

ผลของการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักด้วยมุม 30 และ 60 องศา ที่มีต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลหญิง

ณัฐนิชา ทองพัฒน์วงศ์ และนางนภัส เจริญพานิช
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Received: 27 November 2563 / Revised: 23 February 2564 / Accepted: 5 November 2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้ง และความเร็วในการวิ่งขณะวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุม 30 และ 60 องศา ในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลหญิง

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลสังกัด ชมรมรักบี้ฟุตบอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง มีอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 15 คน ได้รับการทดสอบวิ่งลากถ่วงน้ำหนักด้วยการขึ้นแบบเท้าหน้าเท้าตาม โดยเริ่มจากการวิ่งโดยไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก จากนั้นทำการสุ่มลำดับการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่ความหนัก 30% ของน้ำหนักร่างกายที่มุมเส้นเชือก 30 และ 60 องศา ในระยะทาง 5 เมตร โดยทำการวิ่งทั้ง 3 รูปแบบๆ ละ 3 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 5 นาที วัดความเร็วในการวิ่งระยะ 5 เมตร แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งของขาข้างที่ 3 และอัตราส่วนระหว่างขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะเคลื่อนไหว กับขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดเมื่อกำลังเนื้อ

ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยแบบทดสอบ Tukey กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย พบว่าค่าเฉลี่ยความเร็วในการวิ่งขณะวิ่งโดยไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก และการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักทั้งที่มุมเส้นเชือก 30 และ 60 องศา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตามการวิ่งลากถ่วงที่มุม 60 องศา มีแนวโน้มว่ามีแรงปฏิกิริยาจากพื้นต่ำกว่า ขณะที่คลื่นไฟฟ้าสูงกว่าการวิ่งลากถ่วงที่มุม 30 องศา และไม่มีน้ำหนักถ่วงแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้ง และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อระหว่างการวิ่งทั้ง 3 รูปแบบ

สรุปผลการวิจัย การฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา มีความเหมาะสมในการพัฒนากล้ามเนื้อที่ใช้ในการวิ่งออกตัวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอลหญิง เนื่องจากมีคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมากที่สุด และแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งน้อยที่สุด

คำสำคัญ : วิ่งลากถ่วงน้ำหนัก / คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ / แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้ง/ มุมเส้นเชือก / รักบี้ฟุตบอล

EFFECTS OF ROPE ANGLES IN WEIGHTED SLED RUNNING ON ELECTROMYOGRAPHY AND GROUND REACTION FORCE IN FEMALE RUGBY PLAYERS

Natnicha Thongphattanawong and Nongnapas Charoenpanich

Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

Received: 27 November 2020 / Revised: 23 February 2021 / Accepted: 5 November 2021

Abstract

Purpose: This research aimed to determine and compare electromyography (EMG), vertical ground reaction force (VGRF) and velocity over 5 meters during a weighted sled running with rope angle was at 30 and 60 degrees.

Methods: Fifteen female rugby players, aged between 18-25 years, were recruited from Chulalongkorn University. All subjects began with an unloading sprint over 5 meters with a 2-standing point start. Then, subjects were crossover-randomized assigned to either a weighted sled running (30% of the body weight) at 30 or 60 degrees. Each subject was asked to repeat each set of weighted sprints 3 times with a 5-minute rest between sprints. Dependent variables were the average velocity (5 m.), VGRF at the 3rd stance, and EMG activity (% Maximum voluntary isotometric contraction, MVIC). Data were analyzed with one-way repeated ANOVA, followed by Turkey post

hoc test. The level of significance was set at $p\text{-value} \leq 0.05$

Results: The results showed that there significant difference in the average velocity during 5-m sprint among an unloaded sprint and a weight sled with 30 and 60 degree. However, there was a trend, although no statistical different, for higher EMG activity and lower vertical ground reaction force in a weight sled with 60 degree compared with 30 degree and unloaded.

Conclusion: The present findings indicated that the weighted sled running with a rope angle at 60 degree in female rugby players appears to be effective at the stimulation of muscles studied, with low vertical ground reaction force during a short sprint.

Keywords: Weighted sled running / Electromyography / Vertical ground reaction force / Rope angle / Rugby football

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รักบี้ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีการเคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent sport) มีการเคลื่อนที่หลายรูปแบบ (Tempo changes) และหลายทิศทาง (Multi-directional running) (Wellman et al., 2016) ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนที่สูง (High-intensity sprinting) สลับกับความเร็วในการเคลื่อนที่ต่ำ (Low-intensity running) (Biscombe and Tand Drewett., 2010) ดังนั้นความสามารถในการวิ่งเร็ว (Sprinting) จัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการเล่นภาคสนาม (field sports) (Cronin and Hansen, 2005) การพัฒนาการวิ่งเร็วสำหรับนักกีฬาต้องคำนึงถึงองค์ประกอบสำคัญที่เป็นตัวกำหนดความเร็วของการวิ่ง ได้แก่ ปฏิบัติการในการตอบสนอง ความสามารถในการเริ่มต้นออกวิ่ง การเร่งอัตราความเร็วจนกระทั่งถึงความเร็วสูงสุด ความยาวของช่วงก้าวในการวิ่ง ความถี่หรืออัตราความเร็วในการก้าวเท้าและการทำงานของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Krabuanrat, 1995) ซึ่งปัจจัยที่กล่าวมาต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อไอลิปโซไอโซแอส (Iliopsoas) กล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus) กล้ามเนื้อ ควอดริเซพส์ ฟีมอริส (Quadriceps femoris) กล้ามเนื้อแฮมสทริงส์ (Hamstrings) กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) กล้ามเนื้ออีเรกเตอร์ สไปเน่ (Erector spinae) กล้ามเนื้อแกสทรอกนีเมียส มีเดียลิส (Gastrocnemius medialis) เป็นพื้นฐานหลัก (Milanese et al., 2014; Dorn et al., 2012) ดังนั้น ถ้านักกีฬาสามารถพัฒนาปัจจัยเหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จะสามารถเพิ่มความเร็วในการวิ่งได้ตั้งแต่ช่วงแรกก็จะสามารถ

เพิ่มสมรรถภาพในการเล่นกีฬารักบี้ฟุตบอลได้ดียิ่งขึ้น

งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีความพยายามในการพัฒนารูปแบบการฝึกที่ใช้ในการเพิ่มความเร็วในช่วงต้นของการวิ่งของกีฬาประเภทต่างๆ ได้แก่ การวิ่งลากถ่วงน้ำหนัก (Weighted sled) การฝึกแบบไพลโอเมตริก และวิธีอื่น ๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตามเป็นที่ยอมรับว่าการฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนัก เป็นวิธีการฝึกที่สามารถใช้ในการพัฒนาความเร็วและความเร่งของการวิ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการกระตุ้นระบบประสาทและการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้ามเนื้อขา ให้สามารถหดตัวได้เร็วมากขึ้น เป็นการฝึกที่สามารถเพิ่มพลังและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยการเพิ่มแรงขับ (Propulsive forces) ขณะวิ่ง จึงสามารถเพิ่มความเร็วในการวิ่งได้มากขึ้น (Alcaraz et al., 2008; Cronin et al., 2008; Lockie et al., 2003; Kawamori et al., 2014; Spinks et al., 2007; West et al., 2013) หลักการฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักเป็นการฝึกวิ่งที่ใช้มวล (Mass) หรือแรงเฉื่อย (Inertia) ของการลากโดยมีแรงเสียดทาน (Friction) ระหว่างเครื่องเลื่อน (Sled) และพื้นผิวดิน (Ground surface) เป็นการฝึกวิ่งเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจากความต้านทานภายนอก เพื่อพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาในการเร่งความเร็วโดยการเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อขา อีกทั้งยังส่งผลต่อความยาวช่วงก้าว ความถี่ช่วงก้าว ช่วงเวลาของการสัมผัสพื้นและลักษณะการ

เคลื่อนที่ของข้อต่อขณะเร่งความเร็วของนักกีฬา ในช่วงระยะเริ่มต้นจนถึงระยะ 30 เมตรได้ (West et al., 2013) นอกจากนั้นการฝึกวิ่งลากถ่วงยังมีแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่น้อยกว่าการฝึกวิ่งด้านข้างยึด (Partner band) และเป็นรูปแบบฝึกที่เหมาะสมกับการพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็วได้ดีกว่าการลากร่มชูชีพ (Towing a parachute) หรือการฝึกวิ่งด้วยการใส่เสื้อกั๊ก (Alcaraz et al., 2008) โดยความหนักที่เหมาะสมต่อการฝึกด้วยการวิ่งลากถ่วงจะอยู่ที่ประมาณ 5 - 30 % ของน้ำหนักตัวของนักกีฬา (Bachero-Mena et al., 2014; Kawamori et al., 2014; Harrison and Bourke, 2009)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าการฝึกลากถ่วงน้ำหนักเป็นวิธีการฝึกที่น่าสนใจในการพัฒนาความสามารถในการเพิ่มความเร็วในการวิ่ง โดยเฉพาะช่วงต้นของนักกีฬารักบี้ได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักเป็นการวิ่งที่น้ำหนักซึ่งผูกด้วยเชือกและนำมาผูกยึดบริเวณเอวของผู้ฝึก ดังนั้นน้ำหนักที่ใช้ในการถ่วงอาจส่งผลให้มีการเพิ่มของน้ำหนักที่ผ่านตามข้อต่อลงมาขณะฝึกซ้อมซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บของข้อต่อต่างๆ ที่ใช้ในการรับน้ำหนัก ได้แก่ ข้อเข่า หรือข้อเท้าจากการฝึกซ้อมได้ (Paulson et al., 2011; Kratky and Muller, 2016) เมื่อพิจารณารูปแบบการฝึกโดยการลากถ่วง พบว่ามัมเส้นเชือกที่ใช้ในการผูกน้ำหนักน่าจะเป็นปัจจัยหลักในการปรับเปลี่ยนแนวแรงจากน้ำหนักที่ลากถ่วงมายังร่างกาย ดังนั้น แม้ว่าการฝึกด้วยการวิ่งลากถ่วงจะสามารถเพิ่ม

สมรรถภาพในการเพิ่มความเร็วในการวิ่งจากจุดหยุดนิ่งได้ดี มัมเส้นเชือกที่ใช้ผูกน้ำหนักขณะลากจึงน่าจะเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อแรงต้านของการฝึกหรือแรงเสียดทานของน้ำหนักและพื้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาถึงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการฝึกลากถ่วงน้ำหนัก ว่าการผูกน้ำหนักบริเวณเอวที่มัมเส้นเชือกเท่าใดจึงจะเหมาะสมที่สุดต่อการฝึกลากถ่วง ซึ่งหมายถึงกล้ามเนื้อกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการฝึกฝนได้ทำงานอย่างเต็มที่ ในขณะที่เกิดแรงส่งผ่านข้อต่อน้อยที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้ง และความเร็ว เมื่อวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มัมองศาของเชือก 30 และ 60 องศา จากแนวนานกับพื้น

สมมติฐานของการวิจัย

มัมของเชือกที่ 30 องศา น่าจะส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อสูงสุด ในขณะที่มีแรงปฏิกิริยาจากพื้นต่ำสุด ในขณะที่วิ่งลากถ่วงน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับมัมของเชือกที่ 60 องศา

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือนักกีฬารักบี้ฟุตบอลสังกัด ชมรมรักบี้ฟุตบอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง มีอายุระหว่าง 18-25 ปี การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง จากสูตรวิเคราะห์

อำนาจการทดสอบสถิติที่ศึกษาของโคเฮน (Cohen, 1988) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่น เท่ากับ 95% ($\alpha = .05$) อำนาจในการทดสอบ (Power of test) ที่ระดับ .80 และกำหนดขนาดอิทธิพล (Effect size) ที่ระดับ .80 (Alcaraz, 2008) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 13 คน และเพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างจึงได้เพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 15 คน กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ ในการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักทั้ง 2 มุม ประกอบด้วยมุม 30 และ 60 องศา และวิ่งแบบไม่มีลากถ่วงน้ำหนัก (Control)

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลสังกัด ชมรม รักบี้ฟุตบอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุระหว่าง 18-25 ปี ที่เคยผ่านการฝึกวิ่งด้วยแรงต้านทาน
2. เคยเข้าร่วมการแข่งขันรักบี้ฟุตบอลระดับสมาคม ชมรม มหาวิทยาลัย หรือระดับสูงกว่าที่มีการจัดการแข่งขันอย่างเป็นทางการอย่างน้อย 1 ครั้ง และมีประสบการณ์ในการเล่นกีฬารักบี้ 1 ปีขึ้นไป
3. มีความถนัดในการออกตัววิ่งในท่าการเริ่มต้นการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วที่ยืน 2 จุด (2-point stance)
4. มีสุขภาพดีปราศจากโรค และไม่มีปัญหาด้านการบาดเจ็บถึงระดับรบกวนการทดลองในงานวิจัยนี้ ได้แก่ การบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อบริเวณข้อเข่าหรือข้อเท้า
5. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ และยินดียินยอมในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย
2. มีเหตุให้กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ครบตามรูปแบบที่กำหนด
3. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วยกระทันหัน เป็นต้น

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ผ่านเกณฑ์คัดเลือกเข้าและยินดีเข้าร่วมวิจัยเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย และกรอกข้อมูลพื้นฐานในแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้น
2. ผู้วิจัยทำการอธิบายชี้แจงต่าง ๆ เกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัย และขั้นตอนการปฏิบัติอย่างละเอียดก่อนการทดลองจริง แก่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้รับทราบและเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินการทดลอง และคู่มือวิดีโอลักษณะการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักดังกล่าว
3. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกายด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition analyzer) รุ่น ioi 353 หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยสวมใส่อุปกรณ์วัดชีพจรให้พร้อมสำหรับการเก็บข้อมูล ความยาวจากตำแหน่ง Anterior Superior Iliac Spine (ASIS) ถึงพื้น เพื่อนำไปคำนวณหาความยาวเส้นเชือกที่ใช้ในการลากถ่วงน้ำหนักของแต่ละมุมมอง (เช่น ดิเมตร)
4. ผู้ช่วยวิจัยหาความหนักที่ใช้ถ่วง โดยใช้ความหนักที่ 30% ของน้ำหนักร่างกายของผู้เข้าร่วมวิจัย
5. ทำการสุ่มลำดับการทดลองโดยการใช้ Crossover-randomized order ในการจัดลำดับของมุมมองของเส้นเชือกระหว่าง 30 และ 60 องศา
6. ผู้ช่วยวิจัยนำยึดเหยียดกล้ามเนื้อ และอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 10 นาที ให้กับผู้เข้าร่วมวิจัย

หลังจากนั้น ให้พัก 5 นาที และผู้วิจัยทำการเชื่อมต่อการทำงานของเครื่องมือทั้ง 3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ทำให้สามารถใช้งานพร้อมกันได้ (Synchronize) ได้แก่ เครื่อง อีเอ็มจี โคเมต้า (Cometa) รุ่น เวฟพลัส อีเอ็มจี แบบไร้สาย (Wave Plus Wireless EMG) แผ่นวัดแรงสะท้อน Force plate bertec ขนาด 90 X 90 ซม. จำนวน 2 แผ่น และกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวสามมิติหือ โอคุส ควอลิซิส (Oqus Qualisys)

7. ผู้วิจัยทำความสะอาดผิวหนังโดยใช้สาลิซุบแอลกอฮอล์เช็ด และติดตัวรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electrode) บนตำแหน่ง Motor point ของกลุ่มกล้ามเนื้อเป้าหมาย ด้วยเครื่องอีเอ็มจี โคเมต้า (EMG cometa) รุ่น เวฟพลัส อีเอ็มจี แบบไร้สาย (Wave Plus Wireless EMG) จำนวน 11 มัด ได้แก่ กล้ามเนื้ออีเรกเตอร์ สไปเน่ (Erector spinae) กล้ามเนื้อเรกตัส แอบโดมินิส (Rectus abdominis) กล้ามเนื้อไอลิโอโซแอส (Iliopsoas) กล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus) กล้ามเนื้อแอสตัส แลทเทอราลิส (Vastus lateralis) กล้ามเนื้อแอสตัส มีเดียลิส (Vastus medialis) กล้ามเนื้อเรกตัส ฟีมอริส (Rectus femoris) กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ ฟีมอริส (Biceps femoris) กล้ามเนื้อเซมิเท็นดิโนซัส (Semitendinosus) กล้ามเนื้อแกสโตรอกนีเมียส (Gastrocnemius) กล้ามเนื้อทิวเบียลิส แอนทีเรีย (Tibialis anterior) ข้างที่ถนัด และวัด Maximum voluntary contraction (MVC) ของกล้ามเนื้อเหล่านี้

8. ผู้วิจัยหาค่าสูงสุดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ขณะกล้ามเนื้อออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อแต่ละมัด (Maximal voluntary isometric contraction; MVIC) ให้กับผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 11 มัด จากตำแหน่ง Motor point ของกล้ามเนื้อ (ABC of EMG, 2006) โดยใช้เวลา 5 วินาที ระหว่างการทดสอบแต่ละกล้ามเนื้อพัก 1 นาที และพักเป็นเวลา 5 นาที เพื่อเตรียมพร้อมขั้นตอนต่อไป

9. ผู้วิจัยติดมาร์คเกอร์ที่ตำแหน่ง Anterior Superior Iliac Spine (ASIS) ซึ่งจะอยู่ตรงบริเวณด้านข้างเชือกผูกบริเวณรอบเอวของผู้เข้าร่วมงานวิจัย จากนั้นเริ่มทำการทดสอบความเร็วเริ่มจากการวิ่งแบบไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก ในช่วงยืนก่อนออกตัว (Starting phases) ด้วยท่าเริ่มต้นยืน 2 จุดแบบเท้าหน้าเท้าตาม (Two-point stance) และให้เริ่มวิ่งออกตัววิ่งเต็มไปจนสุดระยะทางของทางวิ่ง รวมระยะทางวิ่ง 5 เมตร โดยกำหนดให้วิ่งผ่านแผ่นวัดแรงสะท้อน Force plate bertec ขนาด 90 X 90 ซม. จำนวน 2 แผ่น โดยให้ขาแต่ละข้างเหยียบแผ่นวัดแรงสะท้อนข้างละ 1 แผ่น พร้อมกับจับความเร็วในการวิ่ง 5 เมตร โดยบันทึกจากกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว โอคุส ควอลิซิส (Oqus Qualisys) หลังจากนั้น ให้พัก 5 นาที

10. ผู้วิจัยผูกเชือกและติดตั้งตัวลากถ่วงกับบริเวณเอวของผู้เข้าร่วมงานวิจัย โดยให้เชือกทำมุม 30 หรือ 60 องศา ตามลำดับจากการจับสลาก โดยใช้ความยาวของเส้นเชือกจากการคำนวณสูตรที่ใช้ความสูงจากพื้นถึงระดับตำแหน่ง ASIS ของผู้เข้าร่วมวิจัย เมื่อได้ความยาวของเส้นเชือกจะทำการวัดมุมเชือกจากจุดเชือกที่ผูกกับเคลื่อนลากถ่วงน้ำหนักทำมุมกับพื้นด้วยเครื่องโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในมุมที่ทำการทดสอบจะใช้มุมแรกที่ทำการวัดเสมอ คือ มีการวางตำแหน่งของเครื่องลากถ่วงน้ำหนักและจุดที่เท้าวางตรงกับการทดสอบรอบแรกของการทดสอบทั้ง 3 รูปแบบ และผู้ร่วมวิจัยอยู่ในท่ายืนตามที่กำหนด

11. ทดสอบการวิ่งลากถ่วงโดยมีขั้นตอนการทดสอบเหมือนการทดสอบความเร็วในการวิ่งโดยไม่ลากถ่วงน้ำหนัก โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่ 30% ของน้ำหนักตัว กำหนดตำแหน่งเท้าของผู้เข้าร่วมวิจัยและจุดของเครื่องลากถ่วงน้ำหนักของแต่ละองศาต้องวางอยู่ตรงจุดตำแหน่งเดียวกับจุดเริ่มต้นรอบแรกของการทดสอบ รวมทั้งมีผู้ช่วยวิจัยทำการจับเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยกับเครื่องลากถ่วง

น้ำหนักเคลื่อนที่ก่อนสัญญาณเริ่มทดสอบแจ้งเตือน ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยทำการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุม 30 องศา และ 60 องศา รูปแบบละ 3 รอบ พักระหว่างรอบ และระหว่างรูปแบบการทดสอบเป็นเวลา 5 นาที

13. ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการผ่อนคลายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เป็นเวลา 10 นาที

15. ผู้วิจัยบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) เพื่อนำมาหาค่าอัตราส่วนระหว่างขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดขณะเคลื่อนไหวกับขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดเมื่อกำลังยืน หดตัวแบบความยาวคงที่ (EMG Maximum intensity/MVIC) อัตราการพัฒนาความเข้มของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Rate of EMG Development, RED (mv/sec)) เวลาที่เริ่มจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ระดับฐานไปยังระดับที่ความเข้มสูงสุด (Time to peak intensity, msec) และบันทึกแรงปฏิกิริยาจากพื้น (GRF) โดยนำค่าของ Vertical ground reaction force (VGRF, N) ของแผ่นวัดแรงสะท้อนแผ่นที่ 1 และ 2 อีกทั้ง บันทึกความเร็วในการวิ่ง 5 เมตร (m/s) จากจุดออกตัวถึงจุดที่ 5 เมตร โดยเลือกรอบที่มีความเร็วในการวิ่งสูงสุด จำนวน 1 ครั้ง เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งภาพและข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะถูกเก็บทั้งหมดหลังเสร็จสิ้นกระบวนการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลเป็นโค้งปกติ โดยใช้การทดสอบของโคโมโกรอฟ-สมิรโนฟ (Kolmogorov-smirnov Test)

3. ทดสอบความแตกต่างของความเร็วคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งขณะทดลองด้วยการวิ่งลากถ่วงน้ำหนัก (30% ของน้ำหนักตัว) ที่มุมเส้นเชือกที่ 30 และ 60 ความหนัก โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way ANOVA with repeated measure) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้แบบทดสอบ Tukey

ผลการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 15 คน มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 21.80 ± 1.57 ปี ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 163.63 ± 6.42 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 58.12 ± 9.11 กิโลกรัม ดัชนีมวลกายเฉลี่ยเท่ากับ 21.64 ± 2.45 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ความหนักที่ 30% ของน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 17.00 ± 2.00 กิโลกรัม ความยาวจากจุด ASIS ถึงพื้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 ± 0.05 เซนติเมตร ความยาวเส้นเชือกที่ใช้ในการลากถ่วงน้ำหนักที่มุม 30 องศา เฉลี่ยเท่ากับ 2.29 ± 0.03 เซนติเมตร ความยาวเส้นเชือกที่ใช้ในการลากถ่วงน้ำหนักที่มุม 60 องศา เฉลี่ยเท่ากับ 1.10 ± 0.05 เซนติเมตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 15 คน

ข้อมูลพื้นฐาน (N = 15)	$\bar{x}$	SD
อายุ (ปี)	21.80	1.57
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	163.63	6.42
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	58.12	9.11
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	21.64	2.45
ความหนักที่ 30% ของน้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	17.00	2.00
ความยาวจากจุด ASIS ถึงพื้น ขณะยืนตรง (เมตร)	0.95	0.05
ความยาวเส้นเชือกที่ใช้ในการลากถ่วงน้ำหนัก (เมตร)		
มุม 30 องศา	2.29	0.03
มุม 60 องศา	1.10	0.05

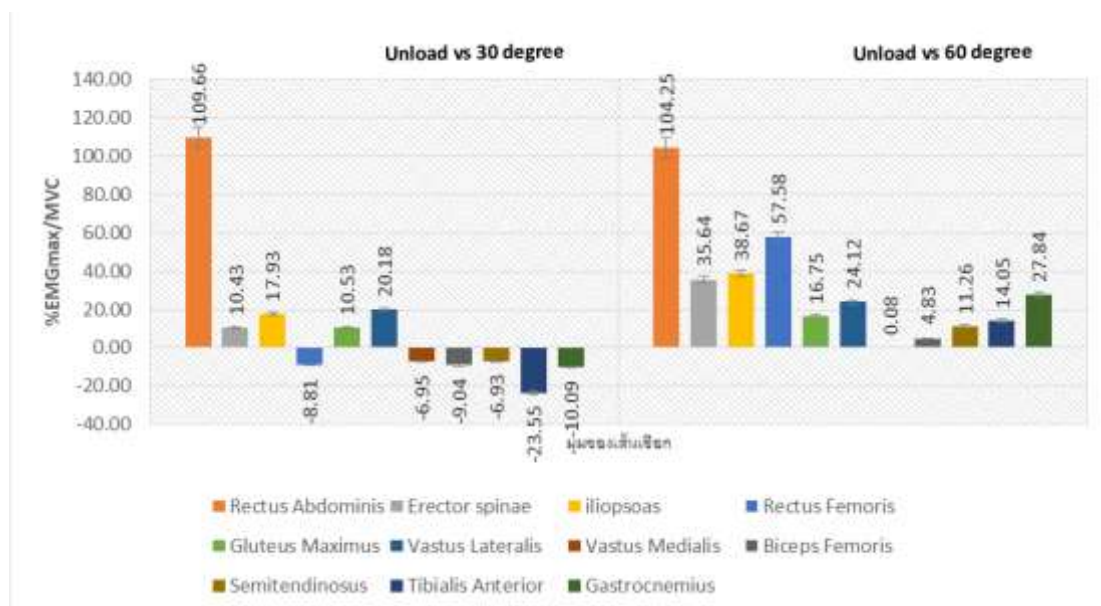
ตารางที่ 2 แสดงผลอัตราส่วนระหว่างขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะเคลื่อนไหว กับขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดเมื่อกำลังหดตัวแบบความยาวคงที่ (EMG activity/MVC) ในการวิ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนักและวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุม 30 องศา และ 60 องศา

Muscles	EMG activity/MVIC		Unload		30 degree		60 degree	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
1. Rectus abdominis	1.165	1.395	2.262	3.105	2.208	3.067		
2. Erector spinae	0.794	0.352	0.899	0.351	1.151	0.881		
3. Iliopsoas	1.032	0.945	1.211	0.864	1.418	1.124		
4. Rectus femoris	1.243	0.959	1.155	0.408	1.819	1.585		
5. Gluteus maximus	1.751	1.159	1.856	1.522	1.918	1.764		
6. Vastus lateralis	1.829	0.650	2.031	0.764	2.070	0.876		
7. Vastus medialis	1.972	1.385	1.903	1.038	1.973	0.958		
8. Biceps femoris	1.608	0.910	1.517	0.984	1.656	0.890		
9. Semitendinosus	1.492	0.964	1.423	1.090	1.605	1.021		

จากตารางที่ 2 พบว่า อัตราส่วนระหว่างความเข้มของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดขณะเคลื่อนไหว ต่อความเข้มของกล้ามเนื้อสูงสุดเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวคงที่ ในการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักทั้ง 2 มุม มีค่าเพิ่มขึ้นตามมุมเส้นเชือกของเครื่องลากถ่วงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (30 และ 60 องศา) เมื่อเปรียบเทียบกับกริ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก แม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ได้แก่ กล้ามเนื้อ Rectus Abdominis, Erector spinae, iliopsoas, Vastus Lateralis เมื่อเปรียบเทียบการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา กับกริ่งแบบไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก พบว่ามีค่าอัตราส่วนระหว่างขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดขณะเคลื่อนไหว ต่อขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวคงที่น้อยกว่ากริ่งแบบไม่มี

เครื่องลากถ่วงน้ำหนัก ได้แก่ กล้ามเนื้อ Rectus Femoris, Gluteus Maximus, Vastus Medialis, Biceps Femoris, Semitendinosus, Tibialis Anterior, Gastrocnemius และพบว่าอัตราส่วนระหว่างขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดขณะเคลื่อนไหวต่อขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวคงที่ ทุกมัดกล้ามเนื้อ ในการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมของเส้นเชือก 60 องศา มีค่ามากกว่าการวิ่งแบบไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก และมียค่ามากกว่าการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา ตารางที่ 2 แสดงผลอัตราส่วนระหว่างขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะเคลื่อนไหว กับขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวคงที่ (EMG activity/MVC) ในการวิ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนักและวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุม 30 องศา และ 60 องศา

รูปที่ 1 แสดงความแตกต่างของ (% EMG max/MVC) ของการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา และ 60 องศาเมื่อเปรียบเทียบกับกริ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก



จากแผนภูมิที่ 1 แสดงค่าความแตกต่างระหว่างผลร้อยละของอัตราส่วนระหว่างขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะเคลื่อนไหว ต่อขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวคงที่ (%MVC) เมื่อเปรียบเทียบการวิ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนักกับวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุม 30 องศา และ 60 องศา พบว่า การวิ่งลากถ่วงที่มุมเส้นเชือก 60 องศา มี การทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นทุกมัดกล้ามเนื้อทั้ง 11 มัด โดยกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดจะเป็นกล้ามเนื้อส่วนลำตัว ได้แก่ กล้ามเนื้อ Rectus abdominis กล้ามเนื้อบริเวณสะโพกมีค่าคลื่นไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ได้แก่ กล้ามเนื้อ iliopsoas กล้ามเนื้อบริเวณต้นขา มีขนาดคลื่นไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ได้แก่ กล้ามเนื้อ Rectus femoris และ กล้ามเนื้อบริเวณปลายขา มีขนาดคลื่นไฟฟ้า เพิ่มขึ้นมากที่สุด ได้แก่ กล้ามเนื้อ Gastrocnemius ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อสำคัญต่อการวิ่งในช่วงแรกของการออกตัว

แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าความแตกต่างของผลร้อยละของอัตราส่วนระหว่างขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะเคลื่อนไหวกับขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวคงที่ (%MVIC) เมื่อเปรียบเทียบการวิ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก กับวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุม 30 องศา และ 60 องศา

ตารางที่ 3 แสดงผลแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวดิ่ง (นิวตัน) ขณะวิ่งที่ไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก และการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา และ 60 องศา

Vertical ground reaction force (VGRF, N)	$\bar{x}$	SD
Unload	1391.286	229.618
30 degree	1245.227	147.287
60 degree	1315.907	247.861

จากตารางที่ 3 พบว่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้ง (VGRF) ของการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งระหว่างการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา กับ 60 องศา พบว่า มีค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วในการวิ่งระยะ 5 เมตร ขณะวิ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก และวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 และ 60 องศา พบว่า ความเร็วมีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความเร็วในการวิ่งระหว่างการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา กับ 60 องศา พบว่า มีความเร็วแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งและความเร็ว เมื่อวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมองศาของเชือก 30 และ 60 องศา จากการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดขณะเคลื่อนไหว ของกล้ามเนื้อ 11 มัด ในการวิ่งแบบไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก และการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักทั้ง 2 มุม พบว่า การทำงานของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ซึ่งทำหน้าที่ถีบปลายเท้า มีค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้าสูงสุด และการเร่งมีค่าอัตราส่วนคลื่นไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มขึ้นตามองศาที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งยังมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Rectus Abdominis, Erector spinae, iliopsoas, Gluteus maximus, Quadriceps, Hamstrings ซึ่งมีความสำคัญ

ตารางที่ 4 แสดงผลความเร็วในการวิ่ง 5 เมตร (เมตร/วินาที) ของการวิ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก และวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 และ 60 องศา

Velocity (m/sec)	$\bar{x}$	SD
Unload	6.222	0.544
30 degree	5.197	0.496 *
60 degree	5.105	0.399\$

* แตกต่างกัน ระหว่าง Unload และ 30° ที่ระดับ 0.05

\$ แตกต่างกัน ระหว่าง Unload และ 60° ที่ระดับ 0.05

ในการออกแรงในช่วงการเริ่มออกตัววิ่ง ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ โค และคณะ (Coh et al., 2009) ที่พบว่าเมื่อการวิ่งลากถ่วง น้ำหนักที่มีมุมของเส้นเชือกมากขึ้น จะส่งผลให้น้ำหนักบริเวณทางด้านหลังของร่างกายมากขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการแรงต้านจากการถ่วงน้ำหนัก ดังนี้

$$F \cos \theta - f = ma$$

$$F \cos \theta - \mu(mg - F \sin \theta) = ma$$

กล่าวคือเมื่อมุม เส้นเชือกที่ผูกกับเครื่องลากถ่วงน้ำหนักมีมุมมากขึ้นจะส่งผลให้ $F \cos \theta$ มีค่าลดลง เนื่องจากมีการสูญเสียแรงส่วนหนึ่งไปกับการยกน้ำหนักให้ลอยสูงขึ้น ซึ่งแสดงได้จากการเพิ่มขึ้นของค่า $F \sin \theta$ และเมื่อพิจารณาจากสมการดังกล่าว พบว่ามุมเส้นเชือก 30 องศา ควรจะกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อที่น้อยกว่าที่มุมเชือก 60 องศา ซึ่งจากแผนภูมิที่ 1 พบว่ากล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการลากถ่วงน้ำหนัก ดังเช่น กล้ามเนื้อ Rectus Abdominis, Erector spinae, iliopsoas, Gluteus maximus, Rectus femoris, Vastus Lateralis และ Gastrocnemius มีแนวโน้มในการทำงานตามทฤษฎีและสมมติฐานที่ตั้งไว้

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการวิ่งลากถ่วงแบบไม่มีน้ำหนัก และการวิ่งแบบมีน้ำหนักถ่วงที่มุมเส้นเชือกทั้ง 2 มุม พบว่าแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อทั้ง 11 มัด แต่มีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็วของนักกีฬาตั้งแต่เริ่มออกตัวโดยเฉพาะเท้าก้าวที่ 1 – 3 จึงอาจกล่าวได้ว่า ในขาข้างที่ทำการ

ทดลองจังหวะงอสะโพกและยกเข่าขึ้นก่อนที่จะทำการก้าวขาทางเท้าจะต้องอาศัยพลังกล้ามเนื้อบริเวณสะโพก (Hip muscles) ได้แก่ กล้ามเนื้อ iliopsoas ทำหน้าที่ในการงอสะโพกและยกต้นขา (Hip flexion) ซึ่งมีการทำงานมากขึ้นเมื่อฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา และ 30 องศา ตามลำดับ โดยทำงานร่วมกับกล้ามเนื้อลำตัวส่วนด้านหน้า ได้แก่ กล้ามเนื้อ Rectus Abdominis ที่ช่วยในการกดกระดูกซี่โครง และทำให้กระดูกเชิงกรานอยู่นิ่ง และยังช่วยในการก้มตัว (Seeley, 1992) โดยมีการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเมื่อลากถ่วงน้ำหนักสูงกว่าเมื่อไม่มีน้ำหนักลากถ่วง ขณะวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มีเส้นเชือกผูกบริเวณเอว และมีความหนักของเครื่องลากถ่วงน้ำหนักที่ 30% ของน้ำหนักร่างกาย จึงทำให้กล้ามเนื้อทั้งสองทำงานมากขึ้นตามมุมมองของเส้นเชือกที่มากขึ้น เพื่อให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้าด้วยความเร็ว ซึ่งมีการทำงานตรงกันข้ามกับกล้ามเนื้อลำตัวส่วนด้านหลัง ได้แก่ กล้ามเนื้อ Erector spinae (Iliocostalis lumborum) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ช่วยเหยียดตรงของกระดูกสันหลังระดับเอว โดยผลจากการฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักอาจส่งผลให้กล้ามเนื้อ Erector spinae ถูกกระตุ้นทำให้ค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดมีค่ามากขึ้นเมื่อวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา และ 30 องศา ตามลำดับ

ในขณะที่กล้ามเนื้อเหยียดสะโพกที่ทำงานตรงกันข้ามกับกล้ามเนื้อ iliopsoas ขณะวิ่งลากถ่วงน้ำหนัก ได้แก่ กล้ามเนื้อ Gluteus Maximus ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อหลักในการเหยียดสะโพกทำหน้าที่ในการส่งแรงในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ไป

ข้างหน้าทำงานร่วมกับกล้ามเนื้อ Hamstrings ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการติด EMG ที่กล้ามเนื้อ Biceps femoris และกล้ามเนื้อ Semitendinosus ที่จะช่วยในการเร่งข้อสะโพกและงอเข่า (flex knee) เมื่อเท้าวางสัมผัสพื้นกล้ามเนื้อจะทำงานออกแรงเต็มที่ในจังหวะเข่างอ เพื่อออกแรงส่งให้ร่างกายเคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยพบว่า กล้ามเนื้อ Biceps femoris มีค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดที่มากกว่ากล้ามเนื้อ Semitendinosus และกล้ามเนื้อ Biceps femoris ที่เป็นกล้ามเนื้อทำหน้าที่งอ ขาและออกแรงมากกว่า เนื่องมาจากการสะท้อนของแรงปฏิกิริยาจากพื้นสะท้อนเข้ามาทางด้านนอกข้อเข่า (lateral of knee) มากกว่าทางด้านในข้อเข่า (medial of knee) ที่จะสะท้อนจากกระดูกหน้าแข้งด้านในขึ้นมาไปยังด้านนอกของกระดูกต้นขา (lateral of femur) ส่งผลให้ กล้ามเนื้อ Biceps femoris ถูกกระตุ้นมากขึ้น และมีการทำงานมากขึ้นเมื่อฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา และ 30 องศา ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการศึกษาของดอร์น (Dorn et al., 2012) ที่ได้ศึกษาวิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อบริเวณสะโพกและบริเวณข้อเท้า ขณะวิ่ง ด้วยแบบจำลอง EMG พบว่ากล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายที่ใช้งานขณะวิ่งช่วงเร่งความเร็ว คือ iliopsoas, Gluteus Maximus, Hamstrings นอกจากนี้ กลุ่มกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ที่มีกล้ามเนื้อ Vastus lateralis เป็นกล้ามเนื้อที่ใหญ่ที่สุด ช่วยในการเหยียดเข่าและเป็นกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการวิ่งมีค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดขณะวิ่งลากถ่วงน้ำหนักมากที่สุดในกลุ่มของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า และมีค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดมากที่สุด

เมื่อวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้น 60 องศา และ 30 องศา ตามลำดับ จากแผนภูมิที่ 2 อาจกล่าวได้ว่าการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือกที่ เหมาะสมต่อการพัฒนาอัตราส่วนของขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดขณะเคลื่อนไหวต่อขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวคงที่ คือ การฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา เนื่องจากเป็นรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อในมุมที่ใกล้เคียงกับรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะวิ่งที่ไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก แต่กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นให้ทำงานได้มากกว่า

ในส่วนของผลของความเร็วในการฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่เป็นการใช้แรงต้านทานการเคลื่อนไหวที่อาศัยน้ำหนักที่ถ่วงด้านหลัง เมื่อระยะทางในการวิ่งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้แรงต้านขณะวิ่งเพิ่มมากขึ้น และแรงต้านจะค่อยๆ ลดลงเมื่อนักกีฬาสามารถเอาชนะแรงต้านทานนั้นได้ โดยอาศัยความสามารถของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ออกแรงอย่างรวดเร็วในการผลิตกำลังสูงสุดของการเคลื่อนไหวแนวราบ และแนวตั้งในช่วงเวลาสั้นๆ ส่งผลให้ความเร็วการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา มีความเร็วที่น้อยกว่าการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา และการวิ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนักมีความเร็วของการวิ่งมากที่สุด ซึ่งผลกระทบของการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักกับแรงภายนอก (External loads) มีผลโดยตรงต่อเวลาในการวิ่งที่ระยะจากจุดเริ่มต้น และความสามารถพัฒนาการเร่งความเร็ว (Sprint acceleration ability) (Cottle et al, 2014) นอกจากนี้การวิจัยนี้ยังไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติของแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวดิ่งระหว่างการวิ่งทั้ง 3 รูปแบบ โดยการวิ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนักมีค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวดิ่งมากกว่าการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา และ 60 องศา อาจเนื่องมาจากร่างกายของนักกีฬาไม่มีน้ำหนักที่ถ่วงร่างกาย และไม่มีน้ำหนักดึงลงในทิศทางด้านหลังตามแนวเส้นเชือกทำให้ช่วงจังหวะที่เท้ากำลังลอยจากพื้น (Take-off) ออกแรงเต็มที่ในลักษณะแรงระเบิด (Explosive power) จังหวะที่เท้าทั้งสองลอยอยู่ในอากาศ (Flight) มีระยะทางที่สูงกว่าการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่เส้นเชือกทั้ง 2 มุม เมื่อถึงจังหวะที่เท้าตกถึงพื้น (Landing) จึงเกิดแรงปฏิกิริยาสะท้อนกลับมากกว่า ซึ่งจากงานวิจัยยังพบว่า มุมเส้นเชือก 60 องศา ส่งผลให้มีแรงสะท้อนจากพื้นน้อยกว่ามุมเส้นเชือก 30 องศา โดยผลลัพธ์ของค่า $F \cos \theta$ ของแนวแกน x บริเวณที่เท้าสัมผัสพื้น และผลลัพธ์ $F \sin \theta$ ของแนวแกน x บริเวณเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก อีกทั้งอาจเนื่องมาจากการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา มีความเร่งในการเคลื่อนที่น้อยกว่าการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา และการวิ่งแบบไม่มีเครื่องวิ่งลากถ่วงน้ำหนัก จึงส่งผลค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวดิ่งน้อยที่สุด ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา มีผลต่อการต้านแรงที่มีการกระตุ้นการเคลื่อนไหวไปในทิศทางด้านหน้า ส่งผลให้ความเร็วของการวิ่งลดลงและแรงปฏิกิริยาจากพื้นน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามในการเร่งความเร็วนักกีฬาคงจะต้องออกแรงกระทำไปที่พื้นเป็นมุมที่น้อยกว่า 90 องศา ซึ่งเป็นแรงปฏิกิริยา (Action force) และจะมีแรงปฏิกิริยาจากพื้น

(Ground reaction force) ซึ่งยังมีมากก็จะเป็นผลดีต่อการเร่งความเร็ว

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวดิ่งและความเร็ว เมื่อวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมองศาของเชือก 30 และ 60 องศา จากการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดขณะเคลื่อนไหว ของกล้ามเนื้อ 11 มัด ในการวิ่งแบบไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก และการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักทั้ง 2 มุม พบว่า การทำงานของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ซึ่งทำหน้าที่ถีบปลายเท้า มีค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้าสูงสุด และการเร่งมีค่าอัตราส่วนคลื่นไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มขึ้นตามองศาที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งยังมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Rectus Abdominis, Erector spinae, iliopsoas, Gluteus maximus, Quadriceps, Hamstrings ซึ่งมีความสำคัญในการออกแรงในช่วงการเริ่มออกตัววิ่ง ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ โค และคณะ (Coh et al., 2009) ที่พบว่าเมื่อการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มีมุมของเส้นเชือกมากขึ้น จะส่งผลให้มีน้ำหนักบริเวณทางด้านหลังของร่างกายมากขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการแรงต้านจากการถ่วงน้ำหนัก ดังนี้

$$F \cos \theta - f = ma$$

$$F \cos \theta - \mu(mg - F \sin \theta) = ma$$

กล่าวคือเมื่อมุม เส้นเชือกที่ผูกกับเครื่องลากถ่วงน้ำหนักมีมุมมากขึ้นจะส่งผลให้ $F \cos \theta$ มีค่าลดลง เนื่องจากการสูญเสียแรงส่วนหนึ่งไปกับการยกน้ำหนักให้ลอยสูงขึ้น ซึ่งแสดงได้จากการ

เพิ่มขึ้นของค่า $F_{\sin\theta}$ และเมื่อพิจารณาจากสมการดังกล่าว พบว่ามุมเส้นเชือก 30 องศา จะกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อที่น้อยกว่าที่มุมเชือก 60 องศา ซึ่งจากแผนภูมิที่ 1 พบว่ากล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการลากถ่วงน้ำหนัก ดังเช่น กล้ามเนื้อ Rectus Abdominis, Erector spinae, iliopsoas, Gluteus maximus, Rectus femoris, Vastus Lateralis และ Gastrocnemius มีแนวโน้มในการทำงานตามทฤษฎีและสมมติฐานที่ตั้งไว้

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการวิ่งลากถ่วงแบบไม่มีน้ำหนัก และการวิ่งแบบมีน้ำหนักถ่วงที่มุมเส้นเชือกทั้ง 2 มุม พบว่าแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อทั้ง 11 มัด แต่มีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็วของนักกีฬาตั้งแต่เริ่มออกตัวโดยเฉพาะเท้าก้าวที่ 1 – 3 จึงอาจกล่าวได้ว่า ในขาข้างที่ทำการทดลองจังหวะงอสะโพกและยกเข่าขึ้นก่อนที่จะทำการก้าวขาข้างเท้าจะต้องอาศัยพลังกล้ามเนื้อบริเวณสะโพก (Hip muscles) ได้แก่ กล้ามเนื้อ iliopsoas ทำหน้าที่ในการงอสะโพกและยกต้นขา (Hip flexion) ซึ่งมีการทำงานมากขึ้นเมื่อฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา และ 30 องศา ตามลำดับ โดยทำงานร่วมกับกล้ามเนื้อลำตัวส่วนด้านหน้า ได้แก่ กล้ามเนื้อ Rectus Abdominis ที่ช่วยในการกดกระดูกซี่โครง และทำให้กระดูกเชิงกรานอยู่นิ่ง และยังช่วยในการก้มตัว (Seeley, 1992) โดยมีการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเมื่อลากถ่วงน้ำหนักสูงกว่าเมื่อไม่มีน้ำหนักลากถ่วง ขณะวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มีเส้นเชือกผูกบริเวณเอว และมีความ

หนักของเครื่องลากถ่วงน้ำหนักที่ 30% ของน้ำหนักร่างกาย จึงทำให้กล้ามเนื้อทั้งสองทำงานมากขึ้นตามมุมมองของเส้นเชือกที่มากขึ้น เพื่อให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้าด้วยความเร็ว ซึ่งมีการทำงานตรงกันข้ามกับกล้ามเนื้อลำตัวส่วนด้านหลัง ได้แก่ กล้ามเนื้อ Erector spinae (Iliocostalis lumborum) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ช่วยเหยียดตรงของกระดูกสันหลังระดับเอว โดยผลจากการฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักอาจส่งผลให้กล้ามเนื้อ Erector spinae ถูกกระตุ้นทำให้ค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดมีค่ามากขึ้นเมื่อวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา และ 30 องศา ตามลำดับ

ในขณะที่กล้ามเนื้อเหยียดสะโพกที่ทำงานตรงกันข้ามกับกล้ามเนื้อ iliopsoas ขณะวิ่งลากถ่วงน้ำหนัก ได้แก่ กล้ามเนื้อ Gluteus Maximus ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อหลักในการเหยียดสะโพกทำหน้าที่ในการส่งแรงในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าทำงานร่วมกับกล้ามเนื้อ Hamstrings ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการติด EMG ที่กล้ามเนื้อ Biceps femoris และกล้ามเนื้อ Semitendinosus ที่จะช่วยในการเร่งข้อสะโพกและงอเข่า (flex knee) เมื่อเท้าวางสัมผัสพื้นกล้ามเนื้อจะทำงานออกแรงเต็มที่ในจังหวะเข่างอ เพื่อออกแรงส่งให้ร่างกายเคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยพบว่า กล้ามเนื้อ Biceps femoris มีค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดที่มากกว่ากล้ามเนื้อ Semitendinosus และกล้ามเนื้อ Biceps femoris ที่เป็นกล้ามเนื้อทำหน้าที่งอ ข่าและออกแรงมากกว่า เนื่องมาจากการสะท้อนของแรงปฏิกิริยาจากพื้นสะท้อนเข้ามาทางด้านนอกข้อเข่า (lateral of knee) มากกว่าทางด้านในข้อเข่า (medial

of knee) ที่จะสะท้อนจากกระดูกหน้าแข้งด้านใน ขึ้นมาไปยังด้านนอกของกระดูกต้นขา (lateral of femur) ส่งผลให้ กล้ามเนื้อ Biceps femoris ถูก กระตุ้นมากขึ้น และมีการทำงานมากขึ้นเมื่อฝึกวิ่ง ลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา และ 30 องศา ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ดอร์น (Dorn et al., 2012) ที่ได้ศึกษาวิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อบริเวณสะโพกและบริเวณข้อเท้า ขณะวิ่ง ด้วยแบบจำลอง EMG พบว่ากล้ามเนื้อ ส่วนล่างของร่างกายที่ใช้งานขณะวิ่งช่วงเร่งความเร็ว คือ iliopsoas, Gluteus Maximus, Hamstrings นอกจากนี้ กลุ่มกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ที่มีกล้ามเนื้อ Vastus lateralis เป็นกล้ามเนื้อที่ใหญ่ที่สุด ช่วยในการเหยียดเข่าและเป็นกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการวิ่งมีค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดขณะวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มากที่สุด ในกลุ่มของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า และมีค่าอัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดมากที่สุด เมื่อวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้น 60 องศา และ 30 องศา ตามลำดับ จากแผนภูมิที่ 2 อาจกล่าวได้ว่าการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือกที่เหมาะสมต่อการพัฒนาอัตราส่วนของขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดขณะเคลื่อนไหวต่อขนาดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวคงที่ คือ การฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา เนื่องจากเป็นรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อในมุมนั้นใกล้เคียงกับรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะที่วิ่งที่ไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก แต่กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นให้ทำงานได้มากกว่า

ในส่วนของผลของความเร็วในการฝึกวิ่ง ลากถ่วงน้ำหนักที่เป็นการใช้แรงด้านทานการเคลื่อนไหวที่อาศัยน้ำหนักที่ถ่วงด้านหลัง เมื่อระยะทางในการวิ่งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้แรงต้านขณะวิ่งเพิ่มมากขึ้น และแรงต้านจะค่อยๆ ลดลงเมื่อนักกีฬาสามารถเอาชนะแรงต้านทานนั้นได้ โดยอาศัยความสามารถของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ออกแรงอย่างรวดเร็วในการผลิตกำลังสูงสุดของการเคลื่อนไหวแนวราบ และแนวดิ่งในช่วงเวลาสั้นๆ ส่งผลให้ความเร็วการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา มีความเร็วที่น้อยกว่าการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา และการวิ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนักมีความเร็วของการวิ่งมากที่สุด ซึ่งผลกระทบของการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักกับแรงภายนอก (External loads) มีผลโดยตรงต่อเวลาในการวิ่งที่ระยะจากจุดเริ่มต้น และความสามารถพัฒนาการเร่งความเร็ว (Sprint acceleration ability) (Cottle et al., 2014) นอกจากนี้การวิจัยนี้ยังไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวดิ่งระหว่างการวิ่งทั้ง 3 รูปแบบ โดยการวิ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนักมีค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวดิ่งมากกว่าการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา และ 60 องศา อาจเนื่องมาจากร่างกายของนักกีฬาไม่มีน้ำหนักที่ถ่วงร่างกาย และไม่มีน้ำหนักดึงลงในทิศทางด้านหลังตามแนวเส้นเชือกทำให้ช่วงจังหวะที่เท้ากำลังลอยจากพื้น (Take-off) ออกแรงเต็มที่ในลักษณะแรงระเบิด (Explosive power) จังหวะที่เท้าทั้งสองลอยอยู่ในอากาศ (Flight) มีระยะทางที่สูงกว่าการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่เส้นเชือกทั้ง 2 มุม เมื่อถึงจังหวะที่เท้าตกถึงพื้น (Landing) จึงเกิดแรง

ปฏิกิริยาสะท้อนกลับมากกว่า ซึ่งจากงานวิจัยยังพบว่า มุมเส้นเชือก 60 องศา ส่งผลให้มีความเร่งสะท้อนจากพื้นน้อยกว่ามุมเส้นเชือก 30 องศา โดยผลลัพธ์ของค่า $F\cos\theta$ ของแนวแกน x บริเวณที่เท้าสัมผัสพื้น และผลลัพธ์ $F\sin\theta$ ของแนวแกน x บริเวณเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก อีกทั้งอาจเนื่องมาจากการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา มีความเร่งในการเคลื่อนที่น้อยกว่าการวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 30 องศา และการวิ่งแบบไม่มีเครื่องวิ่งลากถ่วงน้ำหนัก จึงส่งผลค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งน้อยที่สุด ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา มีผลต่อการต้านแรงที่มีการกระตุ้นการเคลื่อนไหวไปในทิศทางด้านหน้า ส่งผลให้ความเร็วของการวิ่งลดลงและแรงปฏิกิริยาจากพื้นน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามในการเร่งความเร็วนักกีฬาก็ควรจะต้องออกแรงกระทำไปที่พื้นเป็นมุมที่น้อยกว่า 90 องศา ซึ่งเป็นแรงปฏิกิริยา (Action force) และจะมีแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force) ซึ่งยังมีมากก็จะเป็นผลต่อการเร่งความเร็ว

สรุปผลการทดลองของงานวิจัย

การฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา มีความเหมาะสมในการพัฒนากล้ามเนื้อที่ใช้ในการวิ่งออกตัวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอลหญิงได้มากที่สุด เนื่องจากรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อใกล้เคียงกับรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะที่วิ่งไม่มีเครื่องลากถ่วงน้ำหนัก แต่มีคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมากกว่า และแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งน้อยที่สุด

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักเป็นการฝึกที่พัฒนาการวิ่งระยะ 0-10 เมตร ซึ่งเมื่อก้าวเท้าออกตัววิ่งแรงเสียดทานของเครื่องลากถ่วงก็จะลดลง ซึ่งผลของการวิจัยที่เก็บข้อมูลในเท้าก้าวที่ 2 และ 3 ถ้าปรับการเก็บข้อมูลโดยเริ่มจากเท้าที่ 1 และ 2 แทนอาจมีผลความแตกต่างของตัวแปร

2. การฝึกวิ่งลากถ่วงน้ำหนักที่มุมเส้นเชือก 60 องศา สามารถใช้พัฒนากล้ามเนื้อที่สำคัญต่อการวิ่งออกตัวได้ดี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนักกีฬารักบี้ฟุตบอลสังกัดชมรมรักบี้ฟุตบอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยหรือมหาวิทยาลัยในกรุงเทพและปริมณฑลทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี งานวิจัยนี้ได้รับทุน 90 ปีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- Alcaraz PE, Palao JM, Elvira JL, Linthorne NP. (2008). Effects of threetypes of resisted sprint training devices on the kinematics of sprinting at maximum velocity. The Journal of Strength & Conditioning Research, 22(3):890-7. doi: 10.1519/JSC.0b013e31816611ea.
- Bachero-Mena, B and Gonzá lez-Badillo, JJ. (2014). Effects of resisted sprint training on acceleration with three different loads accounting for 5, 12.5, and 20% of body mass. The Journal of Strength & Conditioning Research, 28(10), 2954–2960.

- Biscombe, T. and Drewett, P. (2010). Rugby: Steps to success. Leeds: Human Kinetics. Charoen krabuanrat (1995). Technical training speed. (Bangkok: Department of Sports Science). Kasetsart University)
- Coh M.; Peharec S.; Bacic P.; Kampmiller T., (2009). Dynamic factors and electromyoelectromyographic activity in a sprint start. *Biology of Sport*, Vol. 26 No 2
- Cottle C, Carlson LA, Lawrence MA. (2014). Effects of sled towing on sprint starts. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28, 1241-1245.
- Cronin, J., Hansen, K., Kawamori, N., & McNair, P. (2008). Effects of weighted vests and sled towing on sprint kinematics. *Sports Biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports*, 7(2), 160-172. doi:10.1080/14763140701841381.
- Cronin, J.B., and Hansen, K.T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(2), 349–357.
- Dorn TW., Schache AG, Pandy MG. (2012). Muscular strategy shift in human running: dependence of running speed on hip and ankle muscle performance, *Journal of Experimental Biology*, 215, 1944-1956.
- Harrison, AJ, and Bourke, G. (2009). The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 275-283.
- Kawamori, N, Newton, RU, Hori, N, and Nosaka, K. (2014). Effects of weighted sled towing with heavy versus light load on sprint acceleration ability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(10), 2738-2745.
- Kratky, S, Buchecker, M, Pfusterschmied, J, Szekely, C, and Müller, E. (2016). Effects of a body-weight supporting kite on sprint running kinematics in well-trained sprinters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 102–108.
- Lockie, R.G., Murphy A.J. and Spinks C.D. (2003). Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 760–767.
- Milanese C., Bertuccio M., Zancanaro C. (2014). The effects of three different rear knee angles on kinematics in the sprint start. *Biology of Sport*, 31, 209-215.
- Paulson, S and Braun, WA. (2011). The influence of parachute-resisted sprinting on running mechanics in

collegiate track athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research, 25(6), 1680–1685.

Seeley, R.R., T.D. Stephens and P. Taste. (1992). Anatomy & Physiology. 2nd Edition. Missouri : A Mosby imprint of Mosby-Year Book, Inc.

Spinks, C.D., Murphy, A.J., Spinks, W.L. and Lockie, R.G. (2007). The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union, and Australian football players. The Journal of Strength & Conditioning Research, 21(1), 77-85.

Wellman, AD, Coad, SC, Goulet, GC, and McLellan, CP. (2016). Quantification of competitive game demands of NCAA Division I college football players using global positioning systems. The Journal of Strength & Conditioning Research, 30(1),11–19.

West, DJ, Cunningham, DJ, Bracken, RM, Bevan, HR, Crewther, BT, Cook, CJ, and Kilduff, LP. (2013). Effects of resisted sprint training on acceleration in professional rugby union players. The Journal of Strength & Conditioning Research, 27(4), 1014–1018.