

การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน

ปริญญานิพนธ์

ของ

เกริกวิทย์ พงศ์ศรี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

พฤษภาคม 2549

การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน

บทคัดย่อ

ของ

เกริกวิทย์ พงศ์ศรี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

พฤษภาคม 2549

เกริกวิทย์ พงศ์ศรี. (2549). การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน. ปรินญานพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร. สุปราณี ขวัญบุญจันทร์, อ.ธนอมศักดิ์ เสนาคำ.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบรูปแบบของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเตะฟุตบอลด้วยลูกหลังเท้าจากการเคลื่อนที่เข้าหาลูกฟุตบอล 3 มุม และเปรียบเทียบการทำงานของกล้ามเนื้อในการเตะจากมุมเดียวกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลชายทีมมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 12 คน การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Random Sampling) ให้กลุ่มตัวอย่างทำการเตะฟุตบอลด้วยความแรงสูงสุดโดยเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นซึ่งทำมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา กับตำแหน่งของลูกฟุตบอล บันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว โดยแบ่งการเคลื่อนไหวออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ช่วงที่ร่างกายเริ่มเคลื่อนไหวจนกระทั่งเท้าซ้ายสัมผัสพื้น (Presupport Phase) และช่วงที่ 2 ช่วงที่เท้าซ้ายสัมผัสพื้นจนกระทั่งเท้าขวาปะทะกับลูกฟุตบอล (Support Phase) การวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างมุม การเคลื่อนที่ที่ใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว ภายในมุมเดียวกันใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ใช้วิธีของบอนเฟอโรนี โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบระหว่างมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา พบว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของทุก ๆ มัดกล้ามเนื้อทั้ง 2 ช่วงการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกัน ยกเว้น กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ซึ่งในช่วงที่ 2 ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากการเตะที่มุม 90 มีค่าสูงกว่ามุม 45 และมุม 0 องศา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. เปรียบเทียบการทำงานของกล้ามเนื้อในการเตะจากมุมเดียวกัน พบว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของทุก ๆ มัดกล้ามเนื้อทั้ง 2 ช่วงการเคลื่อนไหว แตกต่างกัน โดยในช่วงที่ 1 คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) มีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในช่วงที่ 2 คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus

Lateralis) มีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมมอริส (Biceps Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การเตะฟุตบอลในลักษณะที่มีมุมในการเคลื่อนที่เข้าหาลูกฟุตบอลในมุมสูง ๆ จะเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัวในระหว่างที่เท้าสัมผัสพื้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการฝึกซ้อมความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังเป็นพิเศษ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและเทคนิคในการเตะฟุตบอลให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและป้องกันการบาดเจ็บ

ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF THE SUPPORTED LEG MUSCLES
IN SOCCER KICKS FROM DIFFERENT ANGLES

AN ABSTRACT
BY
KRIRKWIT PHONGSRI

Presented in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Master of Sciences Degree in Sports Science
at Srinakharinwirot University

May 2006

Krirkwit Phongsri. (2006). *Electromyographic Analysis of the Supported Leg Muscles in Soccer Kicks from Different Angles*. Master thesis, M.Sc. (Sports Science).
Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee:
Assoc. Prof. Dr. Supranee Kwanboonchan, Lect. Tanormsak Senakham.

The purpose of this research was to examine and compare electromyographic (EMG) activity patterns of the support leg muscles during an instep soccer kick from three different approaches relative to the ball and within angles. Participants were 12 males' soccer players of Srinakharinwirot University soccer team. Subjects were purposive random sampling selected. Subjects had to performed maximum kick from 0°, 45°, and 90° angle between the player' starting position and the position of the ball. EMG activity of vastus medialis (VM), rectus femoris (RF), vastus lateralis (VL), and biceps femoris (BF) muscles of the support leg were recorded and divided into two phases. The first phase from the start of the movement until ground contact. The second phase from ground contact to ball impact. Data were analyzed by analysis of variance for repeated measure in an one dimensional design for between angles analysis and one way ANOVA for within angles analysis. A Bonferroni post-hoc test was calculated with an alpha level of .05 for all statistic tests. Results indicated as follow:

1. Compare between 0°, 45°, and 90° angle demonstrated EMG of every muscles were not different in both phase. However, in the second phase the BF EMG during and immediately after ground contact was also higher in 45° and 90° compared with 0° ($p < .05$).

2. Compare within 0°, 45°, and 90° angle demonstrated EMG of every muscles were different in both phase. In the first phase the BF and VL EMG were higher than VM and RF muscles. In the second phase the VM and VL EMG were higher than RF and BF muscles in every angles of approach.

In conclusion, the results showed that kicking approach using high angle increased BF activation around ground contact. Therefore, it is necessarily to train for improve muscles strength, skill and injury prevention.

การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน

ปริญญานิพนธ์

ของ

เกริกวิทย์ พงศ์ศรี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

พฤษภาคม 2549

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน

ของ
เกริกวิทย์ พงศ์ศรี

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. 2549

..... ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี ขวัญบุญจันทร์)

..... กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

(อาจารย์ถนอมศักดิ์ เสนาคำ)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มยุรี ศุภวิบูลย์)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สนั่นยา สีละมาด)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย

จาก

กองกิจการนิสิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก
รองศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี ขวัญบุญจันทร์ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์
ถนอมศักดิ์ เสนาคำ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มทั้ง 2 ท่าน ได้แก่ ผู้ช่วย
ศาสตราจารย์ ดร.มยุรี ศุภวิบูลย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สนั่นยา สีละมาด ซึ่งท่านได้เสียสละเวลา
อันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ให้มีความ
ถูกต้องสมบูรณ์และมีคุณค่าทางวิชาการ อีกทั้งทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ในการทำวิจัยและรู้ถึง
คุณค่าของงานวิจัยที่จะช่วยให้การทำงานในด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาเป็นไปอย่างมีคุณค่ามากขึ้น
ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ คอยอบรม สั่งสอน และให้คำแนะนำ
ช่วยเหลือแก่ผู้วิจัย ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรการกีฬา และเป็นแบบฉบับ
ของอาจารย์ที่ทุ่มเทให้กับศิษย์และงานด้านวิชาการอย่างไม่เหน็ดเหนื่อย และขอขอบคุณน้องทัศนะ
ไทรรัตน์ และน้องสุทธิรักษ์ พูลทิพยานนท์ ที่ให้ความร่วมมือเป็นผู้ช่วยในการดำเนินการเก็บรวบรวม
ข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ในที่นี้ ที่มีส่วนทำให้ปริญญ
านิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ท้ายสุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ พี่ น้อง และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ทั้งกำลังใจและ
กำลังใจที่ดีเยี่ยมตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา คุณค่า ประโยชน์ และคุณงามความดีใด ๆ ที่เกิดขึ้น
จากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด

เกริกวิทย์ พงศ์ศรี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	4
ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
สมมุติฐานในการวิจัย.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
การเตะฟุตบอลด้วยลูกหลังเท้า.....	7
สรีรวิทยาของระบบกล้ามเนื้อ.....	12
คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ.....	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
งานวิจัยในต่างประเทศ.....	26
งานวิจัยในประเทศ.....	30
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	34
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	34
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	34
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	36
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	36
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	72
สังเขปความมุ่งหมาย สมมุติฐาน และวิธีการศึกษาค้นคว้า.....	72
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
สรุปผลการวิจัย.....	74
อภิปรายผล.....	77
ข้อเสนอแนะ.....	82
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	82
บรรณานุกรม.....	83
ภาคผนวก.....	87
ภาคผนวก ก การหาค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ	
(Maximum Voluntary Contraction: MVC).....	88
ภาคผนวก ข เวลาที่ใช้ในการเตะแต่ละช่วง ในการเคลื่อนที่	
เพื่อเตะฟุตบอลจากมุมต่าง ๆ	91
ภาคผนวก ค หนังสือแสดงความยินยอม.....	93
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	95

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ของกลุ่มตัวอย่าง.....	42
2	การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว.....	43
3	การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรกตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว.....	44
4	การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว.....	45
5	การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซพส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว.....	46
6	การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว.....	47
7	การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรกตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์	

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
7 (ต่อ)	ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว.....	48
8	การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว.....	49
9	การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว.....	50
10	การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni).....	51
11	การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว.....	56
12	การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา ในช่วงที่ 1 โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni).....	57

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง

หน้า

- 13 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้อรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอล จากมุม 0 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว..... 58
- 14 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้อรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา ในช่วงที่ 2 โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)..... 59
- 15 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้อรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอล จากมุม 45 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว..... 60
- 16 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้อรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา ในช่วงที่ 1 โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)..... 61
- 17 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้อรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอล

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง

หน้า

17 (ต่อ)

จากมุม 45 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว..... 62

18 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขา

ด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส

(Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)

และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้องรับน้ำหนักตัว

ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา ในช่วงที่ 2

โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)..... 63

19 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis)

กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส

(Biceps Femoris) ของขาที่ใช้องรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอล

จากมุม 90 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว..... 64

20 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขา

ด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส

(Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)

และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้องรับน้ำหนักตัว

ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา ในช่วงที่ 1

โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)..... 65

21 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis)

กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส

(Biceps Femoris) ของขาที่ใช้องรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอล

จากมุม 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว..... 66

22 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขา

ด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
22 (ต่อ)	
(Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้อรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni).....	67
23 แสดงเวลาที่ใช้ในการเตะแต่ละช่วง ในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจากมุมต่าง ๆ ...	92

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงเทคนิคการเตะฟุตบอลด้วยลูกหลังเท้า.....	10
2 แสดงมัดกล้ามเนื้อเนื้อที่ทำการศึกษาและตำแหน่งของการติดอิเล็กโทรด.....	25
3 แสดงตำแหน่งของจุดเริ่มต้นในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอล จากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา.....	38
4 แสดงรูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่ เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา.....	52
5 แสดงรูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอล จากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา.....	53
6 แสดงรูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะ ฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา.....	54
7 แสดงรูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอล จากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา.....	55
8 แสดงรูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่ เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา.....	69
9 แสดงรูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่ เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา.....	70

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

- 10 แสดงรูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้อรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่ เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา.....

71

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าฟุตบอลเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมสูงสุด จากบุคคลทั่วไปทุกระดับชั้น ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศที่ทุกมุมโลก ดังจะเห็นได้จากผู้ชมจำนวนมากที่ติดตามการแข่งขันฟุตบอลในรายการต่างๆ ทั้งในการแข่งขันระดับทวีป หรือการแข่งขันระดับโลก สอดคล้องกับ ประโยค สุทธิสง่า (2541: 3) กล่าวว่า กีฬาฟุตบอลมีความสำคัญและยิ่งใหญ่เทียบเท่าหรือมากกว่ากีฬาหลายสิบชนิดมารวมกัน เช่น การแข่งขันฟุตบอลโลก (World Cup) เป็นรายการแข่งขันกีฬาที่ยิ่งใหญ่มาก ผู้คนเข้าร่วมติดตามชมในสนาม ทางทีวี และสื่อต่าง ๆ มากมายทั่วโลก หากเทียบกับกีฬาโอลิมปิกเกมส์ ซึ่งมีกีฬาหลายสิบชนิดรวมอยู่นั้นคือความยิ่งใหญ่พอ ๆ กันหรือจะน้อยกว่าด้วยซ้ำไป กีฬาฟุตบอลมีความสำคัญมาก ดังจะเห็นจากในกีฬาโอลิมปิกเกมส์ เอเชียนเกมส์ ซีเกมส์ ซึ่งมวลมนุษยชาติยอมรับถึงความยิ่งใหญ่ หากได้ศึกษาและติดตามดูจะเห็นว่าการแข่งขันกีฬารายการใหญ่ ๆ ทั้งหมดนั้นจะขาดกีฬาฟุตบอลไม่ได้เลย เพราะกีฬาฟุตบอลมีความสำคัญมากนั่นเอง

ยุคโลกาภิวัตน์ การกีฬาโดยเฉพาะกีฬาฟุตบอลได้วิวัฒนาการอย่างรวดเร็วไปทั่วทุกมุมโลก ในการแข่งขันฟุตบอลระดับอาชีพและนานาชาติ นักกีฬาฟุตบอลได้มีการฝึกซ้อมทั้งในด้านเทคนิค ยุทธวิธี มีการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายและจิตใจ ด้วยวิทยาศาสตร์การกีฬา และวิธีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์เพื่อให้เกิดความเป็นเลิศ ศาสตร์สาขาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธิ์สู่ความเป็นเลิศของกีฬาฟุตบอล พอสรุปได้ดังนี้ สรีรวิทยาการกีฬา ชีวกลศาสตร์การกีฬา จิตวิทยาการกีฬา เทคโนโลยีทางการกีฬา เวชศาสตร์การกีฬา การจัดการทางการกีฬา โภชนาการทางการกีฬา การเป็นผู้ฝึกกีฬา สังคมวิทยาการกีฬา และนันทนาการ เป็นต้น ซึ่งศาสตร์สาขาต่าง ๆ ดังกล่าวได้มีการพัฒนาอย่างกว้างขวางในยุโรป สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และเอเชีย นับเป็นเวลานานมาก โดยมุ่งเน้นพัฒนากีฬาให้มีมาตรฐานสูงสุด และการค้นหาค้นคว้าความรู้ใหม่ที่ทันสมัยเพื่อเสริมความเป็นเลิศในที่สุด (ประโยค สุทธิสง่า. 2541: 205)

โดยธรรมชาติของกีฬาฟุตบอลแล้ว เป็นกีฬาปะทะ มีการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่าง ๆ มากมายและใช้ระยะเวลาในการแข่งขันยาวนานพอสมควร ดังนั้นการสร้างเสริมสมรรถภาพทางกายสำหรับนักกีฬาฟุตบอลจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง (ชาญวิทย์ ผลชีวิน. 2534: 96) ในเกมการแข่งขันมีการใช้ความแข็งแรงของร่างกายในการเข้าปะทะ เปียดแย่งคู่แข่งเพื่อครอบครองบอล อีกทั้งยังมีความต้องการเกี่ยวกับการใช้ความทนทาน ความอ่อนตัว พลัง ความคล่องแคล่วว่องไว ความเร็ว

รวมถึงทักษะ เทคนิค และยุทธวิธีของผู้เล่นแต่ละคนในระดับสูง ตลอดระยะเวลาของการแข่งขัน กล้ามเนื้อในแต่ละส่วนของนักกีฬาฟุตบอลจะมีความทำงาน โดยถูกกระตุ้นให้หดตัวซ้ำ ๆ กันตามรูปแบบต่าง ๆ ของการเคลื่อนไหว เช่น การวิ่ง การเตะ การเลี้ยงบอล การโหม่ง เป็นต้น ดังนั้นการทำงานของกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพ จะทำให้การปฏิบัติทักษะต่าง ๆ ในกีฬาฟุตบอลเกิดประสิทธิผลสูงสุด นอกจากนี้การศึกษาลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอล ยังเป็นประโยชน์ในด้านการอธิบายกลไกที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บในกีฬาฟุตบอล ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นและพบได้บ่อยครั้ง และยังมีอัตราการพบได้สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับกีฬาชนิดอื่น โดยร้อยละ 60-80 จะพบที่บริเวณรยางค์ส่วนล่างของร่างกาย โดยเฉพาะการบาดเจ็บบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring Muscles) เอ็นไขว้ยึดข้อเข่าด้านหน้า (Anterior Cruciate Ligament) เอ็นไขว้ยึดข้อเข่าด้านหลัง (Posterior Cruciate Ligament) รวมถึงเอ็นด้านข้างของข้อเข่า (Medial Collateral Ligament) สาเหตุที่ร้อยละ 60 เกิดขึ้นจากสถานการณ์ในการปะทะกันของผู้เล่น อีกร้อยละ 40 เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ไม่ใช่การปะทะ ซึ่งมักพบได้ในจังหวะการเลี้ยงบอล หรือการเปลี่ยนแปลงทิศทางของการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วทั้งในการวิ่ง การเลี้ยงบอลและการเตะลูกฟุตบอล (Ekstrand, 1997: 150)

จากการศึกษา วิเคราะห์ทางด้านชีวกลศาสตร์การกีฬา พบว่า ทักษะการเคลื่อนไหวที่สำคัญที่สุดในกีฬาฟุตบอล คือ การเตะ ในระหว่างเกมการแข่งขัน ผู้เล่นมักจะมีการเคลื่อนไหวเพื่อเข้าเตะลูกฟุตบอล โดยมีจุดเริ่มต้นที่ทำมุมขนาดต่าง ๆ กับจุดที่ลูกฟุตบอลตั้งอยู่ ยกตัวอย่างเช่น ในการเตะลูกจากมุมธง (Corner Kick) การเตะลูกโทษนอกเขต (Free Kick) การเตะลูกที่จุดโทษ (Penalty Kick) แม้กระทั่งการส่งบอลให้กับเพื่อนร่วมทีมในลักษณะต่าง ๆ หรือการเลี้ยงบอลในลักษณะตัดขวางสนามเพื่อเข้าไปยิงประตู นอกจากนี้ในตำราเกี่ยวกับการฝึกเทคนิคการเตะฟุตบอลเป็นจำนวนไม่น้อย ก็ให้ความสำคัญและมีการแนะนำวิธีการฝึกการเตะฟุตบอลด้วยลูกหลังเท้า (Instep Kick) ในลักษณะของการเคลื่อนไหวที่เพื่อเตะลูกฟุตบอล โดยจุดเริ่มต้นของการเคลื่อนไหวที่จะทำมุมค่อนข้างสูงกับจุดที่ลูกฟุตบอลตั้งอยู่ (Caligiuri; & Herbst, 1997: 122-151) ซึ่งในการเตะฟุตบอลด้วยเทคนิคนี้ อาจจะส่งผลให้ข้อเข่าของขาข้างที่ใช้รองรับน้ำหนักตัวมีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่แตกต่างไป เป็นผลให้กล้ามเนื้อมัดต่าง ๆ ของขาข้างที่ใช้รองรับน้ำหนักตัวมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไปด้วย

ในช่วงเวลาที่ผ่านมา มีงานวิจัยจำนวนน้อยมากที่ทำการศึกษาลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อของขาข้างที่ใช้รองรับน้ำหนักตัวในการเคลื่อนไหวที่การเข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน โดยส่วนมากจะมุ่งเน้นทำการศึกษาเกี่ยวกับกลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขาที่ใช้เหยียดเตะลูกฟุตบอลเท่านั้น ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิด และมีความสนใจที่จะมุ่งศึกษาการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน เพื่อ

ศึกษาลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อต่าง ๆ ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์กับนักกีฬา ผู้ฝึกสอน ทั้งในด้านการเลือกกิจกรรมการฝึกซ้อม การพัฒนาทักษะและเทคนิค เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเตะฟุตบอล

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน
2. เพื่อหาค่าความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน
3. เพื่อหาค่าความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา)

ความสำคัญของการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน
2. ทำให้ทราบถึงความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน
3. ทำให้ทราบถึงความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา)

นอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา)

4. ผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ จะทำให้ทราบถึงลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อบริเวณรอบข้อเข่าของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัวในขณะเตะฟุตบอล เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทักษะ เทคนิค รวมทั้งการเลือกกิจกรรมในการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและป้องกันการบาดเจ็บ ในการเตะฟุตบอล

5. เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชายในระดับอุดมศึกษา จำนวน 25 คน ซึ่งเป็นนักกีฬาฟุตบอลของ تیمมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชายในระดับอุดมศึกษา ซึ่งเป็นนักกีฬาฟุตบอลของ تیمมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 12 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่

- 1.1 การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากจุดเริ่มต้นที่ทำมุมกับลูกฟุตบอล 0 องศา
- 1.2 การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากจุดเริ่มต้นที่ทำมุมกับลูกฟุตบอล 45 องศา
- 1.3 การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากจุดเริ่มต้นที่ทำมุมกับลูกฟุตบอล 90 องศา

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

ส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเตะฟุตบอล

ข้อตกลงเบื้องต้น

ผู้เข้ารับการทดสอบต้องผ่านเงื่อนไขของการคัดเลือกดังนี้

1. เป็นผู้ที่มีการฝึกซ้อมฟุตบอลอย่างต่อเนื่องก่อนการทดสอบเป็นเวลาอย่างน้อย 6

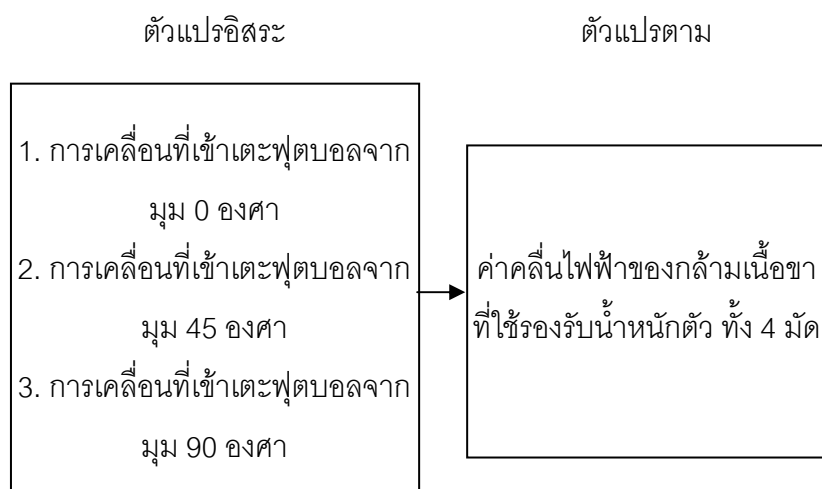
เดือน

2. เป็นผู้ที่มิมีสุขภาพร่างกายและจิตใจ สมบูรณ์ แข็งแรง และไม่มีประวัติการได้รับบาดเจ็บอย่างรุนแรง บริเวณกล้ามเนื้อ ข้อต่ออย่างค้ำส่วนล่างของร่างกาย ที่เป็นอุปสรรคต่อการเตะฟุตบอล ทั้งนี้ต้องผ่านการตรวจสอบทางการแพทย์ภายในระยะเวลา 10 วัน ก่อนเข้ารับการทดสอบ
3. เป็นผู้ที่มีความถนัดและใช้เท้าขวาในการเตะฟุตบอลได้ดีที่สุด
4. เป็นผู้ที่ได้ลงนามในหนังสือแสดงความยินยอม

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG)** หมายถึง สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขณะกล้ามเนื้อหดตัว ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ เนื่องจากการผ่านเข้าออกของอิออนต่าง ๆ ของเซลล์กล้ามเนื้อ (Bloomfield; Fricker; & Fitch. 1992. 442; Nigg; & Herzog. 1994. 336)
2. **การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน** หมายถึง การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากจุดเริ่มต้นที่ทำมุมกับลูกฟุตบอล 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ตามลำดับ
3. **ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า (อิเล็กโทรด)** หมายถึง ขั้วรับสัญญาณแบบผิว (Surface Electrode) โดยใช้อิเล็กโทรดชนิดซิลเวอร์อิเล็กโทรดที่เคลือบด้วยคลอไรด์ (Ag/AgCl) เพื่อรับสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ บนผิวหนังเหนือกล้ามเนื้อที่ต้องการวัด
4. **ขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว** หมายถึง ขาข้างที่เป็นหลักในการรองรับน้ำหนักของร่างกายในขณะเตะลูกฟุตบอล
5. **กล้ามเนื้อขา** หมายถึง กล้ามเนื้อบริเวณรอบต้นขา โดยในการวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษากล้ามเนื้อขาทั้งหมด 4 มัด ซึ่งประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเตะฟุตบอล

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมุติฐานในการวิจัย

1. คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกันมีค่าแตกต่างกัน
2. คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกันมีค่าแตกต่างกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี

1. การเตะฟุตบอลด้วยลูกหลังเท้า (Instep Soccer Kick)
2. สรีรวิทยาของระบบกล้ามเนื้อ
3. คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram)
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเตะฟุตบอลด้วยลูกหลังเท้า (Instep Soccer Kick)

ทักษะในการเตะฟุตบอลมีหลายรูปแบบ การเตะฟุตบอลด้วยลูกหลังเท้า (Instep Soccer Kick) เป็นลักษณะของการเตะรูปแบบหนึ่งซึ่งนักกีฬา มักจะใช้เมื่อต้องการความแรงและระยะทาง เช่น ในจังหวะยิงประตูหรือการส่งลูกระยะไกล เป็นต้น ลักษณะการเคลื่อนไหวในท่าทางการเตะด้วยลูกหลังเท้า สามารถอธิบายในเชิงชีวกลศาสตร์ ดังนี้ (Luhtanen. 2005: Online)

ชีวกลศาสตร์ของการเตะ (Biomechanics of Kicking)

การเคลื่อนไหวในท่าทางการเตะของกีฬาฟุตบอล จะมีลักษณะของการเคลื่อนไหวเป็นลำดับขั้นตอน ในการเคลื่อนไหวชนิดนี้ก่อให้เกิดลำดับคิเนแมติกส์ของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ทำให้เกิดความเร็วเชิงมุมไปสู่เท้า ความยาวของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ในร่างกาย หรือรัศมีของการเคลื่อนไหวในลักษณะของการหมุนมีผลต่อความเร็วเชิงเส้นของเท้า ดังนั้นความสูงของร่างกายและความยาวของอวัยวะที่แตกต่างกัน จะเป็นจุดพิเศษที่เป็นข้อได้เปรียบสำหรับผู้เล่นแต่ละคน เนื่องจากความเร็วเชิงเส้นของการวิ่งเท้าสามารถเพิ่มรัศมีของการเคลื่อนไหวในลักษณะของการหมุนและเพิ่มความเร็วเชิงมุม

แขนมีบทบาทสำคัญในการรักษาความสมดุลของร่างกาย ขณะที่นักกีฬาเตะฟุตบอล แขนจะเหยียดออกไปด้านข้างของร่างกายระหว่างที่ขาข้างที่ใช้เตะเคลื่อนไปข้างหน้า ทั้งนี้เพื่อช่วยยกจุดศูนย์กลางถ่วง (CG) ของร่างกายให้เลยผ่านเท้าข้างที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว เป็นการเพิ่มโมเมนต์ความเฉื่อยของลำตัวและเพิ่มแรงต้านทานการหมุนรอบแกนกระดูกสันหลังของร่างกาย ในขณะที่เท้าปะทะกับลูกบอล แขนข้างที่อยู่ฝั่งตรงข้ามกับขาข้างที่ใช้เตะจะเคลื่อนไปข้างหน้าและยกผ่านลำตัวขึ้นไปเพื่อช่วยให้ลำตัวย่อลงและร่างกายอยู่ในท่าทางที่สมดุล

โมเมนต์ของเท้าและขาข้างที่ใช้เตะลูกบอลจะผลิตมวลของขาและความเร็วของเท้าที่จุดปะทะกับลูกบอล ความเร็วของร่างกายที่เพิ่มขึ้นขณะที่ผู้เล่นกำลังเคลื่อนที่เข้าหาลูกบอล จะแสดงให้เห็นโดยสังเกตได้จากความเร็วของลูกบอลที่จุดปะทะ จากการศึกษากระบวนการทางด้านชีวกลศาสตร์ในการเตะฟุตบอลพบว่า การผลิตความเร็วของลูกบอลสามารถประเมินได้จากการอนุรักษ์โมเมนต์เชิงเส้นในขณะที่เท้าและลูกบอลปะทะกัน ทิศทางของข้อเท้าสามารถเพิ่มความเร็วปลดปล่อยของลูกบอลได้เล็กน้อย โดยอาศัยความยืดหยุ่นในการปะทะ โมเมนต์บางส่วนจะถ่ายโอนไปยังลูกบอล ซึ่งจุดที่ต้องให้ความสำคัญคือพื้นที่ของการปะทะกันระหว่างเท้ากับลูกบอล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความตึงของข้อเท้า

ความแรงของขาข้างที่ใช้เหวี่ยงเตะและความเร็วที่จุดปะทะกันระหว่างเท้ากับลูกบอลนั้น เป็นผลจากแรงของกล้ามเนื้อ และเกี่ยวข้องโดยตรงกับความแข็งแรงของผู้เตะ ส่วนความเร็วปลดปล่อยของลูกบอลจะเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับทอร์กสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่าง

1. การงอของข้อสะโพก
2. การเหยียดของข้อเข่า
3. ความมั่นคงของข้อเท้าของขาข้างที่ใช้เหวี่ยงเตะ

จากรายงานการวิจัยพบว่า มีความสัมพันธ์กันระหว่างผลลัพธ์ของแรงสูงสุดของท่อนขาส่วนบนและท่อนขาสั้นล่าง รวมถึงความเร็วปลดปล่อยของลูกบอล ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วปลดปล่อยของลูกบอลกับอายุของนักฟุตบอลนั้นมีค่อนข้างสูง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักหรือส่วนสูงก็ยังถือว่าต่ำกว่า ดังนั้นการเพิ่มค่าเฉลี่ยมวลของร่างกาย มวลของเท้า จึงเป็นการเพิ่มความเร็วปลดปล่อยของลูกบอลในการเตะโดยอัตโนมัติ ซึ่งผู้เล่นสามารถเพิ่มมวลของเท้าได้โดยการเปลี่ยนแปลงความตึงของกล้ามเนื้อรอบ ๆ ข้อเท้าด้วยการฝึกด้วยน้ำหนัก

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า เมื่อผู้เล่นที่มีทักษะดีทำการเตะฟุตบอลด้วยความแรงสูงสุดสามารถวัดความเร็วของเท้าได้เฉลี่ย 20.1 เมตรต่อวินาที ความเร็วปลดปล่อยของลูกบอลอยู่ที่ 27.4 เมตรต่อวินาที การเตะด้วยความเร็วขนาดนี้ทำให้สามารถประเมินแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดข้อเข่า ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 2,000 นิวตัน (200 กิโลกรัม) นอกจากนี้นักฟุตบอลที่มีทักษะการเล่นในระดับสูง จะทำให้ความเร็วของลูกบอลสูงขึ้นอีก โดยการเพิ่มความเร็วเชิงมุมสูงสุดของท่อนขาส่วนบนและท่อนขาสั้นล่าง ส่วนความแม่นยำของการเตะขึ้นอยู่กับพื้นที่ในการปะทะของเท้ากับลูกบอล ความแม่นยำของการเตะจะสูงมากเมื่อความเร็วของลูกบอลอยู่ที่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุด นอกจากนี้หลักการทางกลศาสตร์ยังทำให้นักเตะสามารถเพิ่มความเร็วของเท้าและลูกบอลสูงขึ้นอีกเป็นพิเศษ โดยใช้การเคลื่อนไหวในลักษณะของการหมุนของขาข้างที่ใช้รองรับน้ำหนักร่างกาย กระบวนการทางด้านชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวในทิศทาง

ตรงกันข้าม ความสมดุล การใช้ความยืดหยุ่นของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ข้อสะโพกและเหยียดข้อเข่า รวมถึงการปรับอัตราความเร็วที่ถูกต้อง

ทักษะที่สำคัญในกีฬาฟุตบอลคือ ความสามารถในการเตะลูกบอลด้วยความแรงสูงสุดและมีความแม่นยำ การเตะด้วยลูกหลังเท้า (Instep Kick) คือ การเตะที่มักจะใช้เพื่อความแรงและระยะทางไกล เช่น ในจังหวะยิงประตูหรือการส่งลูกระยะไกล แรงในการเตะลูกระยะไกลเกิดขึ้นจากการวิ่งเข้าไปเตะลูกบอลจากจุดที่ตั้งอยู่ และการเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งประกอบด้วย การหมุนของข้อสะโพกและลำตัว การงอของข้อสะโพก การเหยียดของข้อเข่า และการเหยียดของข้อเท้าเพื่อการปะทะกับลูกบอล การเตะในลักษณะที่มีการวิ่งเข้าไปเตะลูกบอลจากจุดที่ตั้งอยู่ จะทำให้ได้ระยะทางและความแรงมากกว่าการเตะในลักษณะการยืนเตะ ซึ่งเกิดจากการเพิ่มโมเมนตัมของผู้เตะที่จุดปะทะกับลูกบอล ถ้าผู้เล่นเคลื่อนไหวในแนวระนาบขนานกับพื้นด้วยความเร็ว 4 เมตรต่อวินาทีไปยังจุดปะทะกับลูกบอล ความเร็วขนาดนี้จะทำให้ความเร็วเชิงมุมที่ข้อสะโพกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ความเร็วบางส่วนจะลดลงในช่วงของการวางตำแหน่งของเท้าข้างที่ใช้รองรับน้ำหนักร่างกาย ในขณะเดียวกัน จุดศูนย์กลาง (CG) ของร่างกายจะเคลื่อนช้าลง เพื่อให้มีช่วงเวลาสำหรับการเหวี่ยงขาเตะลูกระยะไกล

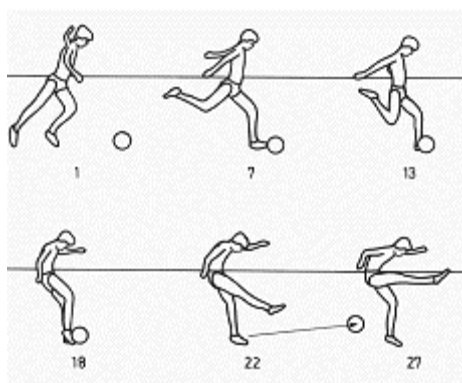
เท้าข้างที่ใช้รองรับน้ำหนักร่างกายยังคงวางอยู่อย่างมั่นคงในขณะที่เท้าข้างที่ใช้เตะปะทะกับลูกบอล ก่อนหน้านั้นเท้าข้างที่ใช้เตะจะอยู่ทางด้านหลังของร่างกาย ข้อสะโพกจะเหยียดออกและข้อเข่าจะงออย่างเต็มที่ ลำตัวจะหมุนก่อนไปทางด้านหลังและเอียงไปทางด้านเดียวกับขาข้างที่ใช้เหวี่ยงเตะ การเพิ่มความยาวของการเหวี่ยงขาไปทางด้านหลังบวกกับแรงของการหมุนลำตัวช่วยเสริมประสิทธิภาพในการเตะ ขณะเดียวกันแขนจะเหยียดออกไปทางด้านข้างของร่างกายเพื่อช่วยเหลือในเรื่องการรักษาสมดุล

ความเร็วเชิงเส้นของข้อเข่าจะพุ่งขึ้นสูงสุดในช่วงระหว่าง 40-70 มิลลิวินาที ภายหลังจากที่ความเร็วของข้อสะโพกได้เพิ่มขึ้นก่อนหน้านั้นแล้ว การเคลื่อนไหวเชิงมุมของท่อนขาส่วนบนจะหยุดลงเมื่อข้อเข่าอยู่ในตำแหน่งที่เลยผ่านลูกบอลไปแล้วโดยประมาณ ที่บริเวณจุดปะทะกับลูกบอลท่อนขาส่วนบนแทบจะไม่เคลื่อนไหว ในขณะที่ขาและเท้ามีความเร็วพุ่งขึ้นสูงสุดและมีความเร่งเป็นศูนย์ ส่วนการที่ท่อนขาส่วนบนเคลื่อนไหวช้าลงหรือหยุดการเคลื่อนไหวก่อนจะปะทะกับลูกบอลและเร่งอัตราเร็วขึ้นในช่วงการเหวี่ยงขาตามลูกฟุตบอล (Follow Through) นั้น ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด เนื่องจากช่วงเวลานั้นค่อนข้างรวดเร็วและยากแก่การสังเกต การเปลี่ยนความเร็วเชิงมุมระหว่างส่วนของข้อต่อที่อยู่ใกล้และไกล ชี้ให้เห็นถึงการถ่ายโยงโมเมนตัมเชิงมุมบางส่วนระหว่างท่อนขาส่วนบนที่มีขนาดใหญ่กว่าและท่อนขาส่วนล่างที่มีขนาดเล็กกว่า เมื่อเร็ว ๆ นี้ มีการศึกษาพบว่า การที่ท่อนขาส่วนบนลดความเร็วลงนั้น เนื่องมาจากการกระทำของท่อนขาส่วนล่างในขณะที่เร่งความเร็วไปยังลูกบอล ดังนั้น

สามารถสรุปได้ว่า การที่ความเร็วของท่อนขาส่วนบนลดลงในจังหวะของการเตะนั้น เป็นผลมาจากการเคลื่อนไหวของท่อนขาส່ว่นล่างซึ่งไม่ได้เป็นผลจากการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก

หลังจากที่ท่อนขาส่วนบนลดความเร็วลง ท่อนขาส່ว่นล่างจะเร่งความเร็วขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งถึงจุดที่เท้าปะทะกับลูกบอล ดังนั้นความเร็วสูงสุดของท่อนขาส່ว่นล่างและเท้าจะเกิดขึ้น ก่อนที่เท้าจะปะทะกับลูกบอล มีรายงานเกี่ยวกับความเร็วเชิงมุมสูงสุดของท่อนขาส່ว่นล่างที่จะพุ่งขึ้น สูงสุดในช่วงเวลาเฉลี่ย 9 มิลลิวินาที ก่อนที่จะมีการปะทะของเท้าและลูกบอล ความเร็วของข้อเท้าและปลายเท้าพุ่งขึ้นสูงสุดก่อนการปะทะและอยู่ระหว่าง 40-50 มิลลิวินาที ภายหลังจากความเร็วของข้อเท้าพุ่งขึ้นสูงสุด ช่วงเวลาของการเหวี่ยงขาเตะ คือ เวลาที่เริ่มจากช่วงการลงสู่พื้นของขาข้างที่ใช้รองรับ น้ำหนักร่างกาย จนกระทั่งเท้าปะทะกับลูกบอล สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งมีรายงานอยู่ที่ระหว่าง .13 และ .15 วินาที ซึ่งชี้ให้เห็นถึงรูปแบบการเตะด้วยลูกหลังเท้า 2 แบบ ดังนี้ คือ

1. การเตะที่ใช้เวลาในการเหวี่ยงขาและมีช่วงเวลาของการเตะยาวนานกว่า
2. การเตะที่ใช้เวลาในการเหวี่ยงขาน้อยกว่าและมีการเคลื่อนไหวของท่อนขาส່ว่นล่าง อย่างฉับพลันโดยการเหยียดข้อเท้า ซึ่งทำให้ช่วงเวลาในการเตะสั้นลง



ภาพประกอบ 1 แสดงเทคนิคการเตะฟุตบอลด้วยลูกหลังเท้า

ที่มา: Pekka Luhtanen. (2005). *Kicking*. (Online).

การทำงานของกล้ามเนื้อในขณะเตะฟุตบอล (Muscle Activity in the Soccer Kick)

ลูทานเนน (Luhtanen. 2005: Online) ได้อธิบายเกี่ยวกับในการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะเตะฟุตบอลไว้ว่า ในทักะะการเตะฟุตบอลนั้น กลุ่มกล้ามเนื้อต่าง ๆ จะมีลักษณะของการทำงานที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เคลื่อนไหวข้อต่อ (Agonist) จะหดตัวเพื่อก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่าง ๆ แต่ในขณะเดียวกันกลุ่มกล้ามเนื้อเหล่านี้จะกลายเป็นกลุ่ม

กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้าม (Antagonist) เพื่อชะลอความเร็วของการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่าง ๆ ในช่วงก่อนที่ลูกบอลจะลอยออกจากเท้าและในช่วงการเหวี่ยงขาตามลูกฟุตบอล (Follow Through) กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ขึงข้อสะโพกจะทำหน้าที่เป็นส่วนใหญ่ในจังหวะการเหวี่ยงขาไปยังลูกบอล โดยจะมีการหดตัวในช่วงเริ่มต้น นอกจากนั้นยังทำหน้าที่หยุดการเหวี่ยงของขาไปทางด้านหลัง เมื่อกลุ่มกล้ามเนื้อนี้ทำหน้าที่ในลักษณะคอนเซนทริก จะทำให้เกิดอัตราเร่งของท่อนขาส่วนบนไปยังลูกบอล ในจังหวะก่อนที่ลูกบอลจะสัมผัสกับกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดข้อเข่า ยกตัวอย่างในกรณีนี้ กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring) จะทำหน้าที่เป็นหลัก ซึ่งเป็นสาเหตุให้ท่อนขาส่วนบนและข้อเข่าเคลื่อนไหวช้าลงหรือแม้กระทั่งหยุดการเคลื่อนไหวในนักกีฬาบางคน สามารถชี้ให้เห็นว่าการทำงานในลักษณะของการทำหน้าที่ตรงกันข้าม (Antagonist) ของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring) จะช่วยป้องกันข้อเข่า ในฐานะที่กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring) ทำงานร่วมกับเอ็นไขว้ยึดข้อเข่าเส้นหน้า (Anterior Cruciate Ligament) เพื่อยึดกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) ในการสัมผัสกับปุ่มข้อกระดูกต้นขา (Femoral Condyles) กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring) จะดึงกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) กลับ จัดให้อยู่ในแนวเดียวกับกระดูกต้นขา (Femur) และรักษาความมั่นคงของข้อเข่า

จังหวะการเหวี่ยงขาตามลูกฟุตบอล (Follow Through) เป็นการทำงานโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบคอนเซนทริกและตามด้วยการหดตัวแบบเอกเซนทริก กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดข้อเข่า จะทำหน้าที่ในช่วงระหว่างการเหวี่ยงขาไปทางด้านหลังและจังหวะการเหวี่ยงขาลง กลุ่มกล้ามเนื้อมัดนี้จะทำหน้าที่ในช่วงเริ่มต้นเพื่อลดระดับการงอของข้อเข่าอันเนื่องมาจากการเหวี่ยงขาไปทางด้านหลังและการเคลื่อนไหวช่วงสั้น ๆ ในจังหวะการงอข้อสะโพก กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดข้อเข่าจะทำงานในช่วงสั้น ๆ และเป็นสาเหตุให้เกิดการเหยียดเข่าในระดับองศาต่าง ๆ กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ขึงข้อเข่าจะทำหน้าที่อย่างรวดเร็วก่อนที่จะสัมผัสกับลูกบอล การทำงานในลักษณะนี้จะช่วยลดระดับของการเหยียดของข้อเข่า ซึ่งเป็นข้อค้นพบที่น่าสนใจ โดยที่บุคคลกลุ่มหนึ่งมีความเชื่อว่า มีการเหยียดของข้อเข่าตลอดจังหวะการสัมผัสลูกบอล อย่างไรก็ดี ต่อมาเมื่อมีการศึกษาพบว่า ในจังหวะก่อนที่เท้าจะสัมผัสกับลูกบอลนั้น ไม่พบการเหยียดของข้อเข่าแต่อย่างใด และในความเป็นจริงแล้วกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ขึงข้อเข่าจะทำหน้าที่เป็นหลัก เป็นสาเหตุให้เกิดการลดระดับการเหยียดของข้อเข่า กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ขึงข้อเข่า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring Muscles) จะทำหน้าที่ป้องกันการเหยียดของข้อเข่าที่มากเกินไป (Hyperextension) และการบาดเจ็บของข้อเข่าที่อาจเกิดขึ้นได้ เมื่อเปรียบเทียบการทำงานของกล้ามเนื้อในการเตะฟุตบอลของผู้เล่นที่มีทักษะสูงและผู้เล่นที่มีทักษะต่ำพบว่า ผู้เล่นที่มีทักษะสูงจะแสดงให้เห็นถึงการผ่อนคลายของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้าม

(Antagonist) ในช่วงจังหวะการเหวี่ยงขา รวมถึงการทำงานของกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดข้อเข่าอย่างสูงสุดในช่วงระหว่างจังหวะการเหวี่ยงขาที่มากกว่า

ความสำคัญของขาที่รองรับน้ำหนักร่างกายขณะเตะฟุตบอล

ตลอดระยะเวลา 90 นาทีของเกมการแข่งขันฟุตบอล การเตะจะเป็นทักษะที่นักกีฬาใช้มากที่สุด ในจังหวะของการเตะนั้น ขาที่รองรับน้ำหนักร่างกายจะมีความสำคัญมาก เนื่องจากจะต้องรองรับน้ำหนักของร่างกายทั้งหมดอีกทั้งยังมีแรงปฏิกิริยาจากพื้นกระทำกับร่างกายตลอดช่วงของการเตะฟุตบอล นอกจากนี้ในการศึกษาที่ผ่านมาจะพบว่า ในเกมการแข่งขันนักกีฬาฟุตบอลจะมีการเคลื่อนไหวในทิศทางต่าง ๆ เช่น การวิ่งชนกับประตูฟุตบอล การวิ่งในแนวทแยงมุม วิ่งไปข้างหน้า หรือวิ่งกลับหลัง เป็นต้น ดังนั้น ในการเตะฟุตบอลแต่ละครั้ง มุมในการเคลื่อนไหวที่เข้าไปเพื่อเตะฟุตบอลของนักกีฬามีมุมที่แตกต่างกันไป ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ในจังหวะการวางเท้าของขาที่รองรับน้ำหนักร่างกายมีการเคลื่อนไหวในลักษณะของการหมุนออกทางด้านนอก (External Rotation) และมีความเร็วเชิงมุมของข้อเข่าที่เพิ่มสูงขึ้น รวมถึงแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่ทำกับร่างกายเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย (Kellis; & Gissis. 2004: 1023)

สรีรวิทยาของระบบกล้ามเนื้อ

หน้าที่สำคัญของกล้ามเนื้อคือการหดตัวให้สั้นเข้า กล้ามเนื้อลายยึดกับกระดูกซึ่งมีข้อต่อติดกันโดยเส้นเอ็น เมื่อมีการหดตัวจะดึงกระดูกให้เคลื่อนที่ เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย

การทำงานของระบบกล้ามเนื้อเมื่อออกกำลังกาย

ระบบกล้ามเนื้อถือได้ว่าเป็นระบบที่สำคัญที่สุดในการออกกำลังกาย เพราะเป็นตัวจักรสำคัญที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อลายซึ่งในร่างกายมีทั้งหมด 792 มัด ถือได้ว่ากล้ามเนื้อลายเป็นอวัยวะที่มีน้ำหนักมากที่สุดในร่างกาย คือประมาณ 40% ของน้ำหนักตัว (ชูศักดิ์ เวชแพศย์; และ กันยา ปาละวิวัฒน์. 2536: 7)

ความสัมพันธ์ระหว่างประสาทกับกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อเป็นส่วนหนึ่งที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวโดยอยู่ในความควบคุมของระบบประสาท ประสาททำหน้าที่ส่งงานเพื่อให้กล้ามเนื้อทำงานตามภาวะต่างๆ สรุปแล้วการเคลื่อนไหวของร่างกายเกิดจากกล้ามเนื้อได้รับการกระตุ้นโดยรับคำสั่งมาจากสมอง ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ทำให้กล้ามเนื้อทำงานกันตามหน้าที่ ดังนั้นประสาทและกล้ามเนื้อย่อมทำงานประสานกันอย่างต่อเนื่อง (พีระพงศ์ บุญศิริ. 2532: 3)

โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย

กล้ามเนื้อลายประกอบขึ้นด้วยเซลล์หรือใยกล้ามเนื้อ (Muscle Fiber) เป็นจำนวนมากเรียงขนานกันและอยู่รวมกันเป็นมัด โดยปลายทั้งสองข้างของมัดกล้ามเนื้อจะยึดติดกับเอ็นซึ่งยึดติดกับกระดูกอีกทีหนึ่ง เส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้นประกอบขึ้นด้วยหน่วยย่อยๆ เรียกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กหรือไมโอไฟบริล (Myofibril) ในแต่ละไฟบริลประกอบขึ้นด้วย เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยหรือไมโอฟิลาเมนต์ (Myofilament) ซึ่งนับว่าเป็นหน่วยย่อยที่สุดของกล้ามเนื้อ ในกล้ามเนื้อมีเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยที่สำคัญอยู่สองชนิดคือ เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา (Thick Filament) และเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง (Thin Filament) (Wilmore; & Costill. 1994: 26)

เซลล์กล้ามเนื้อลาย (Muscle Fiber)

เซลล์มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกมีองค์ประกอบต่างๆ ภายในเซลล์เหมือนเซลล์ทั่วไป ผนังที่ห่อหุ้มเซลล์เรียกว่า ซาร์โคเลมมา (Sarcolemma) เซลล์กล้ามเนื้อลายมีนิวเคลียส (Nucleus) จำนวนหลายอันเรียงรายอยู่บริเวณขอบๆ ของเซลล์ภายในไซโทพลาสซึมหรือซาร์โคพลาสซึม (Sarcoplasm) มีเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนาและแบบบางมากมายซึ่งเป็นออร์แกเนล (Organelles) ที่มีมากที่สุด ในกล้ามเนื้อนอกจากนั้นจะพบไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) และเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (Endoplasmic Reticulum) หรือเรียกอีกชื่อว่า ซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัม (Sarcoplasmic Reticulum, SR) แทรกตัวอยู่ทั่วไประหว่างไฟบริล

ระบบซาร์โคทิวบูลาร์ (Sarcotubular System)

เซลล์กล้ามเนื้อจะถูกล้อมรอบด้วยโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นท่อ 2 ชนิดคือ ซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัมซึ่งเป็นท่อตามยาวที่วิ่งขนานไปกับไฟบริล และแผ่อกคล้ายกับม่านโอบล้อมไฟบริลแต่ละเส้นไว้ นอกจากนี้ไฟบริลยังถูกล้อมรอบด้วยท่อตามขวางอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า ที - ทิวบูล [T - tubule (Transverse Tubule)] ซึ่งเกิดจากผนังเซลล์ที่ยื่นเข้าไปภายในเซลล์ ดังนั้นช่องว่างใน ที - ทิวบูล จึงถือว่าเป็นส่วนนอกของเซลล์ (Extracellular Space) ปลายของซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัมของกล้ามเนื้อลายจะโป่งบานออกเป็นกระเปาะเรียกว่า เทอร์มินอล ซิสเตอมา (Terminal Cisterna) ซึ่งภายในจะบรรจุแคลเซียม (Ca^{++}) อยู่มากมาย แคลเซียมส่วนใหญ่จึงจับอยู่กับโปรตีนแคลซีเคซทรีน (Calsequestrin) บริเวณที่ ที - ทิวบูล ถูกขนาบด้วยเทอร์มินอล ซิสเตอมาไว้ทั้ง 2 ข้าง เรียกว่า ไทรแอด (Muscle triad)

ลายของกล้ามเนื้อ (Striation)

ลายของกล้ามเนื้อเกิดจากการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนาและแบบบางอย่างมีระเบียบทำให้เกิดเป็นแถบทึบและจางสลับกันไป เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้แสง (Polarized Light) บริเวณทึบแสง (A - Band หรือ Anisotropic Band) เกิดจากการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนาและแบบบาง ส่วนแถบจาง (I - Band หรือ Isotropic Band) จะมีแต่เส้นใยกล้ามเนื้อ

ฝอยแบบบางซึ่งอยู่โปร่งแสงกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา แถบจางนี้จะถูกแบ่งครึ่งโดยเส้นทึบ เรียกว่า ซี – ลายน์ (Z-Line) บริเวณที่อยู่ระหว่าง ซี – ลายน์ สองเส้นเรียกว่า ซาร์โคเมอร์ (Sarcomere) ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของเซลล์ กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการหดตัว ในบริเวณทึบแสงจะมี แถบจางเรียกว่า เอช – โซน (H-Zone) ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบางที่ยื่น เข้ามาในบริเวณทึบแสงเลย อย่างไรก็ตามในบริเวณ เอช – โซน นี้จะพบเส้นใย เอส - ไฟบริล (S-Fibril) ที่ทำหน้าที่ยึดปลายทั้งสองข้างของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง นอกจากนี้ยังพบแถบทึบ (M-Line หรือ M-Protein) ซึ่งมีบทบาทเกี่ยวกับการจัดตัวเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา ถ้าตัดบริเวณทึบแสง ตามขวางจะพบว่า แต่ละ เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา 1 เส้นถูกล้อมรอบโดยเส้นใยกล้ามเนื้อฝอย แบบบางจำนวน 6 เส้นที่เรียงตัวเป็นรูปหกเหลี่ยม ในกล้ามเนื้อลายของคนจะพบโทรแอดอยู่บริเวณ รอยต่อระหว่างบริเวณทึบแสงและแถบจาง

มอเตอร์ยูนิต (Motor Unit)

กล้ามเนื้อแต่ละมัดมีเส้นประสาทมาเลี้ยงมากมาย เส้นประสาทแต่ละเส้นที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อ จะแตกออกเป็นแขนงย่อยๆ ไปเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อเป็นจำนวนมาก มอเตอร์นิวรอน (Motoneuron) หนึ่งเซลล์ และกลุ่มของเซลล์กล้ามเนื้อที่ถูกเลี้ยงด้วยมอเตอร์นิวรอนนั้นๆ จะประกอบขึ้นเป็นหนึ่ง มอเตอร์ยูนิต (Motor unit) ขนาดของมอเตอร์ยูนิตจะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับจำนวนเซลล์ของกล้ามเนื้อ ที่ถูกเลี้ยงด้วยมอเตอร์นิวรอนนั้นๆ กล้ามเนื้อที่ทำงานเกี่ยวกับความละเอียดและแม่นยำ เช่น กล้ามเนื้อมือและกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการกรอกลูกตาจะมีเซลล์กล้ามเนื้อประมาณ 3-6 เซลล์ ต่อมอเตอร์นิวรอน ในขณะที่กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวจะมีเซลล์กล้ามเนื้อถึง 120-165 เซลล์ ต่อ 1 มอเตอร์นิวรอน (ซุมพล ผลประมูล; และคนอื่นๆ. 2545: 119 –121)

การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อในขณะหดตัว

ในขณะกล้ามเนื้อหดตัว จะมีการเปลี่ยนแปลง 3 ลักษณะ คือ

1. การเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า
2. การเปลี่ยนแปลงทางกลไก
3. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า

โดยปกติในกล้ามเนื้อจะมีประจุไฟฟ้า โซเดียม (Na^+) โพแทสเซียม (K^+) คลอไรด์ (Cl^-) แคลเซียม (Ca^{++}) เมื่อกล้ามเนื้อทำงานจะมีการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าเข้าออกภายในเซลล์ทำให้เกิด กำลังงานขึ้น เครื่องมือที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเรียกว่า อิเล็กโตรไมโอกราฟี (Electromyography) (พีระพงศ์ บุญศิริ. 2532: 24)

กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ

การทำงานของกล้ามเนื้อลายนั้น จะถูกควบคุมด้วยระบบประสาทโดยผ่านทางเส้นประสาทยนต์ที่มายังเซลล์กล้ามเนื้อนั้น เมื่อกระตุ้นเส้นประสาทยนต์ ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานจะเคลื่อนไปตามเส้นประสาท มีผลทำให้เกิดการหลั่งสารสื่อประสาทอะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) ออกจากถุง (Vesicles) ซึ่งอยู่บริเวณปลายประสาท อะเซทิลโคลีนจะมาจับกับตัวรับซึ่งอยู่บนผิวเยื่อเซลล์ของกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการแพร่ของไอออนผ่านเยื่อเซลล์ของกล้ามเนื้อ โดยมีการเพิ่มการแพร่ผ่านของโซเดียมไอออนมีผลทำให้เกิดดีโพลาไรเซชันขึ้นที่บริเวณรอยต่อประสานระหว่างเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Junction) เรียกศักย์ไฟฟ้าบริเวณรอยต่อ (End-Plate Potential) ถ้าสัญญาณประสาทที่ส่งมามีมากพอ จะทำให้ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานของกล้ามเนื้อ (Muscle Action Potential) เคลื่อนที่ไปตามผิวเยื่อเซลล์ของกล้ามเนื้อ แต่เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ของกล้ามเนื้อจะยื่นเป็นท่อตามขวาง (T-Tube) ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานของกล้ามเนื้อ จึงเคลื่อนที่ไปตามท่อตามขวาง มีผลทำให้เกิดดีโพลาไรเซชันของท่อตามขวาง และมีผลต่อซาร์โคพลาสซึมมิกเรติคูลัม (Sarcoplasmic Reticulum) ซึ่งขนานอยู่ทั้ง 2 ข้างของท่อตามขวาง การเกิดดีโพลาไรเซชันของท่อตามขวางนี้ มีผลให้แคลเซียมหลั่งออกมาจากเทอร์มินัลซิสเตอานา (Terminal Cisterna) ของซาร์โคพลาสซึมมิกเรติคูลัม และแคลเซียมจะจับกับโปรตีนโทรโปนินซี (Troponin C) ซึ่งทำให้มีโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป ทำให้เปิดตำแหน่งที่จับของมายโอซินที่อยู่บนสายแอคติน แคลเซียมไอออน 1 โมเลกุล สามารถเปิดตำแหน่งที่จับของมายโอซินบนแอคตินได้ 7 แห่ง หัวมายโอซินจึงสามารถจับกับแอคตินได้เกิดสะพานเชื่อมที่เรียกว่า ครอสบริดจ์ (Crossbridge) ขณะเดียวกันที่หัวของมายโอซินมีเอนไซม์ที่สำคัญ คือ มายโอซิน เอทีพีเอส (Myosin ATPase) ซึ่งทำหน้าที่สลายเอทีพีให้ได้เอดีพี ฟอสเฟตและพลัง ซึ่งพลังงานนี้ทำให้เกิดแรงกระชาก (Power Stroke) ในการงอหัวของมายโอซิน เพื่อที่จะดึงสายแอคตินหรือใยฟิลาเมนต์บาง ให้เคลื่อนเข้าสู่แกนกลางของซาร์โคเมียร์ มีผลทำให้กล้ามเนื้อหดตัว

ต้นตอของไฟฟ้า

กล้ามเนื้อและเส้นประสาทมีคุณสมบัติพิเศษที่เยื่อหุ้มเซลล์ สามารถเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าได้เมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่เหมาะสม กล้ามเนื้อมีเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นเซมิเพอร์มีเอเบิลเมมเบรน (Semipermeable Membrane) คือ มีคุณสมบัติในการเลือกให้สารต่าง ๆ ผ่านเข้าออกจากเซลล์ได้ และมีสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ โซเดียม และโพแทสเซียม อีกทั้งมีกลไกคอยสูบโพแทสเซียมเข้าไปในเซลล์และผลักโซเดียมออกนอกเซลล์ตลอดเวลา ในภาวะพัก (Resting Stage) นั้นเยื่อหุ้มเซลล์ยอมให้โพแทสเซียมผ่านออกนอกเซลล์ได้มากถึง 50 เท่า จึงทำให้โพแทสเซียมนำประจุบวกออกมาข้างนอกเซลล์ แต่ประจุบวกก็ไม่สามารถกระจายไปได้ไกล เพราะถูกดูดโดยแอนไอออนที่ผ่านเยื่อหุ้มออกมาไม่ได้ จึงเรียงรายอยู่นอกเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นผลให้ภายนอก

เซลล์เป็นบวกมากกว่าภายใน ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ (Membrane Potential) ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจึงเรียกว่า “ศักย์ไฟฟ้าขณะพัก” (Resting Membrane Potential) ซึ่งมีค่าประมาณ 70 มิลลิโวลต์ ภายในเป็นลบกว่าภายนอกอาจเรียกว่า มีค่า -70 มิลลิโวลต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผิวนอก ซึ่งใช้เป็นที่ยอ้างอิง (Reference Potential)

ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน (Action Potential)

เมื่อกล้ามเนื้อหรือเส้นประสาทมีการทำงาน จะมีการกระจายของไฟฟ้าออกไปซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งของกลไกการทำงาน คือ เส้นประสาทจะใช้การกระจายของไฟฟ้าไปตามใยประสาทที่เรียกว่า กระแสประสาท ส่วนในกล้ามเนื้อนั้นใช้การกระจายไฟฟ้าไปตามเซลล์กล้ามเนื้อ เพื่อเป็นการนำคำสั่งที่ได้รับจากประสาทโดยผ่านบริเวณรอยต่อประสานระหว่างเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Junction) ให้กระจายไปตามกล้ามเนื้อได้โดยรวดเร็วและกว้างขวาง จะทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้พร้อมเพรียงกัน ไฟฟ้าที่กระจายไปตามกล้ามเนื้อนั้นมีหน้าที่ไปกระตุ้นกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้ออีกต่อหนึ่ง เมื่อถูกกระตุ้น เยื่อหุ้มเซลล์ของประสาทและกล้ามเนื้อ จะมีการยอมให้โซเดียมผ่านเพิ่มขึ้น จึงเป็นผลให้โซเดียมไหลเข้าไปในเซลล์ ทำให้ศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์เป็นลบน้อยลงจนถึงเป็นบวก ที่เรียกว่า ดีโพลาไรเซชัน (Depolarization) เมื่อโซเดียมหยุดเข้าไปในเซลล์ หลังจากนั้นโปรแตสเทียมออกนอกก็จะวิ่งจากภายในเซลล์ออกสู่ภายนอกเซลล์ ทำให้ภายในเซลล์เป็นลบเหมือนเดิม เรียกกระแสนี้ว่า รีโพลาไรเซชัน (Repolarization) เมื่อเกิดดีโพลาไรเซชันขึ้น จนเกิดการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ของกล้ามเนื้อและเส้นประสาทแล้ว จะเกิดการกระจายของศักย์ไฟฟ้าไปตามเยื่อหุ้มเซลล์นั้น ๆ โดยอาศัยความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียง การกระจายศักย์ไฟฟ้าไปตามเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อลายนั้นมีความเร็วค่อนข้างคงที่ คือ ประมาณ 3-5 เมตรต่อวินาที (ชูศักดิ์ เวชแพศย์. 2528: 108)

กล้ามเนื้อขาที่ทำการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เพื่อเลือกมัดกล้ามเนื้อที่จะทำการศึกษาโดยกล้ามเนื้อมัดต่าง ๆ เป็นตัวแทนของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) และกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring Muscles) เป็นจำนวนทั้งสิ้น 4 มัด ซึ่งแต่ละมัดกล้ามเนื้อจะมีหน้าที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. มัดกล้ามเนื้อที่เป็นตัวแทนกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) ประกอบด้วย

1.1 กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) มีจุดเกาะต้นบริเวณ Upper end and shaft of femur; medial deep fascial septum มีจุดเกาะปลายบริเวณ Quadriceps tendon into patella then via ligamentum patellae into tubercle of tibia มี Femoral nerve เป็น

เส้นประสาทที่ควบคุม ทำหน้าที่เหยียดขาที่บริเวณข้อเข่าและรักษาความมั่นคงของกระดูกสะบ้า (Extension of leg at knee joint; stabilizes patella)

1.2 กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) มีจุดเกาะต้นบริเวณ Straight head; anterior inferior iliac spine; reflected head; ilium above acetabulum มีจุดเกาะปลายบริเวณ Quadriceps tendon into patella then via ligamentum patellae into tubercle of tibia มี Femoral nerve เป็นเส้นประสาทที่ควบคุม ทำหน้าที่เหยียดขาที่บริเวณข้อเข่ารวมถึงการงอข้อสะโพก (Extension of leg at knee joint; flexes thigh at hip joint)

1.3 กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) มีจุดเกาะต้นบริเวณ Upper end and shaft of femur; medial deep fascial septum มีจุดเกาะปลายบริเวณ Quadriceps tendon into patella then via ligamentum patellae into tubercle of tibia มี Femoral nerve เป็นเส้นประสาทที่ควบคุม ทำหน้าที่เหยียดขาที่บริเวณข้อเข่า (Extension of leg at knee joint) (Agur; & Lee. 1999: 319)

2. มัดกล้ามเนื้อที่เป็นตัวแทนกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring Muscles) ประกอบด้วย

2.1 กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) มีจุดเกาะต้นบริเวณ Long head: ischial tuberosity; Short head: linea aspera, lateral supracondylar ridge of shaft of femur มีจุดเกาะปลายบริเวณ Head of fibula มี Tibial portion of sciatic nerve เป็นเส้นประสาทที่ควบคุม Long head และมี Common peroneal portion of sciatic nerve เป็นเส้นประสาทที่ควบคุม Short head ทำหน้าที่งอขาและการหมุนออกทางด้านข้างของขาที่บริเวณข้อเข่า และ Long head ช่วยเหยียดข้อสะโพก (Flexes and laterally rotates leg at knee joint; long head also extends thigh at hip joint) (Agur; & Lee. 1999: 328)

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG)

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ คือ สัญญาณไฟฟ้าที่บันทึกได้จากการหดตัวของกล้ามเนื้อ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ ที่เกิดจากการผ่านเข้าออกเซลล์ของไอออนต่าง ๆ ทำให้เกิดดีโพลาไรเซชันไปตามเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถวัดโดยใช้เครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyograph) โดยจะรับสัญญาณของกระแสประสาทของกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยใช้ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า (Electrode) แล้วส่งต่อไปยังแอมพลิไฟเออร์ (Amplifier) ของเครื่องมือ เพื่อขยายสัญญาณแล้วแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณภาพแสดงออกทางจอ (Oscilloscope) ในทาง

กีฬามักใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ร่วมกับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของร่างกาย (Clarys; & Cabri. 1993: 379)

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในกิจกรรมทางการกีฬา (EMG in Sport Activities)

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ช่วยในการวิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อ โดยวิเคราะห์ว่า กล้ามเนื้อมีการทำงานเมื่อใด หรือมีการทำงานอย่างไร ในท่าทางการเคลื่อนไหวใด ๆ กล้ามเนื้อมัดนี้มีการทำงาน มากน้อยเพียงใด การทำงานในด้านการกีฬา เช่น การเล่นเทนนิส จะมีการวิเคราะห์เกี่ยวกับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเล่นเทนนิส โดยมีการทดลองและเก็บข้อมูลคลื่นไฟฟ้าในนักกีฬาที่มีทักษะและความสามารถขั้นสูง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ เพื่อเป็นแบบอย่างในการฝึกให้กับนักกีฬารุ่นต่อไป ซึ่งการใช้คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในทางการกีฬานั้น ได้มีการศึกษาในหลาย ๆ ชนิดกีฬา อีกกรณีหนึ่งนำมาใช้ในการประเมินอาการล้าของกล้ามเนื้อหรืออาการบาดเจ็บในนักกีฬา เพื่อประโยชน์ในการวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อม (กรมพลศึกษา. 2542: 191)

นอกจากนี้ (Basmajian; & De Luca. 1985: 442) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่มักนำมาใช้ในทางการกีฬาไว้ ดังนี้

1. ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างการเคลื่อนไหวต่าง ๆ เช่น แรงของกล้ามเนื้อ ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ เพอร์เซ็นต์การทำงานของกล้ามเนื้อ เป็นต้น
2. ศึกษาถึงลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อ เช่น ถ้ากล้ามเนื้อหดตัวแบบไอโซเมตริก พบว่าความตึงของกล้ามเนื้อ (Tension) จะมีความสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเป็นเชิงเส้นตรง แต่ถ้าวัดการหดตัวของกล้ามเนื้อไม่ใช่แบบไอโซเมตริก พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อกับความตึงของกล้ามเนื้อจะไม่เป็นเชิงเส้นตรง
3. ศึกษาเกี่ยวกับความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ (Fatigue) โดยศึกษาจากความถี่และความสูงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้า ถ้าความถี่และความสูงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าลดลง แสดงว่าเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อมัดนั้น
4. ประเมินประสิทธิภาพของการฝึกรูปแบบต่าง ๆ ที่มีต่อกล้ามเนื้อ

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyograph)

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์. 2528: 123)

1. ขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้า (Electrode) ที่ใช้ตรวจวัดกล้ามเนื้อสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ได้แก่ ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดเข็ม (Needle Electrode) ทำการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยใช้เข็มแทงเข้าไปในกล้ามเนื้อ ซึ่งใช้สำหรับตรวจวัดการทำงานของกล้ามเนื้อที่ต้องการความละเอียด เนื่องจากสามารถวัดได้ในแต่ละหน่วยมอเตอร์ยูนิต ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดนี้ยังเหมาะ

สำหรับการตรวจวัดกล้ามเนื้อที่อยู่ในชั้นลึก (Deep Muscle) อีกด้วย ส่วนขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง คือ ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว (Surface Electrode) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นโลหะซิลเวอร์ (Ag) และสารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) ซึ่งทำการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อได้โดยการวางบนผิวหนังหรือกล้ามเนื้อ สัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่บันทึกได้เป็นผลรวมของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากหลายมอเตอร์ยูนิต ซึ่งในทางการกีฬา มักใช้ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดนี้มาวิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อ

2. แอมพลิไฟเออร์ (Amplifier) แอมพลิไฟเออร์ของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อใช้ขยายศักย์ไฟฟ้าจำนวนน้อย จึงต้องมีลักษณะดังนี้

2.1 มีกำลังขยายสูงและสม่ำเสมอตลอดช่วงของศักย์ไฟฟ้าที่ต้องการตรวจวัด เนื่องจากสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้มีขนาดน้อยมาก ดังนั้นแอมพลิไฟเออร์จึงต้องมีกำลังขยายสูงและขยายสัญญาณได้สม่ำเสมอ

2.2 มีการตอบสนองต่อความถี่ในช่วงกว้าง เนื่องจากเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะต้องตรวจวัดศักย์ไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงเร็วถึง 100 ไมโครโวลต์ ในเวลา 1 มิลลิวินาที ถ้าไม่สามารถตรวจวัดได้ทัน จะทำให้คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ได้มีรูปร่างผิดเพี้ยนไปได้ โดยทั่วไปเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้องใช้ช่วงความถี่ 2-10,000 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่กว้างมากและสามารถวัดรูปร่างของคลื่นไฟฟ้าได้ครบถ้วน

2.3 มีอัตราส่วนของศักย์ไฟฟ้าที่ป้อนเข้าต่อกระแสไฟฟ้าที่แอมพลิไฟเออร์สามารถรับได้ (Input Impedance) สูง เพื่อให้กระแสไฟฟ้าซึ่งมีเพียงเล็กน้อยถูกนำไปขยายในแอมพลิไฟเออร์ได้ และไม่ทำให้สัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้มีรูปร่างที่ผิดเพี้ยนไป และมีอัตราส่วนของศักย์ไฟฟ้าที่ส่งออกต่อกระแสไฟฟ้าที่แอมพลิไฟเออร์สามารถส่งออกได้ (Output Impedance) ต่ำ เพื่อให้สามารถขยายสัญญาณความถี่ที่สูงๆ ได้ดีขึ้น

2.4 มีความสามารถในการกำจัดสิ่งรบกวนได้มาก (High Common Mode Rejection Ratio) ขณะทำการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าอาจรับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งอื่น ๆ ด้วย ถ้าสัญญาณที่ทำการวัดมีค่าน้อยอยู่แล้ว จะเป็นการยากที่จะแยกระหว่างสัญญาณรบกวนและสัญญาณที่ต้องการวัดจริง ดังนั้นแอมพลิไฟเออร์จึงต้องมีความสามารถในการกำจัดสัญญาณรบกวนได้มาก

3. ระบบแสดงและบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เนื่องจากคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีความถี่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อหัวใจ จึงไม่สามารถแสดงคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้วยการใช้ปากกาเขียนลงบนกระดาษ เพราะจะทำให้คลื่นไฟฟ้าที่ได้มีรูปร่างที่ผิดเพี้ยนไป ดังนั้นจึงต้องแสดงคลื่นไฟฟ้าด้วยจอภาพออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)

หลักการการทำงานของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ขณะที่กล้ามเนื้อมีการทำงานนั้นจะเกิดคลื่นไฟฟ้าบนกล้ามเนื้อ การหดตัวของกล้ามเนื้อจะก่อให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า และจะมากขึ้นถ้ากล้ามเนื้อมีการเกร็งตัวหรือหดตัวมาก ความต่างศักย์ที่วัดได้ที่ผิวหนังของกล้ามเนื้อนี้ จะเป็นผลรวมของการทำงานของหน่วยยอนต์ (Motor Unit) หลายๆ หน่วย และใช้อธิบายถึงกิจกรรมที่กล้ามเนื้อนั้นๆ ทำ ความต่างศักย์นี้สามารถวัดได้ตั้งแต่ 1 ไมโครโวลต์ (μV) ถึง 5,000 ไมโครโวลต์ (μV) โดยเครื่องอีเอ็มจี (EMG) นี้จะวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อผ่านทางอิเล็กโทรดและสายเคเบิล (A) โดยสามารถวัดได้ทั้งแบบข้อมูลดิบ (Raw EMG) และข้อมูลเฉลี่ย (Averaged EMG) ค่าที่วัดได้จะถูกบันทึกในหน่วยความจำ (Memory Card) ที่สอดเข้าไปที่ส่วนล่างของตัวเครื่อง (ME3000) และข้อมูลจะถ่ายโอนเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) โดยใช้สายออฟติคัล (Optical Interface) เพื่อทำการวิเคราะห์ผลต่อไป ผลรวมของคลื่นไฟฟ้า สามารถตรวจสอบได้จากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ

การตรวจวัดค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ภาควัดสัญญาณ โดยใช้อิเล็กโทรดแบบแผ่นติดที่ผิวหนังตรงกับกล้ามเนื้อที่ต้องการจะวัดการทำงาน
2. ภาควิขยายสัญญาณ โดยใช้แอมพลิฟายเออร์ (Amplifier) เป็นตัวขยายสัญญาณที่อิเล็กโทรดรับมาจากการทำงานของกล้ามเนื้อให้มีขนาดใหญ่ขึ้น
3. ภาควัดกรองสัญญาณ โดยใช้ฟิลเตอร์ (Filter) เป็นตัวตัดสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการออกไป
4. ภาควัดแสดงผลสัญญาณ โดยใช้คอมพิวเตอร์แสดงค่าผลของการตรวจวัดออกมาเป็นกราฟและตัวเลข

ปัจจัยที่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

เมื่อบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยใช้ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบผิว (Surface Electrode) จะมีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้ (De Luca, 1997: 135)

1. ปัจจัยภายนอก (Extrinsic Factor) เกี่ยวข้องกับลักษณะของขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าได้แก่

- 1.1 ลักษณะของขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า (Electrode Configuration) ได้แก่ ขนาดของพื้นที่หรือรูปร่างของขั้วรับสัญญาณ ซึ่งมีผลต่อจำนวนหน่วยยอนต์ที่บันทึกได้ในขณะกล้ามเนื้อหดตัว ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าที่เหมาะสมควรมีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร

1.2 ตำแหน่งของการวางขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า (Electrode Location) การบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยใช้ขั้วรับสัญญาณแบบผิวนั้น ตำแหน่งที่วางขั้วรับสัญญาณไฟฟ้ามีผลต่อความสูง (Amplitude) และความถี่ (Frequency) ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ตำแหน่งที่มีความเหมาะสมในการวางขั้วรับสัญญาณ คือ บริเวณจุดกึ่งกลางระหว่างจุดมอเตอร์ (Motor Point) กับบริเวณรอยต่อระหว่างกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ (Myotendinous Junction) เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความสูงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีค่ามากที่สุด โดยใช้ขั้วสัญญาณ 2 ขั้ว วางขนานกันและตั้งฉากกับเส้นใยกล้ามเนื้อที่ต้องการวัด

2. ปัจจัยภายใน (Internal Factor) เกี่ยวข้องกับสรีรวิทยา โครงสร้างและชีวเคมีของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งส่งผลต่อขนาดของความสูง (Amplitude) และความถี่ (Frequency) ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้ ได้แก่

2.1 จำนวนหน่วยยนต์ (The Number of Active Motor Unit) จำนวนหน่วยยนต์ที่ทำงานในขณะกล้ามเนื้อหดตัว มีผลต่อ ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ คือ ถ้าจำนวนหน่วยยนต์ขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวมีจำนวนมาก ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อก็จะมากด้วย

2.2 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle Fiber Type) ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด – ด่าง ของของเหลวภายในกล้ามเนื้อขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว

2.3 การไหลเวียนเลือดภายในกล้ามเนื้อ (Blood Flow) มีผลต่อการเคลื่อนย้ายสารที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) และอุณหภูมิ ทำให้มีผลต่อความเร็วในการนำศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน และความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ คือ เมื่อการไหลเวียนเลือดภายในร่างกายมีสูงขึ้น ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้จะมากขึ้นด้วย

2.4 ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle Fiber Diameter) มีผลต่อความเร็วในการนำศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน และความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

2.5 ความลึกและความหนาของชั้นเนื้อเยื่อ มีผลต่อความสูง และความถี่ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เช่น การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่อยู่ลึกมากจะทำให้ค่าความสูงของคลื่นลดลง และถ้าความหนาของชั้นไขมันใต้ผิวหนังระหว่างกล้ามเนื้อและขั้วรับสัญญาณไฟฟ้ามาก จะมีผลทำให้ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้มีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

เด ลูคา (De Luca. 1997: 135) ได้กล่าวถึงความสูงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Amplitude) และแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อว่า มีความสัมพันธ์กันโดยพบว่า ความสูงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อออกแรงในการหดตัวเพิ่มขึ้น ในกรณีที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบไอโซเมตริก (Isometric Contraction) คือ กล้ามเนื้อหดตัวโดยที่ความยาวของกล้ามเนื้อไม่

เปลี่ยนแปลง (Wilmore; & Costill. 2004: 33) พบว่า ความสัมพันธ์ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีลักษณะเป็นเส้นตรง ยกตัวอย่างเช่น เมื่อกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า (Calf Muscle) ออกแรงหดตัวโดยความตึงภายในกล้ามเนื้อ (Tension) เพิ่มขึ้น พบว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้ามีค่าเพิ่มขึ้น โดยความสัมพันธ์ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และความตึงภายในกล้ามเนื้อนั้นจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่ถ้การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นแบบไอโซโทนิค (Isotonic Contraction) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว อาจทำให้การเคลื่อนที่ของชั่วรับสัญญาณไฟฟ้าขณะที่ทำการบันทึกสัญญาณ รวมถึงความไม่คงที่ของมอเตอร์ยูนิตที่ทำงานขณะกล้ามเนื้อหดตัวที่ชั่วรับสัญญาณไฟฟ้าบันทึกได้ ส่งผลให้รูปร่างของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างแรงและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะเป็นเส้นตรงเฉพาะช่วงแรกของการหดตัวของกล้ามเนื้อเท่านั้น ต่อมาแรงและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้ จะไม่มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ยกตัวอย่างเช่น กล้ามเนื้อข้อศอก (Elbow Flexor Muscle) ออกแรงหดตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงที่บริเวณข้อมือเพิ่มขึ้น พบว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อข้อศอกมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ความสัมพันธ์ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและแรงที่บริเวณข้อมือจะไม่เป็นเส้นตรง เนื่องจากโดยส่วนใหญ่ ขนาดของชั่วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มักมีขนาดเล็กกว่ากล้ามเนื้อที่ต้องการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ดังนั้นจำนวนของมอเตอร์ยูนิตที่บันทึกได้ขณะกล้ามเนื้อหดตัวจึงมีจำนวนน้อยกว่ามอเตอร์ยูนิตที่ทำงานจริง เมื่อกล้ามเนื้อออกแรงหดตัวเพิ่มขึ้น จะทำให้มีการระดมมอเตอร์ยูนิต (Recruitment of Motor Unit) เพิ่มขึ้น ถ้ามอเตอร์ยูนิตใหม่เหล่านั้นอยู่ใกล้กับชั่วรับสัญญาณไฟฟ้าพบว่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะมีค่าเท่ากับแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อจริง แต่ถ้ามอเตอร์ยูนิตใหม่เหล่านั้นอยู่ไกลกับชั่วรับสัญญาณไฟฟ้า พบว่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออาจจะไม่ได้เพิ่มขึ้นตามแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อจริง

ค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximum Voluntary Contraction: MVC)

การทำงานของกล้ามเนื้อ จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการควบคุมจากระบบประสาท การหดตัวของกล้ามเนื้อลายจะอยู่ภายใต้อำนาจของจิตใจ กล้ามเนื้อแต่ละมัดมีเส้นประสาทมาหล่อเลี้ยงมากมาย เส้นประสาทแต่ละเส้นที่มาถึงกล้ามเนื้อจะแตกออกเป็นแขนงย่อยๆ ไปเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อจำนวนมาก เส้นประสาทยอนต์ (Motor Neuron) หนึ่งเซลล์ และกลุ่มของเซลล์กล้ามเนื้อที่ถูกหล่อเลี้ยงด้วยประสาทยอนต์นั้นๆ จะประกอบขึ้นเป็นหน่วยยอนต์ (Motor Unit) ขนาดของหน่วยยอนต์จะแปรผันไปได้ตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อและงานที่กล้ามเนื้อต้องทำ กล้ามเนื้อที่ต้องทำงานละเอียด เช่น กล้ามเนื้อกรอกลูกกอล์ฟ หน่วยยอนต์หนึ่งหน่วยประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 4-5 เซลล์ แต่ถ้าเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ที่ไม่ได้ทำงานละเอียด เช่น กล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius) หน่วยยอนต์หนึ่งหน่วยจะประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 1,000-2,000 เซลล์ อัตราส่วนของเซลล์กล้ามเนื้อกับเส้นประสาทยอนต์ที่มา

เล็กน้อยไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของกล้ามเนื้อ แต่ขึ้นอยู่กับความแม่นยำและความละเอียดของการทำงาน (ชูศักดิ์ เวชแพศย์; และ กัลยา ปาละวิวัฒน์. 2536: 33)

การหดตัวของกล้ามเนื้อลายปกตินั้นเซลล์กล้ามเนื้อจะไม่หดตัวทีละเซลล์ แต่การทำงานของกล้ามเนื้อนั้น เกิดจากการหดตัวอย่างพร้อมเพรียงกันของกลุ่มเซลล์กล้ามเนื้อซึ่งเลี้ยงโดยแขนงของเส้นประสาทพหุเดียวกัน ที่เรียกว่า หน่วยยนต์ ซึ่งหน่วยยนต์ถือเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดและสามารถกระตุ้นให้เกิดการหดตัวได้ หน่วยยนต์แต่ละหน่วยสามารถถูกกระตุ้นได้ด้วยพลังของสิ่งกระตุ้นที่แตกต่างกัน ระดับความแรงของสิ่งกระตุ้นที่ทำให้เห็นการหดตัวของกล้ามเนื้อ เรียกว่า เทรดโฮลด์ (Threshold) หน่วยยนต์ที่มีเทรดโฮลด์ต่ำ จะถูกกระตุ้นก่อน ทำให้มีขนาดแรงดึงในกล้ามเนื้อระดับหนึ่ง ถ้าให้ความแรงของสิ่งกระตุ้นสูงพอ ทุกๆหน่วยยนต์จะทำงานพร้อมเพรียงกัน ทำให้ได้แรงดึงที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อสูงสุด เรียกการทำงานร่วมกันของทุก ๆ มอเตอร์ยูนิตนี้ว่า การรวมกันของมอเตอร์ยูนิต (Summation of Motor Unit หรือ Recruitment of Motor Unit)

การหดตัวเชิงกลของกล้ามเนื้อ สามารถแบ่งได้เป็นหลายแบบโดยอาศัยพื้นฐานที่แตกต่างกัน ดังนี้

ชนิดของการหดตัวที่เกี่ยวกับความยาว และความตึง

1. การหดตัวแบบไอโซเมตริก (Isometric หรือ Static Contraction) การหดตัวชนิดนี้ ความยาวของกล้ามเนื้อคงที่ แต่แรงดึงในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น มุมของข้อต่อไม่เปลี่ยนแปลง การหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดนี้ไม่มีงานเกิดขึ้น

2. การหดตัวแบบไอโซโทนิค (Isotonic Contraction) การหดตัวชนิดนี้ความตึงของกล้ามเนื้อคงที่ แต่ความยาวของกล้ามเนื้อลดลง หรือยืดยาวออก

ชนิดของการหดตัวที่สัมพันธ์กับความยาวของกล้ามเนื้อ

1. การหดตัวแบบคอนเซนทริก (Concentric Contraction) การหดตัวแบบนี้เกิดขึ้นเมื่อความยาวของกล้ามเนื้อสั้นเข้า การหดตัวแบบนี้เป็นการหดตัวที่ทำให้ได้งาน (Positive Work)

2. การหดตัวแบบเอกเซนทริก (Eccentric Contraction) การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบนี้เกิดขึ้นในขณะที่กล้ามเนื้อยืดยาวออกไป เป็นการหดตัวเพื่อช่วยพยุงน้ำหนักถ่วงที่เคลื่อนที่ไป จึงไม่ได้ออกงานที่เห็นภายนอก (Negative Work) (กนกพร จันทวร. 2542: 15-16)

การหาค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด เพื่อทดสอบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเมื่อหดตัวสูงสุด จากนั้นจะนำค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ได้ในแต่ละช่วงของการเตะมาเปรียบเทียบกับค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อมัดนั้น ๆ บันทึกค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (% Maximum Voluntary Contraction: % MVC) และนำค่าที่ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

อิเล็กโทรดและการติดตั้ง

ขณะที่วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในคนที่ปฏิบัติท่าทางการเคลื่อนไหวต่าง ๆ นั้น จะทำให้อิเล็กโทรดชนิดแผ่นที่ติดผิวหนังเคลื่อนที่ เปลี่ยนตำแหน่งได้ แต่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้โดยการเลือกอิเล็กโทรดที่เหมาะสม โดยใช้อิเล็กโทรดชนิดซิลเวอร์อิเล็กโทรดที่เคลือบด้วยคลอไรด์ (Ag/AgCl) ปิดบนผิวหนังเพื่อเก็บสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อได้อิเล็กโทรด และจุดสำคัญจะต้องติดอิเล็กโทรดให้ถูกจุดที่ต้องการ ในการติดอิเล็กโทรด ควรใช้แผ่นปิดที่เป็นแถบขาว ตรวจสอบว่าขั้วอิเล็กโทรดนั้นมีเจลเคลือบอยู่ตลอดเวลาและจะต้องติดอิเล็กโทรดจำนวน 3 อันต่อการวัดกล้ามเนื้อ 1 มัด คือ อิเล็กโทรดที่ขั้ววัด (Measuring Electrode) อิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) และอิเล็กโทรดขั้วสายดิน (Ground Electrode)

วิธีติดขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า (อิเล็กโทรด) เพื่อวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

1. ทำความสะอาดบริเวณกล้ามเนื้อที่จะติดขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าด้วยการเช็ดแอลกอฮอล์หาตำแหน่งที่จะติดขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อ (Electrical Stimulator รุ่น Phyaaction 300)
2. นำขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดแผ่น ติดที่จุดที่ทำเครื่องหมายไว้ให้แนบ ต่อสายเข้ากับช่องวัดที่ 1, 2, 3 และ 4 ของเครื่องอีเอ็มจี (รุ่น ME3000P) โดย ต่อสายช่องวัดที่ 1 ที่กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ต่อสายช่องวัดที่ 2 ที่กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ต่อสายช่องวัดที่ 3 ที่กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และสายช่องวัดที่ 4 ที่กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว (ขาซ้าย)
3. ทดสอบการรับสัญญาณของเครื่องมือวัดโดยทดลองส่งข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อพิจารณาผลการตรวจวัด
4. ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของขาที่ใช้รับน้ำหนักตัวตลอดช่วงของการเตะซึ่งแบ่งย่อยเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ร่างกายเริ่มเคลื่อนไหวจนกระทั่งเท้าซ้ายสัมผัสพื้น (Presupport Phase) และช่วงที่เท้าซ้ายสัมผัสพื้นจนกระทั่งเท้าขวาปะทะกับลูกฟุตบอล (Support Phase) (โดยเลือกพารามิเตอร์ Raw EMG Saving Form Law Online ใช้ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ ที่เครื่อง ME3000P แล้วเริ่มสตาร์ท (Start) ที่เครื่อง ME3000P พร้อมส่งข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อพิจารณาผลการตรวจวัด)



กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน
(Vastus Medialis: VM)



กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส
(Rectus Femoris: RF)



กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก
(Vastus Lateralis: VL)



กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส
(Biceps Femoris: BF)

ภาพประกอบ 2 แสดงมัดกล้ามเนื้อที่ทำการศึกษาและตำแหน่งของการติดอิเล็กโทรด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในต่างประเทศ

ดอร์จ; และคนอื่น ๆ (Dorge; et al. 1999: Online) ได้ทำการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อโอลิโอโซแอส (Iliopsoas) และคิเนติกส์ของขาระหว่างการเตะลูกฟุตบอลจากที่ตั้ง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างจำนวน 7 คน เป็นนักฟุตบอลที่มีทักษะดี ทำการเตะฟุตบอลด้วยความเร็วสูงสุดคนละ 3 ครั้ง ระหว่างการเตะจะถูกบันทึกภาพด้วยฟิล์มจากกล้องความเร็วสูงขนาด 400 เฮิร์ตซ์ และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อบันทึกจากกล้ามเนื้อของขาข้างที่เหวี่ยงเตะจำนวน 5 มัด รวมถึงอิเล็กโทรดชนิดเข็มที่แทรกไว้ในกล้ามเนื้อโอลิโอโซแอส สัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเปรียบเทียบกับคิเนติกส์ของขาที่ใช้เหวี่ยงเตะซึ่งคำนวณจากตัวเลขที่ได้จากฟิล์ม

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการพลิกกลับของทอร์กอย่างรุนแรงของข้อสะโพกก่อนการกระแทก การลดลงของความเร็วเชิงมุมของส่วนต้นขาไม่ได้ทำให้ความเร็วเชิงมุมของส่วนหน้าแข้งเพิ่มขึ้น (การทำงาน -3.57 ถึง 0.0 เปอร์เซ็นต์) กล้ามเนื้อโอลิโอโซแอสมีการทำงานระหว่างการเคลื่อนไหวในท่าทางการเตะโดยมีค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออยู่ที่ 65.1-100.9 เปอร์เซ็นต์ แม้ในช่วงที่ต้นขามีความเร็วลดลง

แบงค์ออฟ; และคนอื่น ๆ (Bankoff; et al. 2000: Online) ได้ทำการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงแบบพลักระเบิดของกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานและความแข็งแรงแบบพลักระเบิดของกล้ามเนื้อในรูปแบบการเคลื่อนไหวที่จะนำไปสู่ท่าทางการเตะฟุตบอลในสนามและในการออกกำลังกายชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ท่าทางการเคลื่อนไหวในลักษณะของการยืน โดยในการทดลองนั้น ท่าทางการเคลื่อนไหวที่ทำการศึกษา วิเคราะห์ ประกอบไปด้วย ความอ่อนตัวของข้อสะโพกกับข้อเข่าในลักษณะที่งออยู่ ความอ่อนตัวและการเหยียดของข้อเข่า (การย่อตัวลงอย่างสมบูรณ์) ความอ่อนตัวของข้อสะโพกกับข้อเข่าที่เหยียดตรง ท่าทางการเคลื่อนไหวของการเตะที่ปราศจากการกระทบกับลูกบอล และท่าทางการเคลื่อนไหวของการเตะที่มีการกระทบกับลูกบอล

ผลการศึกษาพบว่า กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) แสดงการทำงานอย่างเข้มข้นในจังหวะการงอข้อสะโพกและข้อเข่าที่มากกว่า 90 องศา กับช่วงที่ข้อเข่าเหยียดจาก 60 องศา ถึง 90 องศา ในท่าทางการเคลื่อนไหวท่าเหยียดเข่าจากการย่อตัวลงอย่างสมบูรณ์และการเคลื่อนไหวในท่าทางการเตะที่มีการกระทบกับลูกบอล การทำงานของกล้ามเนื้อมัดนี้จะเข้มข้นในจังหวะการงอข้อเข่า (การย่อตัว) และในช่วงเริ่มต้นของท่าทางการเตะ

แมคฮูจ; และคนอื่น ๆ (McHugh; et al. 2002: Online) ได้ทำการศึกษาความแตกต่างของรูปแบบการทำงานระหว่างการหดตัวแบบเอกเซนทริกและคอนเซนทริกของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ที่ระดับความหนักของการหดตัวขนาดต่าง ๆ ทำการวัดค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านข้าง (Vastus Lateralis) จากกลุ่มตัวอย่างเพศชายจำนวน 10 คน ระหว่างการเหยียดเข้ากับเครื่องไอโซคิเนติก (1.05 เรเดียนต่อวินาที) ศึกษาการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งสองแบบ จากความหนักของการหดตัวที่ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (MVC) นอกจากนี้ยังทำการศึกษาการหดตัวแบบไอโซเมตริกจากการงอข้อเข่า 70 องศาที่ระดับความหนักต่าง ๆ ด้วย ค่าเฉลี่ยความถี่และ (RMS) ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะนำมาคำนวณ

ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยความถี่ของการหดตัวแบบเอกเซนทริกจะสูงกว่าการหดตัวแบบคอนเซนทริก ที่ความหนัก 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 75 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับความหนัก 100 เปอร์เซ็นต์ของค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ค่าเฉลี่ยความถี่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความหนักของการหดตัวในการหดตัวแบบไอโซเมตริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และการหดตัวแบบคอนเซนทริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ไม่พบในการหดตัวแบบเอกเซนทริก ($P=0.27$) ค่าแอมพลิจูด (RMS) ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความหนักของการหดตัวซึ่งคล้ายคลึงกันในแต่ละแบบของการหดตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .0001 สรุปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยความถี่ของการหดตัวแบบเอกเซนทริกที่สูงกว่าแบบคอนเซนทริก ที่ระดับความหนักต่ำกว่าสูงสุด เกิดจากการทำงานของมอเตอร์ยูนิตชนิดหดตัวเร็วระหว่างการหดตัวแบบเอกเซนทริกอย่างสม่ำเสมอ

ผลการศึกษา พบว่ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) แสดงให้เห็นถึงระดับความเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อในท่าทางการงอข้อสะโพกกับการงอข้อเข่าที่ระดับมากกว่า 90 องศา กับการเหยียดข้อเข่า 60 ถึง 90 องศา ในท่าทางการเหยียดข้อเข่าจากท่าทางการย่อตัว และในการเคลื่อนไหวของการเตะที่กระทบกับลูกบอล ระดับความเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อ จะมีมากในท่าทางการงอข้อเข่า และในช่วงเริ่มต้นของการเคลื่อนไหวในท่าทางการเตะ

การริสัน; และคนอื่น ๆ (Garrison; et al. 2004: S347) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบรากที่สองของค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนกำลังสอง (RMS) ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้ออย่างครึ่งส่วนล่างของร่างกายที่ถูกกำหนดในการศึกษารั้งนี้ ที่จุดเริ่มกระทบและที่จุดสูงสุดของการหมุนเข้า

ด้านในของข้อเข่าในจังหวะของการลงสู่พื้น ระหว่างกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิง กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักกีฬาฟุตบอลระดับวิทยาลัยที่มีสุขภาพสมบูรณ์ จำนวน 16 คน อายุเฉลี่ย 20.8 ปี แบ่งเป็นชาย 8 คน และหญิง 8 คน ทำการทดลองโดยการกระโดดลงสู่พื้นจากกล่องที่มีความสูง 60 เซนติเมตร คนละ 5 รอบ ข้อมูลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะบันทึกบริเวณกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน 4 มัด คือ กล้ามเนื้อก้น ส่วนกลาง (Gluteus Medius) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังส่วนด้านข้าง (Lateral Hamstrings) กล้ามเนื้อ ต้นขาด้านหน้าส่วนด้านข้าง (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กลไกการทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อเข่าจะถูกคำนวณจากแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นและข้อมูล ทางด้านคิเนแมติกส์จะถูกคำนวณจากระบบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของบริษัท ไวคอน (VICON) การเปรียบเทียบระหว่างเพศใช้สถิติ MANOVA

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อศึกษารากที่สองของค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนกำลังสอง (RMS) ของ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อที่พิจารณาในเวลาพร้อม ๆ กัน ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ตัวอย่างเพศชายและเพศหญิงที่จุดเริ่มกระทบและที่จุดสูงสุดของการหมุนเข้าด้านในของข้อเข่าใน จังหวะของการลงสู่พื้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสรุปว่านักกีฬาฟุตบอลในระดับ วิทยาลัยทั้งเพศชายและหญิงมีลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อขณะลงสู่พื้นที่คล้ายคลึงกัน

กิสซิส; และคนอื่น ๆ (Gissis; et al. 2004: 489) ได้ทำการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ บริเวณ รางค์ส่วนล่างของร่างกายในนักกีฬาฟุตบอล โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงปริมาณและเปรียบเทียบ ความแข็งแรงชนิดต่าง ๆ ของกล้ามเนื้อบริเวณรางค์ส่วนล่างในนักกีฬาฟุตบอลระดับสมัครเล่นจาก ทีมท้องถิ่นในระดับการแข่งขันที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนการฝึกซ้อมที่ดี กลุ่ม ตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลระดับสมัครเล่นจำนวน 30 คน (ค่าเฉลี่ยอายุ 22.5 ± 0.5 ปี, น้ำหนักตัว 81.8 ± 4.2 กิโลกรัม, ส่วนสูง 1.80 ± 0.05 เมตร) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จำนวน 15 คน ประกอบไป ด้วยนักฟุตบอลจากระดับท้องถิ่นที่สูงกว่า และกลุ่มที่ 2 จำนวน 15 คน ประกอบไปด้วยนักฟุตบอลจาก ระดับท้องถิ่นที่ต่ำกว่า ทำการวัดโดยดูแรงต้านที่ทำให้เกิดการหดตัวแบบเอกเซนทริก ซึ่งมีผลต่อการหด ตัวของกล้ามเนื้อข้อเข่าและข้อเท้า จากท่าทางการเคลื่อนไหวในท่าเลกเพรส (Leg Press) ข้อมูล เกี่ยวกับแรงจะถูกบันทึกโดยแอมพลิฟายเออร์ของบริษัทคิสทเลอร์ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของ กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านข้าง (Vastus Lateralis) กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) กล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius) กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) และกล้ามเนื้อหน้า แข้ง (Tibialis) ถูกบันทึกโดยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ รุ่น MYOSYSTEM 2000 การทดสอบจะ แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ 1. การหดตัวแบบไอโซเมทริก 2. การหดตัวแบบเอกเซนทริก 3. การหดตัว แบบคอนเซนทริก ในแต่ละระยะค่าแรงเฉลี่ยและค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดจะนำไปวิเคราะห์ โดย

ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (MVC) ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผลการศึกษาพบว่า แรงสูงสุดในช่วงของการหดตัวแบบไอโซเมตริก เท่ากับ $1,956.5 (\pm 231.2)$ นิวตัน ในช่วงการหดตัวแบบเอกเซนตริก เท่ากับ $2,254.9 (\pm 398.8)$ นิวตัน และในช่วงการหดตัวแบบคอนเซนตริก เท่ากับ $1,738.7 (\pm 284.3)$ นิวตัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างการหดตัวแบบไอโซเมตริก และการหดตัวแบบเอกเซนตริก โดยที่การหดตัวแบบเอกเซนตริก มีค่าสูงกว่า ระหว่างการหดตัวแบบไอโซเมตริก และการหดตัวแบบคอนเซนตริก โดยที่การหดตัวแบบคอนเซนตริก มีค่าสูงกว่า การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างกันทั้งการหดตัวแบบไอโซเมตริก เอกเซนตริก และคอนเซนตริก สำหรับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละมัดกล้ามเนื้อนั้นไม่พบความแตกต่าง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่านักฟุตบอลจากระดับท้องถิ่นที่สูงกว่ามีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงกว่านักฟุตบอลจากระดับท้องถิ่นที่ต่ำกว่า สามารถสรุปได้ว่าเป็นผลจากการหดตัวแบบเอกเซนตริกสูงสุด การเพิ่มขึ้นของระดับแรงต้านไม่ได้มีผลทำให้ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น มันเป็นการรวมลักษณะของการยืดหยุ่นและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ

เคลลิส; คาทิส; และกิสซิส (Kellis; Katis; & Gissis. 2004: 1017) ได้ทำการศึกษาดูแปรทางด้านชีวกลศาสตร์ซึ่งประกอบไปด้วยคินาเมติกส์ของข้อเข่า รูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและแรงปฏิกิริยาจากพื้นของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัวระหว่างการเตะฟุตบอลด้วยลูกหลังเท้าจากการเคลื่อนที่เข้าหาลูกฟุตบอลในมุมต่าง ๆ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลชาย 10 คน ทำการเตะฟุตบอลด้วยความแรงสูงสุดโดยเคลื่อนที่ทำมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา กับลูกฟุตบอล ระหว่างการทดลองจะทำการวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น รวมถึงวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ และการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris)

ผลการศึกษาพบว่า การเปรียบเทียบระหว่างมุมชี้ให้เห็นว่า แรงปฏิกิริยาจากพื้นจะสูงบริเวณส่วนกลางและส่วนหลังของฝ่าเท้า ส่วนด้านหน้าจะมีค่าต่ำ ที่มุม 90 องศาและ 45 องศา ชี้ให้เห็นว่าข้อเข่ามีการหมุนออกทางด้านข้างในอัตราสูง การงอเต็มที่ การหมุนเข้าด้านใน ความเร็วของการกางและหุบของกระดูกหน้าแข้งที่สัมพันธ์กับกระดูกต้นขาของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว สูงกว่าการเตะที่มุม 0 องศา ($P < 0.01$) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ในช่วงก่อนและภายหลังจากที่เท้าวางกระทบกับพื้น ที่มุม 90 องศาและ 45 องศา สูงกว่าการเตะที่มุม 0 องศา ($P < 0.01$) ซึ่งสรุปได้ว่าการเตะฟุตบอลในลักษณะที่ต้องมีการเคลื่อนที่ทำมุมกับลูกฟุตบอลมุมสูง ๆ จะเพิ่มความหนักของการทำงานบริเวณข้อเข่าของขาข้างที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว

มานิโลโพลอส; พาปาโดโพลอส; และเคลลิส (Manolopoulos; Papadopoulos; & Kellis. 2005: Online) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงร่วมกับเทคนิคการเตะที่มีต่อคิเนแมติกส์ และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อระหว่างการเล่นฟุตบอลด้วยลูกหลังเท้า กลุ่มตัวอย่างคือนักฟุตบอลระดับสมัครเล่นจำนวน 10 คน ค่าเฉลี่ยอายุ 19.9 ± 0.4 ปี น้ำหนัก 74.8 ± 9.1 กิโลกรัม ส่วนสูง 177.4 ± 6.7 เซนติเมตร เป็นกลุ่มทดลอง ในขณะที่ผู้เล่นอีก 10 คน ค่าเฉลี่ยอายุ 21.6 ± 1.3 ปี น้ำหนัก 71.5 ± 6.7 กิโลกรัม ส่วนสูง 175.2 ± 3.4 เซนติเมตร เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองทำการฝึกซ้อมฟุตบอลตามโปรแกรมเฉพาะเจาะจงที่ประกอบด้วยการเล่นความแข็งแรงร่วมกับการฝึกเทคนิค เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนทำการเตะฟุตบอลด้วยลูกหลังเท้า โดยใช้การก้าวเท้า 2 ก้าวเข้าหาลูกฟุตบอล ขณะที่ข้อมูลการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากกล้ามเนื้อ 6 มัดของขาที่ใช้เหยียดและขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัวจะถูกบันทึกทั้งก่อนและหลังการฝึก พร้อมทั้งความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซเมทริกในท่าเลกเพรส (Leg Press) การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะทาง 10 เมตร ความเร็วสูงสุดในการปั่นจักรยานวัดงาน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำแสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองมีการพัฒนาในส่วนความเร็วสูงสุดของลูกบอล ความเร็วเชิงเส้นของเท้า ข้อเท้า และความเร็วเชิงมุมของข้อต่อต่าง ๆ ในช่วงสุดท้ายของการเตะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการฝึกไม่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ขณะที่ความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซเมทริกและระยะเวลาในการเตะด้วยความเร็วสูงสุดพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้โปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลโดยมีการฝึกความแข็งแรงแบบเฉพาะเจาะจงจะช่วยพัฒนาความสามารถในการเล่นฟุตบอลให้ดีขึ้น

งานวิจัยในประเทศ

กนกพร จันทวร (2542: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาและหาความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ แขน ไหล่ และหลังส่วนบน ระหว่างนักยกน้ำหนักที่มีทักษะแตกต่างกันและยกน้ำหนักด้วยความหนักที่ต่างกันโดยกลุ่มตัวอย่างคือนักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูงจำนวน 5 คน และนักยกน้ำหนักที่มีทักษะต่ำกว่าจำนวน 9 คน จากนักยกน้ำหนักเยาวชนทีมชาติไทย และนักยกน้ำหนักเยาวชนชายโรงเรียนกีฬาจังหวัดนครราชสีมาตามลำดับ ให้นักยกน้ำหนักทั้งสองกลุ่มยกน้ำหนักในท่าสแนทช์ ด้วยความหนัก 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้เพียง 1 ครั้ง บันทึกภาพการเคลื่อนไหวและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไว้ แล้ววิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วง เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยค่า t ที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ช่วงมีดังนี้ ช่วงที่ 1 นักยกน้ำหนักใช้กล้ามเนื้อหลังส่วนบนในการยกบาร์เบลล์จากพื้นถึงเข่า ช่วงที่ 2 นักยกน้ำหนักใช้กล้ามเนื้อหลังส่วนบน กล้ามเนื้อไหล่ และกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า ทำงานประสานกันเพื่อยกบาร์เบลล์จากเข่าถึงเอว ช่วงที่ 3 นักยกน้ำหนักใช้กล้ามเนื้อไหล่ กล้ามเนื้อหลังส่วนบน และกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง ยกบาร์เบลล์ให้สูงขึ้นเหนือศีรษะ ช่วงที่ 4 นักยกน้ำหนักใช้กล้ามเนื้อหลังส่วนบน และกล้ามเนื้อไหล่ตรึงบาร์เบลล์ที่อยู่เหนือศีรษะให้มั่นคง เมื่อเพิ่มน้ำหนักที่ใช้ยกเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่านักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูง มีการทำงานของกล้ามเนื้อไหล่ กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลังเพิ่มมากขึ้นส่วนนักยกน้ำหนักที่มีทักษะต่ำกว่ามีการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อทุกมัด ยกเว้นกล้ามเนื้อหลังส่วนบน นั่นก็คือ เมื่อน้ำหนักที่ใช้ยกมีมากขึ้นและมีทักษะมากขึ้น พบว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยแสดงให้เห็นว่ากล้ามเนื้อทำงานมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องฝึกยกน้ำหนักด้วยน้ำหนักที่สามารถยกได้สูงสุดเมื่อนักกีฬามีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพียงพอเพื่อช่วยให้สามารถชักกล้ามเนื้อและทักษะที่ถูกต้องในแต่ละช่วงของการยกน้ำหนักท่าสแนทช์

เรณู พรหมเนตร (2542: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาและหาความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสะโพกและกล้ามเนื้อขา ร่วมกับการเคลื่อนไหว 2 มิติของขา ระหว่างนักยกน้ำหนักที่มีทักษะแตกต่างกันและยกน้ำหนักด้วยความหนักที่ต่างกัน สุ่มนักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูง จำนวน 5 คน และนักยกน้ำหนักที่มีทักษะต่ำกว่า จำนวน 9 คน จากนักยกน้ำหนักเยาวชนทีมชาติไทย และนักยกน้ำหนักเยาวชนชาย โรงเรียนกีฬาจังหวัดนครราชสีมาตามลำดับ ให้นักยกน้ำหนักทั้งสองกลุ่มยกน้ำหนักในท่าสแนทช์ ด้วยความหนัก 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้เพียง 1 ครั้ง บันทึกภาพการเคลื่อนไหวและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไว้ หลังจากนั้นจึงแบ่งคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและภาพการเคลื่อนไหว 2 มิติที่บันทึกได้จากการยกท่าสแนทช์ ออกเป็น 4 ช่วง เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยค่า ที่ ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อเพิ่มน้ำหนักที่ใช้ยก คลื่นไฟฟ้าและการเคลื่อนไหว 2 มิติ ในแต่ละช่วงมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ช่วงที่ 1 เริ่มจากท่าเริ่มต้นถึงสิ้นสุดการดึงบาร์เบลล์ในจังหวะที่ 1 พบว่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสะโพกและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของทั้งสองกลุ่มมีค่ามากขึ้น ร่วมกับการเพิ่มการเหยียดสะโพกและเข่า ผลที่ได้ในช่วงที่ 2 ซึ่งเริ่มจากสิ้นสุดการดึงบาร์เบลล์ในจังหวะหนึ่งถึงสิ้นสุดการดึงบาร์เบลล์ในจังหวะสอง เหมือนกับในช่วงที่ 1 นอกจากนี้ยังพบว่าการเหยียดข้อสะโพกและเข่าด้วยความเร็วเชิงมุมที่มากขึ้นด้วย ช่วงที่ 3 เริ่มจากสิ้นสุดการดึงบาร์เบลล์ในจังหวะที่สองถึงการดึงด้วยแขนและนั่งลงรับบาร์เบลล์ พบว่านักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูง มีคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากขึ้น รวมทั้งการงอสะโพกมีค่ามากขึ้น และลดความเร็วเชิงมุมในการงอเข่า ช่วงที่ 4 เป็นท่าสิ้นสุด เริ่มจากสิ้นสุดท่านั่งรับบาร์เบลล์จนกระทั่งยืนขึ้นพบว่า นักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูงมี

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากขึ้น รวมทั้งเหยียดสะโพกและเข่ามากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างนักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูงกับนักยกน้ำหนักที่มีทักษะต่ำกว่า ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อนักน้ำหนักที่เขี่ยมากขึ้นและมีทักษะที่มากขึ้น พบว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและการเคลื่อนไหว 2 มิติของขา มีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องฝึกยกน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและทักษะในการยกน้ำหนัก

ปรเมท เหมรชตันท (2547: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ ความเร็วข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก ข้อศอก ข้อมือ ปลายดาบ และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในท่าลันซ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟันดาบหญิงทีมชาติไทย ของสมาคมฟันดาบสมัครเล่นแห่งประเทศไทย ที่อยู่ในโครงการเตรียมนักกีฬาเพื่อการแข่งขันซีเกมส์ ครั้งที่ 22 ณ ประเทศเวียดนาม จำนวน 10 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) โดยให้กลุ่มตัวอย่าง เคลื่อนไหวในท่าลันซ์ และปลายดาบเข้าเป้าหมาย จำนวน 10 ครั้ง บันทึกภาพด้วยกล้องวิดีโอ พร้อมบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านข้าง (Vastus Lateralis) เลือกการเคลื่อนไหวที่เร็วที่สุดและดาบเข้าเป้าหมาย วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 2 มิติ (APAS) และเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (ME3000P V.1.4) นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ผลการศึกษาพบว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านข้าง (Vastus Lateralis) มีค่า 346.20, 491.50 และ 539.40 ไมโครโวลต์ ตามลำดับ ความเร็วข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก ข้อศอก ข้อมือ และปลายดาบ ในขณะที่มุมข้อศอกเหยียดตรง มีค่า 1.480, 0.875, 0.738, 2.294, 2.080, 2.042 เมตร/วินาที และขณะปลายดาบกระทบเป้า 1.759, 2.516, 2.314, 2.449, 2.326, 2.591 เมตร/วินาที สรุปได้ว่า การเคลื่อนไหวในท่าลันซ์ แขนเป็นส่วนที่สำคัญในการเคลื่อนไหวเพื่อควบคุมปลายดาบให้เข้าสู่เป้าหมาย และในขณะที่ปลายดาบกระทบเป้า ขาเป็นส่วนที่สำคัญในการควบคุมแนวการเคลื่อนที่ เพื่อสร้างความเร็วปลายดาบ

มานิกา แสงหิรัญ (2547: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ขณะที่ยืน 75 องศา ก่อนการล้ากับภายหลังการฝึกซ้อม ระหว่างวิธีการที่ 1 นั่งพักเฉย ๆ วิธีการที่ 2 กระตุ้นด้วยกระแสไดอะไดนามิกรูปแบบคลื่นไดเฟส พิกซ์ และวิธีการที่ 3 กระตุ้นด้วยกระแสไดอะไดนามิกรูปแบบคลื่นคอส์ด พรีเว็ค ซึ่งทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง นักกีฬาฮอกกี้อยู่ในชมรมกีฬาสก๊อต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน มีอายุระหว่าง 19-21 ปี เพศหญิง จำนวน 12 คน โดยกลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบสัปดาห์

ละ 3 ครั้ง ซึ่งจะทำการทดสอบวันเว้นวันใน 1 สัปดาห์ และใน 1 วันของการทดสอบ จะได้รับวิธีการปฏิบัติในช่วงการพักฟื้น 1 วิธีการ ภายหลังจากการปฏิบัติจนเกิดความล้า ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างจะได้รับ การปฏิบัติในช่วงการพักฟื้นครบทั้ง 3 วิธี คือ วิธีการที่ 1 วิธีการที่ 2 และวิธีการที่ 3 และทำการทดสอบ ให้มีการเกร็งเหยียดเข่า ขณะที่งอเข่า 75 องศา ใน 1 รอบ ของการทดสอบให้มีการเกร็ง 6 วินาที พัก 2 วินาที และบันทึกค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ก่อนการล้า ภายหลังจากการล้า และภายหลังจากการพักฟื้น นำผลที่ได้มาทำให้เป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ก่อนการล้ากับภายหลังจากการล้า และก่อนการล้ากับภายหลังจากการพักฟื้น แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางเดียวรูปแบบการวัดซ้ำมิติเดียว และทำการเปรียบเทียบภายหลังโดยใช้วิธีการของดุกีย์ (Tukey)

ผลการศึกษาพบว่า ในกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และ กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านข้าง (Vastus Lateralis) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้า กล้ามเนื้อ ก่อนการล้ากับภายหลังจากการพักฟื้น ระหว่างวิธีการที่ 1 วิธีการที่ 2 และวิธีการที่ 3 ไม่แตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนในกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านข้าง (Vastus Lateralis) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ก่อนการล้ากับภายหลังจากการพักฟื้น ระหว่างวิธีการที่ 1 แตกต่างกับวิธีการที่ 2 และ วิธีการที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่วิธีการที่ 2 กับวิธีการที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่วิธีการที่ 2 และวิธีการที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมากกว่าวิธีการที่ 1 จากการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า การให้การกระตุ้นด้วยกระแส ไดอะไดนามิกรูปแบบคลื่นไดเฟส พิกซ์ และกระตุ้นด้วยกระแสไดอะไดนามิกรูปแบบคลื่นคอสด์ พีเรียด ในช่วงการพักฟื้นมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ภายหลังจากการพักฟื้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชายในระดับอุดมศึกษา จำนวน 25 คน ซึ่งเป็นนักกีฬาฟุตบอลของทีมนมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชายในระดับอุดมศึกษา ซึ่งเป็นนักกีฬาฟุตบอลของทีมนมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Random Sampling) จำนวน 12 คน จากกลุ่มประชากร 25 คน และผ่านเงื่อนไขของการคัดเลือกดังนี้

1. เป็นผู้ที่มีการฝึกซ้อมฟุตบอลอย่างต่อเนื่องก่อนการทดสอบเป็นเวลาอย่างน้อย 6 เดือน
2. เป็นผู้ที่มีสุขภาพร่างกายและจิตใจ สมบูรณ์ แข็งแรง และไม่มีประวัติการได้รับบาดเจ็บอย่างรุนแรง บริเวณกล้ามเนื้อ ข้อต่ออย่างใดส่วนล่างของร่างกาย ที่เป็นอุปสรรคต่อการเตะฟุตบอล ทั้งนี้ต้องผ่านการตรวจสอบทางการแพทย์ภายในระยะเวลา 10 วัน ก่อนเข้ารับการทดสอบ
3. เป็นผู้ที่มีความถนัดและใช้เท้าขวาในการเตะฟุตบอลได้ดีที่สุด
4. เป็นผู้ที่ได้ลงนามในหนังสือแสดงความยินยอม

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมการทดสอบ การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยคิดค้นและพัฒนาขึ้น

การทดสอบหาความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

1. ศึกษาแบบทดสอบต่าง ๆ และปรึกษา สอบถาม ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างโปรแกรมการทดสอบ การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน แล้วนำไปปรึกษาประธานและกรรมการ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง
3. ทำการทดสอบหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ ด้วยวิธีการทดสอบซ้ำ (Test-Retest Method) โดยใช้กลุ่มทดสอบ จำนวน 5 คน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้
 - 3.1 ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง
 - 3.2 ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าขณะที่ทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximum Voluntary Contraction: MVC) ของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด (ขาซ้าย) ได้แก่ กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรดตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซพส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว (ขาซ้าย) (ภาคผนวก ก)
 - 3.3 ทดลองทำการทดสอบการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน 3 มุม คือ 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา
 - 3.4 ทดลองบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน 3 มุม คือ 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา โดยในการทดสอบแต่ละมุม จะทำการทดสอบมุมละ 2 ครั้ง แต่แต่ละครั้งให้ผู้เข้ารับการทดสอบพักเป็นเวลา 3 นาที และก่อนจะเปลี่ยนมุมในการทดสอบแต่ละครั้ง ให้ผู้เข้ารับการทดสอบพักเป็นเวลา 5 นาที
 - 3.5 นำค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ได้จากการทดสอบในแต่ละมุม (มุมละ 2 ครั้ง) มาเปรียบเทียบกับค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อมัดนั้น ๆ บันทึกค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (% Maximum Voluntary Contraction: % MVC) แล้วนำข้อมูลมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบดังนี้
 - 3.5.1 การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .94 ($r = .94$)
 - 3.5.2 การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .89 ($r = .89$)
 - 3.5.3 การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .87 ($r = .87$)

4. นำโปรแกรมการทดสอบ การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกันมาปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ

5. นำโปรแกรมการทดสอบ การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน ไปให้ประธานและกรรมการตรวจสอบความถูกต้อง

6. นำโปรแกรมการทดสอบ การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกันไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (รุ่น ME3000P) และโปรแกรมวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG Analysis, Muscle Tester ME3000P Version 1.2) บริษัท Mega Electronics ประเทศฟินแลนด์

2. ขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าชนิดผิว (Surface Electrode) บริษัท Medicotest ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งสร้างจากโลหะซิลเวอร์ (Ag) และสารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl)

3. กล้องวิดีโอบันทึกภาพ (Video Camera) เครื่องหมายการค้า Panasonic ประเทศญี่ปุ่น ระบบ NTSC ซึ่งความถี่ของการบันทึกภาพเท่ากับ 60 เฮิรตซ์

4. เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและอุปกรณ์ (Electrical Stimulator รุ่น Phyaaction 300)

5. สำลี แอลกอฮอล์ และกระดาษกาว

6. ชุดที่ใช้ในการทดสอบ เสื้อยืด กางเกงขาสั้น

7. รองเท้าผ้าใบ ถุงเท้าสั้น

8. ลูกฟุตบอล ขนาดและความดันลมมาตรฐาน

9. ประตูฟุตบอลจำลองขนาดมาตรฐาน พร้อมด้วยตาข่าย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. จัดหาผู้ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลพร้อมทั้งอธิบายและสาธิตวิธีการต่าง ๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้เข้าใจในรายละเอียดของการทดสอบ ตลอดจนวิธีการปฏิบัติและการบันทึกผล การทดสอบให้เข้าใจถูกต้องตรงกัน

2. ทำการนัดหมายกลุ่มตัวอย่าง เกี่ยวกับวัน เวลาและสถานที่ที่ใช้ทำการทดสอบ

3. เตรียมอุปกรณ์และสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ โดยใช้อาคารกีฬา 2 ศูนย์กีฬาสิรินธร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

4. ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย

5. เตรียมการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ขณะทำการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน 3 มุม คือ 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา โดยมีขั้นตอนดังนี้

5.1 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบสวมชุด และรองเท้าผ้าใบที่ใช้ในการวิจัย

5.2 ผู้เข้ารับการทดสอบทำการอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 15 นาที โดยการปั่นจักรยาน วดงานด้วยความหนักต่ำกว่าสูงสุด เป็นเวลา 5 นาที ตามด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและกายบริหารกล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกาย เป็นเวลา 10 นาที

6. ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าขณะที่ทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximum Voluntary Contraction: MVC) ของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด (ขาซ้าย) ได้แก่ กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว (ขาซ้าย) (ภาคผนวก ก)

7. การบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ขณะทำการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน 3 มุม คือ 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา มีขั้นตอนดังนี้ คือ

7.1 เตรียมผู้เข้ารับการทดสอบ โดยใช้ขั้วสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิวชุดเดิมที่ติดไว้บนกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด ขณะทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด โดยไม่มีการเคลื่อนย้ายขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า

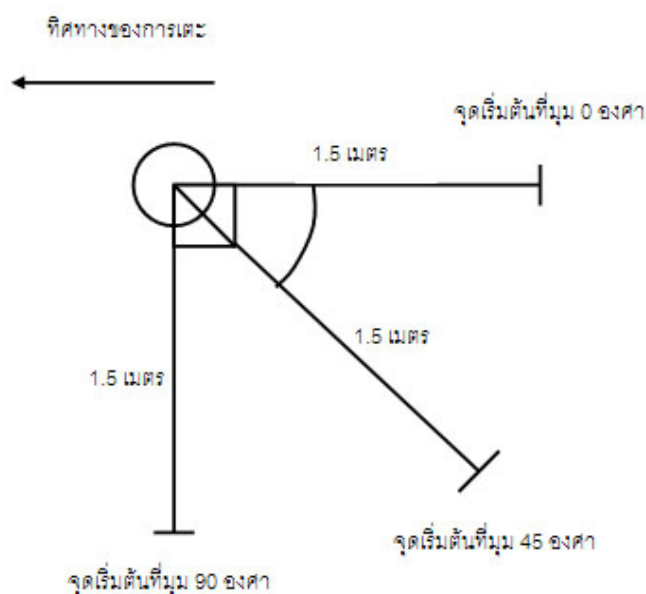
7.2 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบ ทดลองเตะฟุตบอลโดยใช้การเตะในลักษณะลูกหลังเท้า (Instep Kick) ด้วยความแรงต่ำกว่าสูงสุด จากมุมที่แตกต่างกัน 3 มุม คือ 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา มุมละ 2 ครั้ง ไปยังเป้าหมายซึ่งเป็นประตูฟุตบอลจำลองขนาดมาตรฐาน ระยะห่างออกไป 11 เมตร เพื่อเตรียมความพร้อมและซักซ้อมวิธีการก่อนการทดสอบจริง

7.3 ผู้เข้ารับการทดสอบแต่ละคน จะได้รับคำสั่งจากผู้วิจัยให้ปฏิบัติโดยเริ่มจากมุมใดมุมหนึ่งที่แตกต่างกัน

7.4 การทดสอบการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน ผู้เข้ารับการทดสอบยืนเท้าคู่กัน อยู่ห่างจากลูกฟุตบอล 1.5 เมตรในตำแหน่งที่กำหนดไว้ เริ่มต้นการเคลื่อนไหวด้วยการก้าวเท้าซ้ายมาวางข้างลูกฟุตบอล จากนั้นเตะลูกฟุตบอลด้วยเท้าขวาโดยใช้การเตะในลักษณะลูกหลังเท้า ไปยังเป้าหมายข้างหน้าซึ่งเป็นประตูฟุตบอลจำลองขนาดมาตรฐาน ระยะห่างออกไป 11 เมตร ด้วยความเร็วและออกแรงสูงสุด

7.5 ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดพร้อม ๆ กัน โดยบันทึกแบบต่อเนื่อง (Continuous Mode) และตั้งความถี่ของการบันทึก (Sampling Frequency) ที่ 1,000 เฮิรตซ์

7.6 การทดสอบการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่ต่างกัน (0 องศา 45 องศา และ 90 องศา) จะทำการทดสอบมุมละ 5 ครั้ง แต่แต่ละครั้งให้ผู้เข้ารับการทดสอบพักเป็นเวลา 3 นาที และก่อนจะเปลี่ยนมุมในการทดสอบแต่ละครั้ง ให้ผู้เข้ารับการทดสอบพักเป็นเวลา 5 นาที



ภาพประกอบ 3 แสดงตำแหน่งของจุดเริ่มต้นในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา

8. นำค่าจากการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ

8.1 นำค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ได้ มาวิเคราะห์หาค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ย (Average EMG) ในแต่ละช่วงของการเตะ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG Analysis, Muscle Tester ME3000P Version 1.2) และนำค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ได้ในแต่ละช่วงของการเตะมาเปรียบเทียบกับ ค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อมัดนั้น ๆ บันทึกค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (% Maximum Voluntary Contraction: % MVC)

8.2 นำค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด มาแยกเพื่อทำการวิเคราะห์ตลอดช่วงของการเตะ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ

8.2.1 ช่วงที่ 1 คือ ช่วงที่ร่างกายเริ่มเคลื่อนไหวจนกระทั่งเท้าสัมผัสพื้น (Presupport Phase)

8.2.2 ช่วงที่ 2 คือ ช่วงที่เท้าสัมผัสพื้นจนกระทั่งเท้าพาปะทะกับลูกฟุตบอล (Support Phase)

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้หลักเกณฑ์ทางสถิติ เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในแต่ละช่วงของการเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน ทั้ง 3 มุม ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติ

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ของกลุ่มตัวอย่าง
2. การเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว แต่ละมัดกล้ามเนื้อ ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน 3 มุม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการทดลองแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว (Analysis of Variance for Repeated Measures in an One-Dimensional Design) ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. หากพบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัวแต่ละมัดกล้ามเนื้อ ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมต่าง ๆ โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. การเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว แต่ละมัดกล้ามเนื้อ ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา) โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance Measurement)
5. หากพบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน (Mean)
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน (Standard Deviation)
*	แทน	ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
F	แทน	ค่าทดสอบสถิติแบบ F
n	แทน	จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง
df	แทน	ระดับของความเป็นอิสระ (Degree of Freedom)
p	แทน	โอกาสของความน่าจะเป็น (Probability)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนกำลังสอง (Mean Squares)
SS	แทน	ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบน (Sum of Squares)

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำผลจากการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา โดยแยกวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในท่าเตะ ออกเป็น 2 ช่วง นำข้อมูลที่ได้มาทดสอบหาการทำงานของกล้ามเนื้อ และนำเสนอข้อมูลในรูปของตารางและกราฟแท่งประกอบความเรียง ผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา)

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ของกลุ่มตัวอย่าง

	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
อายุ (ปี)	21.17	2.04
น้ำหนัก (กก.)	64.30	6.25
ส่วนสูง (ซม.)	173.83	6.28
n = 12		

จากตาราง 1 แสดงค่าเฉลี่ยอายุของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 21.17 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.04 ปี น้ำหนักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 64.30 กิโลกรัม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.25 กิโลกรัม และส่วนสูงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 173.83 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.28 เซนติเมตร

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่ต่างกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา)

ตาราง 2 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	11	66.870	6.079		
ภายในสมาชิก	24	28.151	2.435		
มุมการเคลื่อนที่	2	2.542	1.271	1.092	.353
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและมุมการเคลื่อนที่	22	25.609	1.164		
รวม	35	95.021	8.514		

* $p < .05$

จากตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 1 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า มุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลมุมใดมุมหนึ่ง ไม่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ต่างไปจากมุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลในมุมอื่น

ตาราง 3 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ของขาที่ใช้อำนาจรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	11	53.785	4.890		
ภายในสมาชิก	24	11.623	.625		
มุมการเคลื่อนที่	2	.212	.106	.204	.817
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและมุมการเคลื่อนที่	22	11.411	.519		
รวม	35	65.408	5.515		

* $p < .05$

จากตาราง 3 พบว่า ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ของขาที่ใช้อำนาจรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า มุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลมุมใดมุมหนึ่ง ไม่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ของขาที่ใช้อำนาจรับน้ำหนักตัว ต่างไปจากมุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลในมุมอื่น

ตาราง 4 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	11	104.635	9.512		
ภายในสมาชิก	24	6.889	1.257		
มุมการเคลื่อนที่	2	2.075	1.038	1.736	.119
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและมุมการเคลื่อนที่	22	4.814	.219		
รวม	35	111.524	10.769		

* $p < .05$

จากตาราง 4 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 1 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า มุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลมุมใดมุมหนึ่ง ไม่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ต่างไปจากมุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลในมุมอื่น

ตาราง 5 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฝิมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้
รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา
ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	11	189.406	17.219		
ภายในสมาชิก	24	32.622	3.878		
มุมการเคลื่อนที่	2	5.270	2.635	2.120	.144
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและมุมการเคลื่อนที่	22	27.352	1.243		
รวม	35	222.028	21.097		

* $p < .05$

จากตาราง 5 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฝิมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 1 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า มุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลมุมใดมุมหนึ่ง ไม่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฝิมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ต่างไปจากมุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลในมุมอื่น

ตาราง 6 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	11	1892.229	172.021		
ภายในสมาชิก	24	130.435	6.873		
มุมการเคลื่อนที่	2	2.075	1.038	.178	.838
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและมุมการเคลื่อนที่	22	128.360	5.835		
รวม	35	2022.664	178.894		

* $p < .05$

จากตาราง 6 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า มุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลมุมใดมุมหนึ่ง ไม่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ต่างไปจากมุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลในมุมอื่น

ตาราง 7 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	11	575.587	52.623		
ภายในสมาชิก	24	18.465	2.749		
มุมการเคลื่อนที่	2	4.201	2.101	3.240	.058
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและมุมการเคลื่อนที่	22	14.264	.648		
รวม	35	594.052	55.372		

* $p < .05$

จากตาราง 7 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า มุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลมุมใดมุมหนึ่ง ไม่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ต่างไปจากมุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลในมุมอื่น

ตาราง 8 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	11	2273.178	206.653		
ภายในสมาชิก	24	33.293	3.667		
มุมการเคลื่อนที่	2	4.737	2.369	1.825	.185
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและมุมการเคลื่อนที่	22	28.556	1.298		
รวม	35	2306.471	210.320		

* $p < .05$

จากตาราง 8 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า มุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลมุมใดมุมหนึ่ง ไม่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ต่างไปจากมุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลในมุมอื่น

ตาราง 9 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฝมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้
รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา
ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	11	295.376	26.852		
ภายในสมาชิก	24	898.073	422.584		
มุมการเคลื่อนที่	2	839.877	419.939	158.749 *	.000
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและมุมการเคลื่อนที่	22	58.196	2.645		
รวม	35	1193.146	449.436		

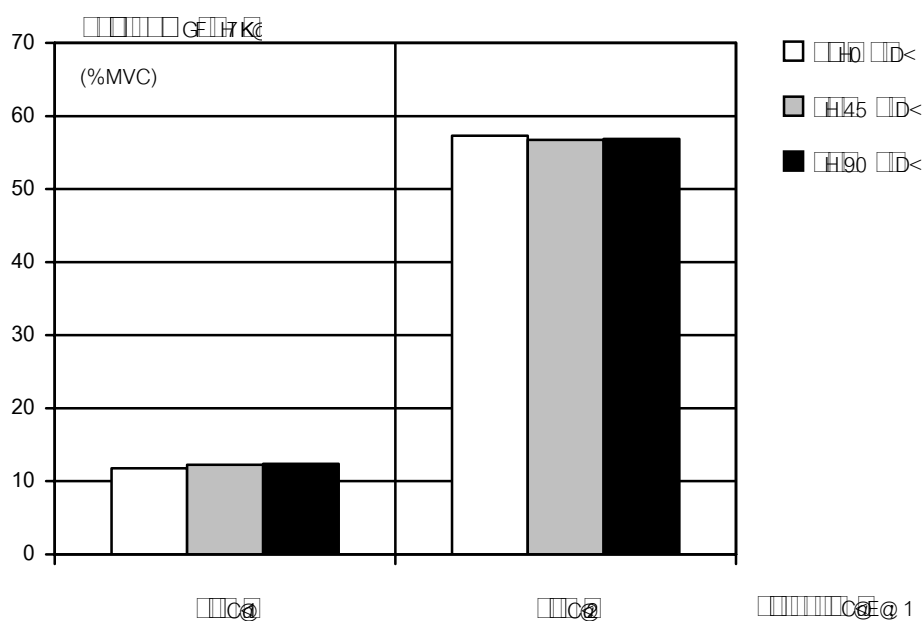
* $p < .05$

จากตาราง 9 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฝมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า มุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลมุมใดมุมหนึ่งส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อต่างไปจากมุมในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลมุมอื่น ดังนั้น จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฝมมอริส (Biceps Femoris) เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของบอนเฟรโรนี (Bonferroni) ดังตาราง 10

ตาราง 10 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฝิมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

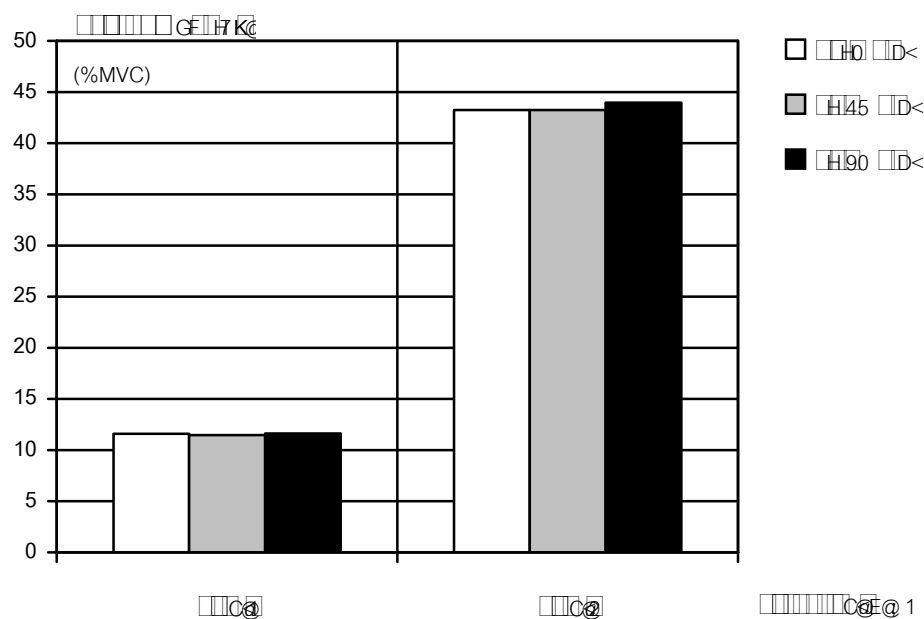
มุมการเคลื่อนที่		มุม 0 องศา	มุม 45 องศา	มุม 90 องศา
	ค่าเฉลี่ย	36.04	40.99	47.82
มุม 0 องศา	36.04	-	6.82 *	11.78 *
มุม 45 องศา	40.99		-	6.83 *
มุม 90 องศา	47.82			-

จากตาราง 10 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ พบว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฝิมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา แตกต่างกับมุม 45 องศา และมุม 0 องศา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมุม 45 องศา แตกต่างกับมุม 0 องศา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อดูจากค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ขี้ให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฝิมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา และ 45 องศา สูงกว่ามุม 0 องศา นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฝิมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา สูงกว่ามุม 45 องศา



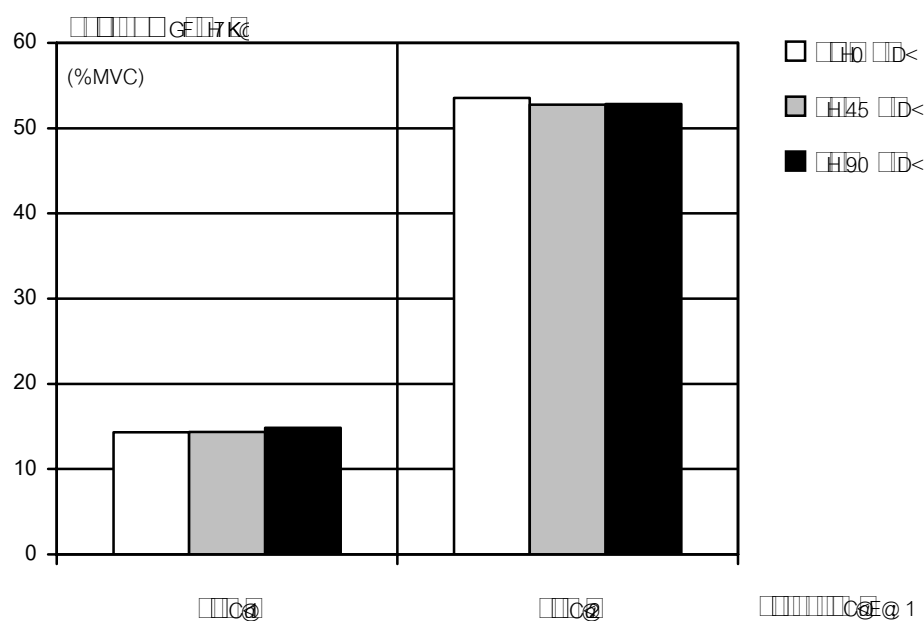
ภาพประกอบ 4 แสดงรูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา

จากภาพประกอบ 4 แสดงว่าค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในการเคลื่อนไหวทั้ง 2 ช่วง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



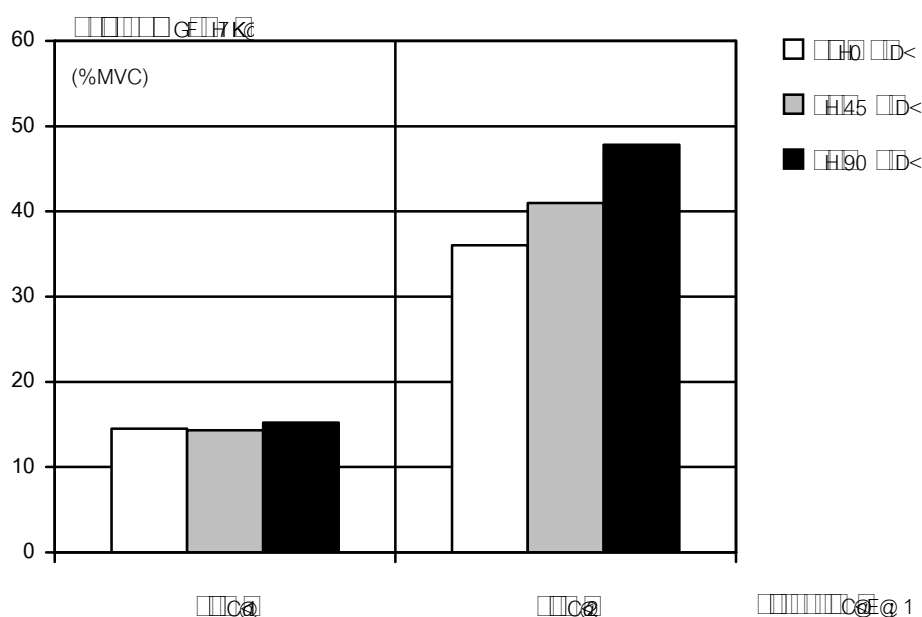
ภาพประกอบ 5 แสดงรูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา

จากภาพประกอบ 5 แสดงว่าค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในการเคลื่อนไหวทั้ง 2 ช่วง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพประกอบ 6 แสดงรูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา

จากภาพประกอบ 6 แสดงว่าค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในการเคลื่อนไหวทั้ง 2 ช่วง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพประกอบ 7 แสดงรูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา

จากภาพประกอบ 7 แสดงว่าค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ในการ เคลื่อนไหวช่วงที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ในการ เคลื่อนไหวช่วงที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้า กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะ ฟุตบอลจากมุม 45 องศา และ 90 องศา สูงกว่ามุม 0 องศาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนั้นยังพบว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้ รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา สูงกว่ามุม 45 องศา อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้องรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา)

ตาราง 11 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้องรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ	3	90.04	30.01	6.98 *	.001
ความคลาดเคลื่อน	44	189.26	4.30		
รวม	47	279.30			

* $p < .05$

จากตาราง 11 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้องรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา ในช่วงที่ 1 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า กล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่งมีการทำงานแตกต่างไปจากกล้ามเนื้อมัดอื่น ดังนั้น จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ดังตาราง 12

ตาราง 12 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา ในช่วงที่ 1 โดยวิธีของ บอนเฟอโรนี (Bonferroni)

มัดกล้ามเนื้อ	กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis)	กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris)	กล้ามเนื้อต้นขาด้านนอก (Vastus Lateralis)	กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris)
ค่าเฉลี่ย	11.78	11.59	14.31	14.53
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis)	11.78	-	0.19	2.53 *
กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris)	11.59	-	2.72 *	2.94 *
กล้ามเนื้อต้นขาด้านนอก (Vastus Lateralis)	14.31		-	0.22
กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris)	14.53			-

จากตาราง 12 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ พบว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และ กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) แตกต่างกับกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อดูจากค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ชี้ให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) สูงกว่า กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris)

ตาราง 13 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ	3	3538.76	1179.59	29.49 *	.000
ความคลาดเคลื่อน	44	1760.09	40.00		
รวม	47	5298.85			

* $p < .05$

จากตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา ในช่วงที่ 2 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า กล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่งมีการทำงานแตกต่างไปจากกล้ามเนื้อมัดอื่น ดังนั้น จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ดังตาราง 14

ตาราง 14 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา ในช่วงที่ 2 โดยวิธีของ บอนเฟอโรนี (Bonferroni)

มัดกล้ามเนื้อ		กล้ามเนื้อต้น ขาด้านหน้า ส่วนด้านใน (Vastus Medialis)	กล้ามเนื้อ เรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris)	กล้ามเนื้อต้น ขาด้านหน้า ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)	กล้ามเนื้อ ไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris)
	ค่าเฉลี่ย	57.30	41.91	53.55	36.04
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis)	57.30	-	15.39 *	3.75	21.26 *
กล้ามเนื้อเรคตัสเฟมมอริส (Rectus Femoris)	41.91		-	11.64 *	5.87
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)	53.55			-	17.51 *
กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์เฟมมอริส (Biceps Femoris)	36.04				-

จากตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ พบว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) แตกต่างกับกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) และ กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อดูจากค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ชี้ให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) สูงกว่ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) และ กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris)

ตาราง 15 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ	3	77.67	25.89	7.39 *	.000
ความคลาดเคลื่อน	44	154.06	3.50		
รวม	47	231.73			

* $p < .05$

จากตาราง 15 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา ในช่วงที่ 1 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า กล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่งมีการทำงานแตกต่างไปจากกล้ามเนื้อมัดอื่น ดังนั้น จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ดังตาราง 16

ตาราง 16 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา ในช่วงที่ 1 โดยวิธีของ บอนเฟอโรนี (Bonferroni)

มัดกล้ามเนื้อ		กล้ามเนื้อต้น ขาด้านหน้า ส่วนด้านใน (Vastus Medialis)	กล้ามเนื้อ เรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris)	กล้ามเนื้อต้น ขาด้านหน้า ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)	กล้ามเนื้อ ไบเซ็ปส เฟมมอริส (Biceps Femoris)
	ค่าเฉลี่ย	12.27	11.46	14.37	14.32
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis)	12.27	-	0.81	2.10	2.05
กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris)	11.46		-	2.91 *	2.86 *
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)	14.37			-	0.05
กล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมมอริส (Biceps Femoris)	14.32				-

จากตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ พบว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมมอริส (Biceps Femoris) แตกต่างกับกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อดูจากค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ขี้ให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วน

ด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) สูงกว่า กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris)

ตาราง 17 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis)

กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ	3	2049.21	683.07	17.46 *	.000
ความคลาดเคลื่อน	44	1721.56	39.13		
รวม	47	3770.77			

* $p < .05$

จากตาราง 17 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา ในช่วงที่ 2 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า กล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่งมีการทำงานแตกต่างไปจากกล้ามเนื้อมัดอื่น ดังนั้น จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ดังตาราง 18

ตาราง 18 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา ในช่วงที่ 2 โดยวิธีของ บอนเฟอโรนี (Bonferroni)

มัดกล้ามเนื้อ		กล้ามเนื้อต้น ขาด้านหน้า ส่วนด้านใน (Vastus Medialis)	กล้ามเนื้อ เรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris)	กล้ามเนื้อต้น ขาด้านหน้า ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)	กล้ามเนื้อ ไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris)
	ค่าเฉลี่ย	56.73	43.15	52.75	40.99
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis)	56.73	-	13.58 *	3.98	15.74 *
กล้ามเนื้อเรคตัสเฟมมอริส (Rectus Femoris)	43.15		-	9.60 *	2.16
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)	52.75			-	11.76 *
กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์เฟมมอริส (Biceps Femoris)	40.99				-

จากตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ พบว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) แตกต่างกับ กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) และ กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อดูจากค่าเฉลี่ย

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ชี้ให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) สูงกว่า กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) และ กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris)

ตาราง 19 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา ในช่วงที่ 1 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ	3	112.68	37.56	11.76 *	.000
ความคลาดเคลื่อน	44	140.56	3.19		
รวม	47	253.23			

* $p < .05$

จากตาราง 19 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา ในช่วงที่ 1 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า กล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่งมีการทำงานแตกต่างไปจากกล้ามเนื้อมัดอื่น ดังนั้น จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ดังตาราง 20

ตาราง 20 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา ในช่วงที่ 1 โดยวิธีของ บอนเฟอโรนี (Bonferroni)

มัดกล้ามเนื้อ	กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis)	กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris)	กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)	กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris)
ค่าเฉลี่ย	12.40	11.64	14.84	15.21
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis)				
กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris)	12.40	-	0.76	2.44 *
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)	14.84			
กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris)	15.21			

จากตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ พบว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) แตกต่างกับ กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อดูจากค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ชี้ให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) สูงกว่า กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris)

ตาราง 21 การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ	3	1147.62	382.54	9.14 *	.000
ความคลาดเคลื่อน	44	1842.09	41.87		
รวม	47	2989.71			

* $p < .05$

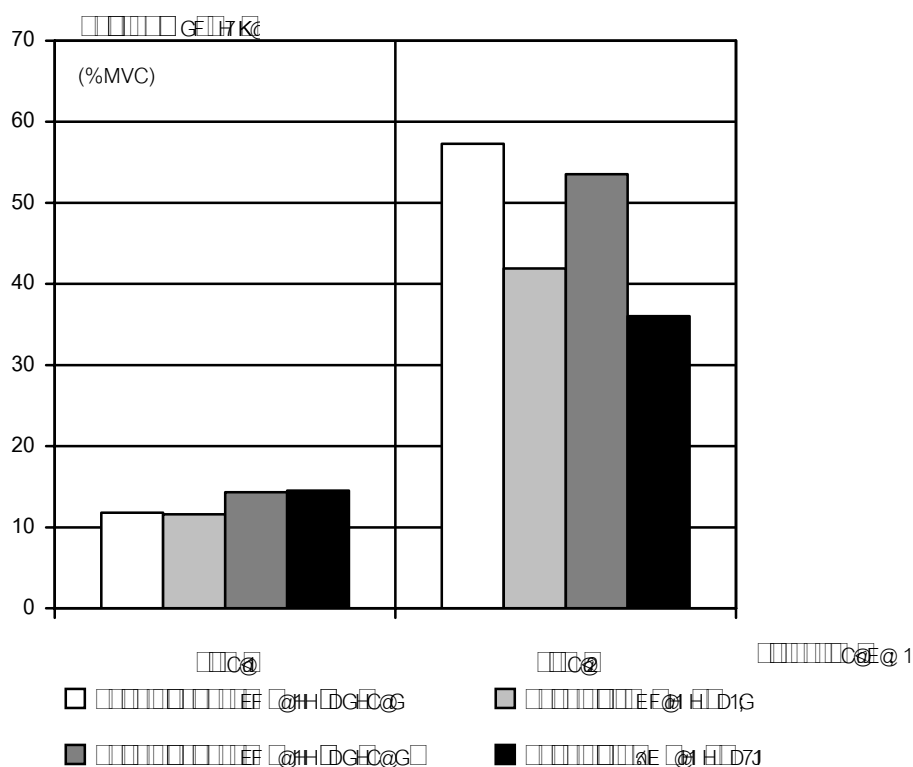
จากตาราง 21 ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา ในช่วงที่ 2 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า กล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่งมีการทำงานแตกต่างไปจากกล้ามเนื้อมัดอื่น ดังนั้น จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ดังตาราง 22

ตาราง 22 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา ในช่วงที่ 2 โดยวิธีของ บอนเฟอโรนี (Bonferroni)

มัดกล้ามเนื้อ		กล้ามเนื้อต้น ขาด้านหน้า ส่วนด้านใน (Vastus Medialis)	กล้ามเนื้อ เรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris)	กล้ามเนื้อต้น ขาด้านหน้า ส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)	กล้ามเนื้อ ไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris)
	ค่าเฉลี่ย	56.87	43.98	52.83	47.82
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis)	56.87	-	12.89 *	4.04	9.05 *
กล้ามเนื้อเรคตัสเฟมมอริส (Rectus Femoris)	43.98	-	-	8.85 *	3.84
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)	52.83	-	-	-	5.01
กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์เฟมมอริส (Biceps Femoris)	47.82	-	-	-	-

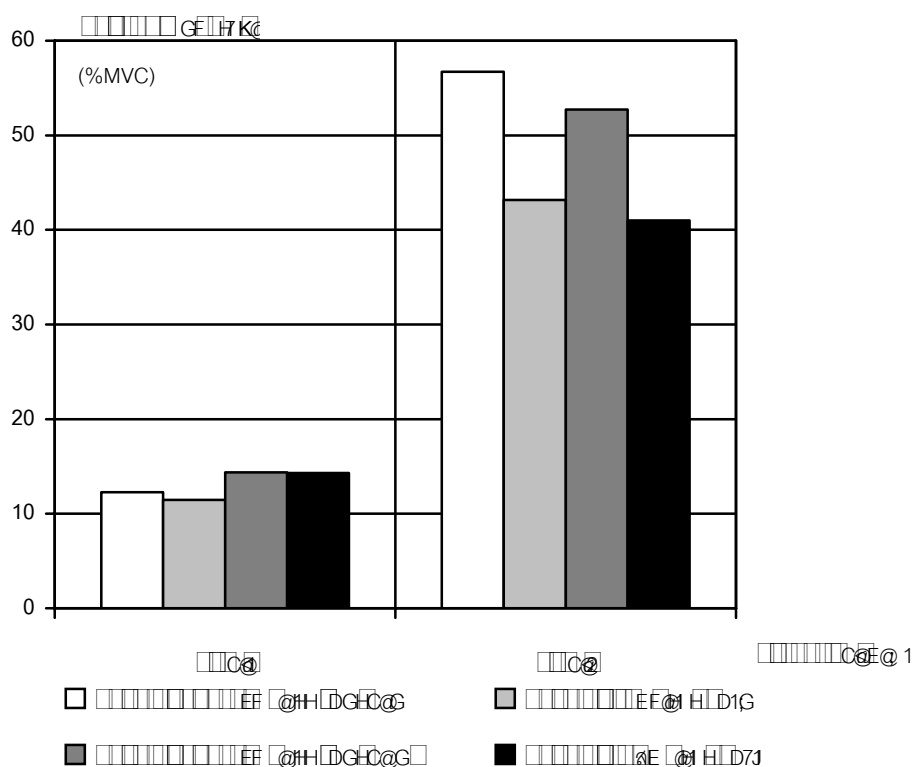
จากตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ พบว่า ค่าเฉลี่ยกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) แตกต่างกับกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ยังแตกต่างกับ

กล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมอริส (Biceps Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อดูจาก ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ชี้ให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) สูงกว่า กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ยังสูงกว่ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมอริส (Biceps Femoris)



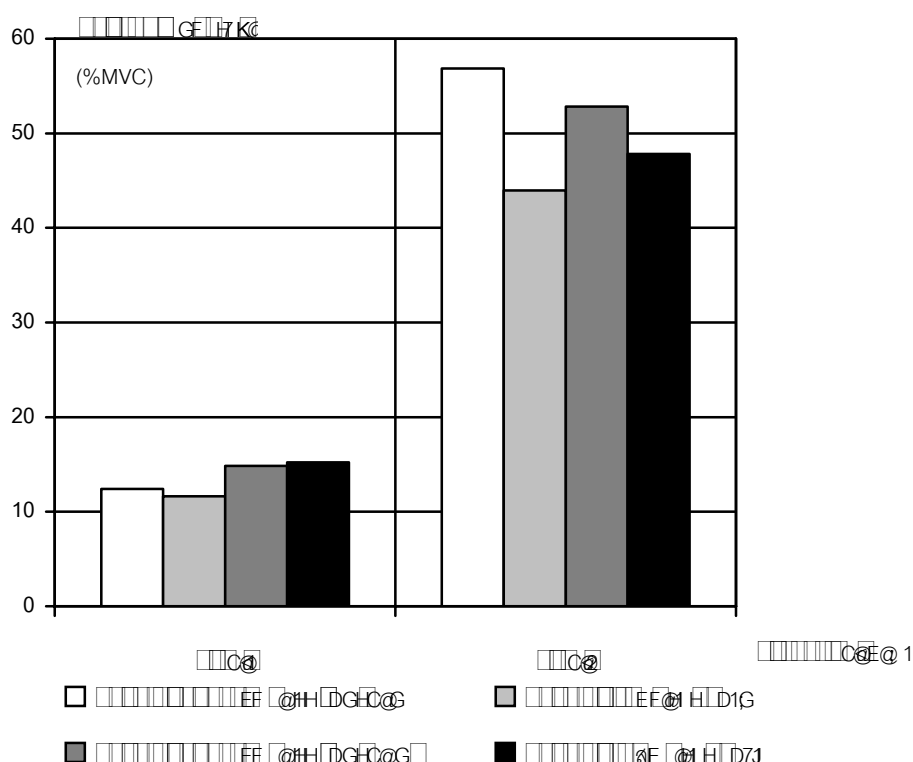
ภาพประกอบ 8 แสดงรูปแบบค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา

จากภาพประกอบ 8 แสดงว่า ในช่วงที่ 1 ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และ กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) สูงกว่า กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และช่วงที่ 2 ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) สูงกว่า กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) และ กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพประกอบ 9 แสดงรูปแบบค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้อรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา

จากภาพประกอบ 9 แสดงว่า ในช่วงที่ 1 ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) สูงกว่า กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และช่วงที่ 2 ค่าเฉลี่ยกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) สูงกว่า กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) และ กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพประกอบ 10 แสดงรูปแบบค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซพส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา

จากภาพประกอบ 10 แสดงว่า ในช่วงที่ 1 ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซพส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) สูงกว่า กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และช่วงที่ 2 ค่าเฉลี่ยกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) สูงกว่า กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) ยังสูงกว่ากล้ามเนื้อไบเซพส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สังเขปความมุ่งหมาย สมมุติฐาน และวิธีการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน
2. เพื่อหาค่าความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน
3. เพื่อหาค่าความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา)

สมมุติฐานในการวิจัย

1. คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกันมีค่าแตกต่างกัน
2. คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกันมีค่าแตกต่างกัน

วิธีการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชายในระดับอุดมศึกษา ซึ่งเป็นนักกีฬาฟุตบอลของ تیمมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Random Sampling) จำนวน 12 คน จากกลุ่มประชากร 25 คน และผ่านเงื่อนไขของการคัดเลือกดังนี้

1. เป็นผู้ที่มีการฝึกซ้อมฟุตบอลมาอย่างต่อเนื่องก่อนการทดสอบเป็นเวลาอย่างน้อย 6 เดือน
2. เป็นผู้ที่มีสุขภาพร่างกายและจิตใจ สมบูรณ์ แข็งแรง และไม่มีประวัติการได้รับบาดเจ็บอย่างรุนแรง บริเวณกล้ามเนื้อ ข้อต่ออย่างใดส่วนล่างของร่างกาย ที่เป็นอุปสรรคต่อการเตะฟุตบอล ทั้งนี้ต้องผ่านการตรวจสอบทางการแพทย์ภายในระยะเวลา 10 วัน ก่อนเข้ารับการทดสอบ
3. เป็นผู้ที่มีความถนัดและใช้เท้าขวาในการเตะฟุตบอลได้ดีที่สุด
4. เป็นผู้ที่ได้ลงนามในหนังสือแสดงความยินยอม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (รุ่น ME3000P) และโปรแกรมวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG Analysis, Muscle Tester ME3000P Version 1.2) บริษัท Mega Electronics ประเทศฟินแลนด์
2. ขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าชนิดผิว (Surface Electrode) บริษัท Medicotest ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งสร้างจากโลหะซิลเวอร์ (Ag) และสารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl)
3. กล้องวิดีโอบันทึกภาพ (Video Camera) เครื่องหมายการค้า Panasonic ประเทศญี่ปุ่น ระบบ NTSC ซึ่งความถี่ของการบันทึกภาพเท่ากับ 60 เฮิร์ตซ์
4. เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและอุปกรณ์ (Electrical Stimulator รุ่น Phyaaction 300)
5. สำลี แอลกอฮอล์ และกระดาษกาว
6. ชุดที่ใช้ในการทดสอบ เสื้อยืด กางเกงขาสั้น
7. รองเท้าผ้าใบ ถุงเท้าสั้น
8. ลูกฟุตบอล ขนาดและความดันลมมาตรฐาน
9. ประตูฟุตบอลจำลองขนาดมาตรฐาน พร้อมด้วยตาข่าย

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้หลักเกณฑ์ทางสถิติ เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในแต่ละช่วงของการเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน ทั้ง 3 มุม ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติ

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ของกลุ่มตัวอย่าง
2. การเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว แต่ละมัดกล้ามเนื้อ ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน 3 มุม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการทดลองแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว (Analysis of Variance for Repeated Measures in an One-Dimensional Design) ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. หากพบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว แต่ละมัดกล้ามเนื้อ ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมต่าง ๆ โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. การเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว แต่ละมัดกล้ามเนื้อ ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา) โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance Measurement)
5. หากพบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา) พบว่า

- 1.1 ในช่วงที่ 1 คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการ

เคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2 ในช่วงที่ 2 กล้ามเนื้อไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา, 45 องศา และ 90 องศา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3 ในช่วงที่ 2 ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 45 องศา และ 90 องศา สูงกว่ามุม 0 องศาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนั้นยังพบว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา สูงกว่ามุม 45 องศา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกัน (มุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา)

2.1 ในช่วงที่ 1 ของการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา กล้ามเนื้อไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และ ไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) สูงกว่า กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ในช่วงที่ 2 ของการเคลื่อนไหวที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุม 0 องศา กล้ามเนื้อไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) สูงกว่ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

จากการศึกษาเพื่อวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน และในการเตะจากมุมเดียวกัน พบว่า การเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน ในช่วงที่ 1 ของการเคลื่อนไหว คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแต่ละมัดทั้ง 4 มัด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยในช่วงที่ 2 ของการเคลื่อนไหว คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อไบเซพส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกล้ามเนื้อมัดอื่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาในการเตะจากมุมเดียวกัน พบว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกมุมของการเคลื่อนที่และทุกช่วงของการเคลื่อนไหว ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งการอภิปรายผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน
2. คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกัน

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาแต่ละมัด ที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน พบว่า ในช่วงที่ 1 ของการเคลื่อนไหว คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด ซึ่งประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซพส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหลังจากที่ร่างกายเริ่มเคลื่อนไหว แสดงให้เห็นถึงการทำงานของกล้ามเนื้อในระดับต่ำขณะที่ร่างกายเคลื่อนที่เข้าไปเพื่อเตะฟุตบอล ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อในลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นกับการเคลื่อนที่เข้าไปเพื่อเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกันทั้ง 3 มุม (0 องศา 45 องศา และ 90 องศา) จากผลการวิจัยดังกล่าว พบว่า เมื่อพิจารณาในแต่ละมัดกล้ามเนื้อ การที่คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของทั้ง 4 มัด เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะการเคลื่อนไหวของร่างกายในช่วงที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยการก้าวเท้าซ้ายไปวาง ณ ตำแหน่งข้างลูกฟุตบอล ลักษณะของการเคลื่อนไหวจะเริ่มจากการยกขาซึ่งกล้ามเนื้อสะโพกและกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส

(Rectus Femoris) จะทำงานในลักษณะที่มีการหดตัวแบบหดสั้นเข้า (Concentric Contraction) ซึ่งสอดคล้องกับเอเกอร์และลี (Agur; & Lee. 1999: 319) ที่ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) นอกจากจะมีหน้าที่หลักในการเหยียดข้อเข่าแล้วยังทำหน้าที่งอข้อสะโพกอีกด้วย ขณะเดียวกันข้อเข่าจะงอเล็กน้อย ในช่วงนี้กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring Muscles) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) จะทำงานในลักษณะที่มีการหดตัวแบบหดสั้นเข้า (Concentric Contraction) ทำให้เกิดการงอของข้อเข่า ในขณะที่กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้าม (Antagonist) คือ กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมมอริส (Rectus Femoris) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) ก็ทำงานด้วยแต่การทำงานจะเป็นลักษณะที่มีการหดตัวแบบยืดยาวออก (Eccentric Contraction) เพื่อให้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างราบเรียบและต่อเนื่องโดยไม่มีการกระตุกเกิดขึ้น หลังจากนั้นข้อเข่าจะเริ่มเหยียด ทำให้ขาเหยียดก่อนที่เท้าซ้ายจะสัมผัสกับพื้น ซึ่งในจังหวะนี้ กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) จะทำหน้าที่หลัก (Agonist) ทำงานในลักษณะที่มีการหดตัวแบบหดสั้นเข้า (Concentric Contraction) ในขณะเดียวกันกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring Muscles) จะทำหน้าที่ตรงกันข้าม (Antagonist) สอดคล้องกับ ลูทานเนน (Luhtanen. 2005: Online) ที่ได้อธิบายเกี่ยวกับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะเตะฟุตบอลไว้ว่า ในทักษะการเตะฟุตบอลนั้น กล้ามเนื้อต่าง ๆ จะมีลักษณะของการทำงานที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เคลื่อนไหวข้อต่อ (Agonist) จะหดตัวเพื่อก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่าง ๆ แต่ในขณะเดียวกันกล้ามเนื้อเหล่านี้จะกลายเป็นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้าม (Antagonist) เพื่อชะลอความเร็วของการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่าง ๆ เพื่อให้การเคลื่อนไหวราบรื่นและเพิ่มความมั่นคงให้กับข้อต่อต่าง ๆ ตลอดช่วงของการเตะ ส่วนสาเหตุที่กล้ามเนื้อแต่ละมัดทำงานในระดับต่ำ ในทุกมุมของการเคลื่อนที่ ซึ่งสังเกตได้จากค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ไม่สูงมากนัก เป็นเพราะการเคลื่อนไหวของร่างกายในช่วงที่ 1 ในขณะที่เท้าซ้ายเริ่มเคลื่อนไหว จนกระทั่งก่อนที่เท้าซ้ายจะสัมผัสกับพื้น น้ำหนักของร่างกายส่วนใหญ่จะตกอยู่ที่ขาข้างขวา ดังนั้นการทำงานของกล้ามเนื้อขาข้างซ้ายจึงมีการหดตัวเพื่อก่อให้เกิดการเคลื่อนไหว โดยมีเพียงแรงต้านจากน้ำหนักของท่อนขาข้างซ้ายเท่านั้น

ในช่วงที่ 2 ของการเคลื่อนไหว พบว่า แม้จะมีค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นในกล้ามเนื้อทุก ๆ มัด แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละมุมการเคลื่อนที่ทั้ง 3 มุม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีเพียงค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมมอริส (Biceps Femoris) เท่านั้น ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา สูงกว่า มุม 45 องศา และมุม 0 องศา ตามลำดับ จากผลการวิจัยดังกล่าว พบว่า ภายหลังจากการเคลื่อนไหวของร่างกายในช่วงที่ 1 เมื่อเริ่มเข้าสู่การเคลื่อนไหวของร่างกายในช่วงที่ 2 ช่วงที่เท้าซ้ายสัมผัสพื้นจนกระทั่งเท้าขวาปะทะกับลูกฟุตบอล ซึ่งถือเป็นช่วงของการเหวี่ยงขาข้างที่ใช้เตะ (ขาข้างขวา) สอดคล้องกับ ลูทาเนน (Luhtanen. 2005: Online) กล่าวว่า ช่วงเวลาของการเหวี่ยงขาเตะ คือเวลาที่เริ่มจากการลงสู่พื้นของขาข้างที่ใช้รองรับน้ำหนักร่างกาย จนกระทั่งเท้าปะทะกับลูกบอลโดยที่ลักษณะของการเคลื่อนไหวจะต่อเนื่องจากช่วงที่ 1 ซึ่งข้อเข่าเริ่มเหยียด กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) ทำหน้าที่หลัก (Agonist) โดยทำงานในลักษณะที่มีการหดตัวแบบหดสั้นเข้า (Concentric Contraction) ในขณะที่กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring Muscles) จะทำหน้าที่ตรงกันข้าม (Antagonist) เพื่อชะลอความเร็วของการเคลื่อนไหวในจังหวะการเหยียดของข้อเข่า ทันใดนั้นเมื่อเริ่มเข้าสู่การเคลื่อนไหวในช่วงที่ 2 ขณะที่เท้าสัมผัสพื้น ข้อเข่าจะยังไม่เหยียดเต็มที่ ประกอบกับการที่น้ำหนักของร่างกายทั้งหมดจะลงสู่เท้าซ้ายซ้าย ก่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่กระทำกับบริเวณส่วนกลางและด้านข้าง (Mediolateral Force) ของขาซ้ายสอดคล้องกับงานวิจัยของ เคลลิส ; คาทิส; และกิสซิส (Kellis; Katis; & Gissis. 2004: 1017) ที่ได้ศึกษาตัวแปรทางด้านชีวกลศาสตร์ซึ่งประกอบไปด้วยคินามาติกส์ของข้อเข่า รูปแบบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและแรงปฏิกิริยาจากพื้นของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัวระหว่างการเตะฟุตบอลด้วยลูกหนังเท้าจากการเคลื่อนที่เข้าหาลูกฟุตบอลในมุมต่างๆ ซึ่งพบว่า จะมีแรงปฏิกิริยาที่กระทำกับบริเวณส่วนกลางและด้านข้าง (Mediolateral Force) ของขาซ้ายซ้ายในขณะที่เท้าสัมผัสพื้นอันเป็นผลมาจากการที่มุมการเคลื่อนที่มีความแตกต่างกัน คล้ายคลึงกับการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างครึ่งล่างในท่าทางที่มีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว (Rand; & Ohtsuki. 2000: 169-183) ดังนั้นกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) จะทำงานในลักษณะที่มีการหดตัวแบบยืดยาวออก (Eccentric Contraction) ตลอดช่วงที่ 2 ของการเคลื่อนไหวก่อนที่จะกลับมาทำงานในลักษณะที่มีการหดตัวแบบหดสั้นเข้า (Concentric Contraction) เพื่อเหยียดข้อเข่าภายหลังจากเท้าปะทะกับลูกฟุตบอลไปแล้ว

ลักษณะคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทุก ๆ มัดมีค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นแล้วจึงค่อย ๆ ลดลงก่อนที่เท้าขวาจะปะทะกับลูกฟุตบอล ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกันทั้ง 3 มุม ที่เป็นเช่นนี้ เพราะการเคลื่อนไหวของร่างกายในช่วงที่ 2 เท้าซ้ายจะสัมผัสกับพื้นซึ่งมีแรงปฏิกิริยาจากพื้นกระทำกับร่างกายและขาซ้ายซ้ายต้องรองรับน้ำหนักของร่างกายตลอดช่วงของการเคลื่อนไหวจนกระทั่งเท้าขวาปะทะกับลูกฟุตบอล โดยในส่วนของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) และ

กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจากมุมต่าง ๆ เพราะหน้าที่หลักของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) คือ การทำหน้าที่เหยียดข้อเข่า และกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) จะทำหน้าที่งอข้อสะโพกร่วมด้วย ดังนั้นมุมที่แตกต่างกันในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจึงไม่มีผลต่อรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) ในขณะที่กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring Muscles) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาค้นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมอริส (Biceps Femoris) พบว่า ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา สูงกว่า มุม 45 องศา และมุม 0 องศา ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะการทำหน้าที่หลักของกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมอริส (Biceps Femoris) คือ การทำหน้าที่งอขาและการหมุนข้อเข่าออกทางด้านข้าง (Agur; & Lee. 1999: 328) ซึ่งเมื่อพิจารณาการเคลื่อนไหวในช่วงที่ 2 จะพบว่าจังหวะของการวางเท้าในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อมุมในการเคลื่อนที่มีค่าสูง เช่น ในมุม 90 องศา หรือมุม 45 องศา การวางเท้าจะมีลักษณะบิดออกด้านข้าง (Valgus) เพื่อให้ลำตัวเอียงไปทางด้านซ้ายและเท้าขวาสามารถเหยียดได้อย่างสมดุล ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ข้อเข่ามีการเคลื่อนไหวในลักษณะบิดหมุนออกทางด้านข้าง ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมอริส (Biceps Femoris) มีการทำงานเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจากมุมที่ไม่สูงนัก สอดคล้องกับรายงานการวิจัยอื่น ๆ ที่ทำการศึกษเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงมุมหรือทิศทางการเคลื่อนที่อย่างฉับพลัน ทั้งนี้การทำงานของกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฟมอริส (Biceps Femoris) จะช่วยป้องกันการบาดเจ็บของข้อเข่า ในฐานะที่กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring) ทำงานร่วมกับเอ็นไขว้ยึดข้อเข่าเส้นหน้า (Anterior Cruciate Ligament) เพื่อยึดกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) ป้องกันการเคลื่อนของกระดูกไปข้างหน้าออกจากแนวของกระดูกต้นขา (Femur) และรักษาความมั่นคงของข้อเข่าตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว (Kellis; Katis; & Gissis. 2004: 1026)

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอลจากมุมเดียวกัน

จากการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขา ที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเคลื่อนที่เข้าเตะฟุตบอล ภายในมุมเดียวกัน พบว่า ในช่วงที่ 1 ของการเคลื่อนไหว ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด ซึ่งประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซพส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งภายในมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา แสดงให้เห็นถึงสัดส่วนการทำงานของมัดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซพส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) สูงกว่า กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด ที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยภายหลังจากที่ร่างกายเริ่มเคลื่อนไหว แสดงให้เห็นถึงการทำงานของกล้ามเนื้อในระดับต่ำขณะที่ร่างกายเคลื่อนที่เข้าไปเพื่อเตะฟุตบอล ทั้งนี้เป็นเพราะการเคลื่อนไหวของร่างกายในช่วงที่ 1 การทำงานของกล้ามเนื้อขาข้างซ้ายมีการหดตัวเพื่อก่อให้เกิดการเคลื่อนไหว โดยมีเพียงแรงต้านจากน้ำหนักของท่อนขาข้างซ้ายเท่านั้น

ในช่วงที่ 2 ของการเคลื่อนไหว ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด ซึ่งประกอบไปด้วย กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซพส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งภายในมุม 0 องศา 45 องศา และ 90 องศา โดยค่าเฉลี่ยกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และ กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) สูงกว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) และกล้ามเนื้อไบเซพส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) โดยที่กล้ามเนื้อทุกมัดจะ มีการทำงานเพิ่มขึ้นในช่วงที่ 2 ของการเคลื่อนไหวซึ่งขณะที่เท้าสัมผัสพื้น ข้อเข่าจะยังไม่เหยียดเต็มที่ ประกอบกับการที่น้ำหนักของร่างกายทั้งหมดจะลงสู่เท้าข้างซ้าย ก่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่กระทำกับ บริเวณส่วนกลางและด้านข้าง (Mediolateral Force) ของขาข้างซ้าย กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps Femoris Muscle) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) จะทำงานเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ในลักษณะที่มีการหดตัวแบบยืดยาวออก (Eccentric Contraction) ตลอดช่วงที่ 2 ของการเคลื่อนไหว นอกจากนี้สัดส่วนการทำงานของ

กล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฝิมมอริส (Biceps Femoris) จะเพิ่มมากขึ้นในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจากมุม 90 องศา เพราะการวางเท้าจะส่งผลให้ข้อเข่ามีการเคลื่อนไหวในลักษณะบิดหมุนออกทางด้านข้าง ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฝิมมอริส (Biceps Femoris) มีการทำงานเพิ่มขึ้น (Kellis; Katis; & Gissis. 2004: 1026)

ข้อเสนอแนะ

การเตะฟุตบอลในลักษณะที่มีมุมในการเคลื่อนที่เข้าหาลูกฟุตบอลในมุมสูง ๆ จะเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อไบเซ็ปส เฝิมมอริส (Biceps Femoris) ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัวในระหว่างที่เท้าสัมผัสพื้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการกำหนดรูปแบบการฝึกซ้อมความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังเป็นพิเศษ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและเทคนิคในการเตะฟุตบอลให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และป้องกันการบาดเจ็บ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการทดสอบการเคลื่อนไหว 3 มิติ ของข้อต่อส่วนต่าง ๆ รวมถึงการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องไอโซคิเนติก และแรงปฏิกิริยาจากพื้นโดยแผ่นวัดแรง (Force Platform) ร่วมด้วย เพื่อจะได้อธิบายการทำงานของกล้ามเนื้อได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรศึกษาชีวกลศาสตร์ด้านอื่น ๆ ด้วย เช่น ความเร็วของลูกบอล และความแม่นยำของลูกบอลที่กระทบเป้าหมาย เนื่องจากมีผลต่อการพัฒนาทักษะ และเทคนิคของการเตะฟุตบอลเช่นกัน

2. ควรทำการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมัดอื่น ๆ ของขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ที่มีบทบาทสำคัญในการเตะฟุตบอลร่วมด้วย

3. ควรมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันในด้านอายุ ทักษะ ประสบการณ์ ระดับของการเล่น เพื่อศึกษาว่าการทำงานของกล้ามเนื้อมีความแตกต่างกันอย่างไร

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กนกพร จันทวร. (2542). การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแขน ไหล่ และหลังส่วนบน ในท่าสแนทซ์ ของนักกีฬาว่ายน้ำนักเยาวชน. ปรินซ์นิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- กรมพลศึกษา. (2542). การพัฒนาวิทยาศาสตร์การกีฬาเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่ศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ ฯ กรม ฯ.
- ชาญวิทย์ ผลชีวิน. (2534). Football. กรุงเทพฯ: สยามสปอร์ต ปริ้นต์.
- ชุมพล ผลประมูล; และคนอื่นๆ. (2545). สรีรวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: เท็กแอนด์เจอร์นัล พับลิเคชั่น.
- ชูศักดิ์ เวชแพศย์. (2528). อิเล็กโทรมายโอกราฟี. กรุงเทพฯ ฯ: ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ชูศักดิ์ เวชแพศย์; และ กันยา ปาละวิวัฒน์. (2536). สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ธรรมการพิมพ์.
- ปรเมท เหมรัตนนท์. (2547). การวิเคราะห์ทางคิเนมาติกส์ แบบ 2 มิติ และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อใน ท่าลันซ์ ของนักกีฬาฟันดาบหญิงทีมชาติไทย. ปรินซ์นิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. จัดสำเนา.
- ประโยค สุทธิสง่า. (2541). การบริหารกลยุทธ์สู่ความเป็นเลิศของโค้ชฟุตบอล. กรุงเทพฯ: ไทย วัฒนาพานิช.
- พีระพงศ์ บุญศิริ. (2532). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย(วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ ฯ : โอเดียน สโตร์.
- มานิกา แสงหิรัญ. (2547). ผลของการกระตุ้นด้วยกระแสไดอะไดนามิกระหว่างรูปแบบคลื่นไดเฟส ฟิกซ์และคอสต์ ฟิรียด ในช่วงการพักฟื้นที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้า กล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อเหยียดเข่า. ปรินซ์นิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. จัดสำเนา.
- เรณู พรหมเนตร. (2542). การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสะโพกและขาควบคู่กับการเคลื่อนไหว 2 มิติ ในท่าสแนทซ์ ของนักกีฬาว่ายน้ำนักเยาวชน. ปรินซ์นิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์ การกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. จัดสำเนา.
- Agur, Anne M.R.; & Lee, Ming J. (1999). *Grant's Atlas of Anatomy*. Maryland: Lippincott William & Wilkins.

- Bankoff, A.D.; et al. (2000). Study of The Explosive Strength of The Rectus Femoris Muscle Using Electromyography. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 40(6): 351-6
- Basmajian, J. V.; & De Luca, C. J. (1985). *Muscle Alive: Their Function Revealed by Electromyography*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Bloomfield, J.; Fricker, P. A.; & Fitch, K. D. (1992). *Science and Medicine in Sport*. Victoria: Blackwell Scientific.
- Caligiuri, P.; & Herbst, D. (1997). *High-Performance Soccer: Techniques and Tactics for Advanced Play*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Clarys, J. P.; & Cabri, J. (1993). Electromyography and The Study of Sports Movement. *J Sports Sci.* (11): 379-448.
- De Luca, C. J. (1997). The Use of Surface Electromyography in Bimechanics. *J. Appl. Biomech.* (13): 135-163
- Dorge, H. C.; et al. (1999). *EMG Activity of The Iliopsoas Muscle and Leg Kinetics During The Soccer Place Kick*. Retrieved September 2, 2005, from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list_uids=10407926&itool=iconabstr&query_hl=3
- Ekstrand, J. (1997). Knee Ligament Injuries in Soccer Players. In: *Science and Football III*. T. Reilly and E. K. Allous (Eds.). London: E & FN Spon.
- Garrison, J. C.; et al. (2004). Lower Extremity EMG Activity of Collegiate Soccer Players Dose Not Differ Between Genders During Single-Leg Landing. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 36(5): S347.
- Gissis, I.; et al. (2004). Electromyographic Activity of Lower Extremity Muscles in Soccer Kick. *J Sports Sci.* 22(6): 489.
- Kellis, E.; Katis, A.; & Gissis. (2004). Knee Biomechanics of the Support Leg in Soccer Kicks from Three Angles of Approach. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 36(6): 1017-28.
- Luhtanen, Pekka. (2005). *Kicking*. Retrieved September 2, 2005, from <http://www.coacheinfo.com/category/soccer/106/>
- Manolopoulos, E.; Papadopoulos, C.; & Kellis, E. (2005). *Effect of Combined Strength and Kick Coordination Training on Soccer Kick Biomechanics in Amateur Players*.

Retrieved July 3, 2005, from <http://www.blackwsynergy.com/doi/abs/10.1111/j.1600-0838.2005.00447.x>

McHugh; et al. (2002). Difference in Activation Patterns between Eccentric and Concentric Quadriceps Contractions. *J Sports Sci.* 20: 83.

Nigg, B. M.; & Herzog, W. (1994). *Biomechanics of The Musculo-Skeletal System*. Toronto: John Wiley & Sons.

Rand, M. K.; & Ohtsuki, T. (2000). *EMG analysis of Lower Limb Muscles in Humans during Quick Change in Running Directions*. Retrieved September 2, 2005, from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list_uids=10998615&itool=iconabstr&query_hl=4&itool=pubmed_docsum

Wilmore, Jack H.; & Costill, David L. (1994). *Physiology of Sport and Exercise*. Illinois: Human Kinetics.

Wilmore, Jack H.; & Costill, David L. (2004). *Physiology of Sport and Exercise*. Illinois: Human Kinetics.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การหาค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด
(Maximum Voluntary Contraction: MVC)

การหาค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximum Voluntary Contraction: MVC)

1. การบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะที่ทดสอบหาค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximum Voluntary Contraction: MVC) ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ คือ

1.1 หาจุดมอเตอร์ (Motor Point) ของกล้ามเนื้อข้างซ้ายทั้ง 4 มัด ของผู้เข้ารับการทดสอบ โดยใช้เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า

1.2 กำหนดตำแหน่ง และเช็ดทำความสะอาดผิวหนัง บริเวณที่วางขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิวด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ แล้วทำการติดขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว ซึ่งมีประกอบของโลหะซิลเวอร์ (Ag) และสารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) ใช้ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว ซึ่งมีลักษณะเป็นวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร จำนวน 2 อัน วางบริเวณกึ่งกลางระหว่างจุดมอเตอร์ กับรอยต่อระหว่างกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ (Myotendinous Junction) โดยให้จุดศูนย์กลางของขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าห่างกัน 4 เซนติเมตร ส่วนขั้วอ้างอิง (Reference Electrode) ติดบริเวณปุ่มกระดูกที่อยู่ใกล้เคียงของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด

1.3 จัดท่าทางเพื่อทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ของผู้เข้ารับการทดสอบ โดยจัดท่าในการทดสอบของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ดังนี้

1.3.1 กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านใน (Vastus Medialis) กล้ามเนื้อเรคตัส เฟมอริส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าส่วนด้านนอก (Vastus Lateralis)) จัดท่าโดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบนั่งห้อยขาบนเก้าอี้ งอข้อสะโพก 90 องศา และเหยียดข้อเข่า 60 องศา และทดสอบโดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบออกแรงเหยียดข้อเข่าเต็มที่ และผู้วิจัยออกแรงต้านที่บริเวณเหนือข้อเท้าของผู้เข้ารับการทดสอบ

1.3.2 กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ เฟมอริส (Biceps Femoris)) จัดท่าโดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบอยู่ในท่านอนคว่ำ เหยียดข้อสะโพก 0 องศา และงอข้อเข่า 60 องศา และทดสอบโดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบออกแรงงอข้อเข่าเต็มที่ และผู้วิจัยออกแรงต้านที่บริเวณเหนือข้อเท้าของผู้เข้ารับการทดสอบ

1.4 ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ขณะทดสอบหาค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด โดยใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ บันทึกแบบต่อเนื่อง (Continuous Mode) และตั้งความถี่ของการบันทึก (Sampling Frequency) 1,000 เฮิร์ตซ์ โดยผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องออกแรงต้านเต็มที่กับผู้วิจัย เป็นเวลา 5 วินาที ตามด้วยการพัก 2 วินาที ทดสอบจำนวน 3 ครั้ง

1.5 บันทึกค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ขณะที่ยกน้ำหนักสูงสุดเป็นเวลา 1 วินาที ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด และถือเป็นค่าสูงสุดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแต่ละมัด

1.6 เมื่อทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดเสร็จแล้ว ให้นำค่าที่ได้จากการทดสอบ มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด (Average Maximal EMG) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG Analysis, Muscle Tester ME3000P Version 1.2) โดยแทนค่าสูตร ดังนี้

ค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ =
$$\frac{\text{ผลรวมคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้ในเวลาที่กำหนด}}{\text{จำนวนคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้ในเวลาที่กำหนด}}$$

ภาคผนวก ข

เวลาที่ใช้ในการเตะแต่ละช่วง ในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจากมุมต่าง ๆ

เวลาที่ใช้ในการเตะแต่ละช่วง ในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจากมุมต่าง ๆ

ตาราง 23 แสดงเวลาที่ใช้ในการเตะแต่ละช่วง ในการเคลื่อนที่เพื่อเตะฟุตบอลจากมุมต่าง ๆ

	มุมการเคลื่อนที่เข้าหาลูกฟุตบอล					
	0 องศา		45 องศา		90 องศา	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
ช่วงที่ 1 คือ ช่วงที่ร่างกายเริ่มเคลื่อนไหวจนกระทั่งเท้าซ้ายสัมผัสพื้น (Presupport Phase) (วินาที)	0.579	0.634	0.634	0.498	0.697	0.043
ช่วงที่ 2 คือ ช่วงที่เท้าซ้ายสัมผัสพื้นจนกระทั่งเท้าขวาปะทะกับลูกฟุตบอล (Support Phase) (วินาที)	0.329	0.025	0.395	0.027	0.430	0.028
เฉลี่ยรวมระยะเวลาทั้งหมด (วินาที)	0.908	0.659	1.029	0.525	1.127	0.071

ภาคผนวก ค
หนังสือแสดงความยินยอม

หนังสือแสดงความยินยอม

ข้าพเจ้า นายเกริกวิทย์ พงศ์ศรี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา : การเป็นผู้ฝึกกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มีความสนใจจะศึกษา การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาที่ใช้รองรับน้ำหนักตัว ในการเตะฟุตบอลจากมุมที่แตกต่างกัน โดยข้าพเจ้าจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงระหว่างวันที่ 20 กุมภาพันธ์ – 2 มีนาคม 2549 ณ อาคารกีฬา 2 ศูนย์กีฬาสิรินธร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ท่านผู้เข้ารับการทดสอบจะปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ของการทดสอบ ตามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ ชื่อ นามสกุล รวมถึงข้อมูลส่วนตัวของท่านจะถูกปกปิดเป็นความลับ ซึ่งในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าคิดว่าไม่มีความเสี่ยงใด ๆ กับสุขภาพของท่าน ในช่วงระหว่างที่ข้าพเจ้าทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ท่านสามารถขอข้อมูลของท่านได้และสามารถถอนตัวจากการเข้าร่วมการวิจัยได้ตลอดเวลา แม้ว่าการวิจัยครั้งนี้จะยังไม่เสร็จสิ้นก็ตาม

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ใช้เป็นส่วนหนึ่งในการทำวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา และข้าพเจ้าจะนำเสนอเผยแพร่ข้อมูลในรูปของบทความ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่มีความสนใจศึกษาในเรื่องนี้ต่อไป หากท่านมีความสนใจที่จะเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ กรุณาลงลายมือชื่อแสดงความยินยอมบริเวณใต้ข้อความนี้ และหากมีข้อสงสัยประการใดเกี่ยวกับการวิจัยครั้งนี้ กรุณาติดต่อข้าพเจ้าโดยตรงที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ หรือที่โทรศัพท์หมายเลข 0-9697-8737 หรือส่งอิเล็กทรอนิกส์เมลล์ (e-mail) มาที่ k_ballack@yahoo.com

ข้าพเจ้าขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ที่กรุณาให้ความร่วมมือ เข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้

ลงชื่อผู้เข้าร่วมการวิจัย.....

(ชื่อตัวบรรจง.....)

หมายเลขโทรศัพท์.....วันที่.....

เวลาที่สะดวกต่อการติดต่อ.....

ลงชื่อผู้ทำการวิจัย.....

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายเกริกวิทย์ พงศ์ศรี
วันเดือนปีเกิด	26 มีนาคม 2525
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	379/272 ก ถนนบรรณาการ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	นักวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา
สถานที่ทำงานในปัจจุบัน	โครงการจัดตั้งสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์การกีฬา และการออกกำลังกาย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลองครักษ์ อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2537	สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จากโรงเรียนอนุบาลชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ
พ.ศ. 2540	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ
พ.ศ. 2543	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ
พ.ศ. 2547	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2549	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ