงเฉพาะมุมข้อเข่าสรุปผลการวิจัยสนับสนุนว่า การฝึกที่เน้นการใช้แรงจากมุมข้อเข่าที่แตกต่างกัน

(multi-angle squat training) มีศักยภาพในการพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็วระยะสั้นได้ดีกว่าการฝึกแบบทั่วไปหรือฝึกที่มุมคงที่เพียงมุมเดียว ซึ่งเป็นผลจากทั้งกลไกของ PAP และความเหมาะสมของมุมฝึกกับ ท่าทางจริงของการวิ่งในกีฬา โดยเฉพาะช่วงการเร่งความเร็ว

การศึกษาที่ 2

จากผลการวิจัยพบว่า หลังการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าที่แตกต่างกัน มีค่ามีเวลาในวิ่ง 20 เมตร และ 30 เมตร รวมทั้งมีค่าความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 20 เมตร และความเร็วจากจุดเริ่มต้นถึงจุด 30 เมตร ดีกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าที่คงที่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปได้ว่า “การฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าแตกต่างกันมีผลทำให้ความสามารถในการเร่งความเร็วดีกว่าการฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าคงที่” เป็นไปตามสมมุติฐาน ซึ่งผู้วิจัยเลือกมาใช้ท่าฝึกในท่าสควอท ซึ่งเป็นท่าที่ใช้ฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อที่จำเป็นในการพัฒนาการเร่งความเร็วของนักวิ่งระยะสั้น และในงานวิจัยของ (Marchetti et al.(2016) ได้เปรียบเทียบท่าสควอทด้วยมุมของเข่าที่แตกต่างกัน ประกอบไปด้วยมุม 20 องศา 90 องศา และ 140 องศา ผลวิจัยพบว่าท่าสควอทด้วยมุม 90 องศาทำให้เกิดการทำงานของกล้ามเนื้อ (Muscle activation) มากสุด สอดคล้องกับการวิจัยของ ชินินทรชัย อินทราภรณ์ (Intiraporn, 2001) ที่พบว่าการฝึกเชิงซ้อนและการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนักมีผลทำให้ความแข็งแรงแบบไอโซโทนิคของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นด้วย และประกอบกับประสิทธิภาพของการฝึกสควอทด้วยมุมของเข่าที่หลากหลาย ซึ่งสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อในช่วงมุมการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน ส่งเสริมให้เกิดการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular adaptation) ที่ดีขึ้น ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพด้านอัตราเร่งในช่วงต้นของการวิ่งระยะสั้นอย่างชัดเจน (Kumagai et al., 2000) และจากมุมมองทางชีวกลศาสตร์ การฝึกในมุมเข่าที่ต่างกันส่งผลให้กล้ามเนื้อสำคัญในการเคลื่อนไหว เช่น กล้ามเนื้อควอดริเซ็ปส์ (Quadriceps femoris) แฮมสตริงส์ (Hamstrings) กลูเตียสแมกซิมัส (Gluteus maximus) และกล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius และ Soleus) ทำงานในช่วงความยาวกล้ามเนื้อที่หลากหลาย ซึ่งช่วยพัฒนาความแข็งแรงและความยืดหยุ่นได้อย่างครอบคลุม (Bryanton et al., 2012) และการฝึกที่เลียนแบบลักษณะของการเคลื่อนไหวจริง เช่น การใช้ท่าสควอทในมุมต่าง ๆ ยังสอดคล้องกับหลักการฝึกเฉพาะเจาะจง (Specificity Principle) ซึ่งสนับสนุนการพัฒนาศักยภาพของนักวิ่งได้ดีกว่าการฝึกแบบคงที่ (Suchomel et al., 2016) นอกจากนี้ การเปลี่ยนมุมของการฝึกยังช่วยลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บที่เกิดจากการใช้งานซ้ำในมุมเดิม เนื่องจากสามารถกระจายแรงกดและแรงดึงระหว่างข้อต่อและกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยเสริมสร้างความมั่นคงของข้อและสมรรถภาพในการควบคุมการเคลื่อนไหวโดยรวมและกลไกที่รองรับผลลัพธ์นี้อาจเกี่ยวข้องกับการที่กล้ามเนื้อการหดตัวในช่วงความยาวที่แตกต่างกัน (length-tension relationship) ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มแรงขับเคลื่อน ลดเวลาในการสัมผัสพื้น และส่งผลให้ความเร็วในการวิ่งระยะ 10, 20 และ 30 เมตรดีขึ้นอย่างชัดเจน การฝึกความแข็งแรงจะทำให้เกิดการปรับตัวทางด้านระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular System) โดยมีการเพิ่มอัตราการทำงานของหน่วยยนต์ (Motor units) และการระดมหน่วยยนต์ (Recruitment) เพิ่มมากขึ้น ตลอดจนพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย ซึ่งจะนำไปสู่อัตราการผลิตแรงที่เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการฝึกสควอทด้วยมุมของเข่าที่หลากหลายจึงเหมาะสมสำหรับนักกีฬาวิ่งระยะสั้นเยาวชนที่ต้องการพัฒนาความสามารถด้านอัตราเร่งในช่วงต้นของการแข่งขัน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยกลุ่มที่ฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าที่แตกต่างกันสามารถพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็วในนักวิ่ง ได้ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกด้วยมุมของเข่าคงที่ จึงควรนำการฝึกท่าสควอทด้วยมุมของเข่าแตกต่างกันไปใช้ในการฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถในการเร่งความเร็ว ในชนิดกีฬาที่ต้องเคลื่อนที่กับพื้นและใช้ความเร็ว เช่น รักบี้ฟุตบอล ฟุตบอล บาสเกตบอล เป็นต้น ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเปรียบเทียบความหนักที่ต่างกันในการฝึกท่าสควอท โดยใช้

แบบฝึกท่าสควอตด้วยมุมของเข่าที่แตกต่างกัน และควรมีการศึกษากลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาประเภทอื่นเพื่อจะได้ศึกษาข้อแตกต่างและนำไปพัฒนาแบบฝึก และควรมีการศึกษาตัวแปรเพิ่มเติม เช่น พลังสูงสุด และความแข็งแรงกล้ามเนื้อขาเพื่อไปพัฒนาความแข็งแรงของนักกีฬาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Bryanton, M. A., Kennedy, M. D., Carey, J. P., & Chiu, L. Z. (2012). Effect of squat depth and barbell load on relative muscular effort in squatting. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2820-2828.
- Clark, K. P., Ryan, L. J., & Weyand, P. G. (2017). A general relationship links gait mechanics and running ground reaction forces. *Journal of Experimental Biology*, 220(2), 247-258. *Journal of Experimental Biology*, 220(2), 247-258.
- Dobbs, W. C., Toluoso, D. V., Fedewa, M. V., & Esco, M. R. (2019). Effect of Postactivation Potentiation on Explosive Vertical Jump: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 33(7), 2009-2018.
- Intiraporn, C. (2001). The comparison of the effects of combined plyometric training and weight training, plyometric training with weight and complex training on legs muscular power development. Doctoral dissertation. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Garcia-Ramos, A., Cuadrado-Peñafiel, V., Brugherelli, M., & Morin, J. B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6, e5937.
- Kubo, K., Ikebukuro, T., & Yata, H. (2019). Effects of squat training with different depths on lower limb muscle volumes. *European journal of applied physiology*, 119(9), 1933-1942.
- Kumagai, K., Abe, T., Brechue, W. F., Ryushi, T., Takano, S., & Mizuno, M. (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *Journal of applied physiology*, 88(3), 811-816.
- Marchetti, P. H., Jarbas da Silva, J., Jon Schoenfeld, B., Nardi, P. S. M., Pecoraro, S. L., D'Andréa Greve, J. M., & Hartigan, E. (2016). Muscle activation differs between three different knee joint-angle positions during a maximal isometric back squat exercise. *Journal of Sports Medicine*, 2016(1), 3846123.
- Morin, J. B., Edouard, P. A. S. C. A. L., & Samozino, P. I. E. R. R. E. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 43(9), 1680-1688.
- Nagahara, R., Mizutani, M., Matsuo, A., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2018). Association of sprint performance with ground reaction forces during acceleration and maximal speed phases in a single sprint. *Journal of applied biomechanics*, 34(2), 104-110.
- Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports medicine*, 44(12), 1693-1702.
- Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. *Sports medicine*, 46(2), 231-240.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine*, 46(10), 1419-1449.