



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลันแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

Acute Effects of Static, Dynamic and Neuromuscular Facilitation Stretching
on Muscle Power of Quadriceps

นามผู้วิจัย นายศิวัช ลีวัฒนานุกพงศ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์อัคร รัตนภักดิ์, อ.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สุพิตร สมานิติ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิเมณฑกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลันแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่
และแบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

Acute Effects of Static, Dynamic and Neuromuscular Facilitation Stretching
on Muscle Power of Quadriceps

โดย

นายศิวัช ลีวัฒนานพวงศ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการกีฬา)

พ.ศ. 2553

ศิวะ ลีวัฒนานพวงศ์ 2553: ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะยืดปล้นแบบอยู่กับที่
แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์อัคร รัตนภักดิ์, อ.ม. 100 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลและเปรียบเทียบความแตกต่างของผลระยะ
ยืดปล้นของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และ
แบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ ที่มีต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า กลุ่มประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิต ชาย ชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จำนวน 37 คน โดยทำการทดสอบค่ากำลังของ
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากรทุกคน คนละ 4 ครั้ง คือ ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และแบบ
การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ ด้วยเครื่องไอโซคินติก ยี่ห้อไบโอ
เด็ก system 3 ที่ระดับความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลของกำลัง
ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและเปรียบเทียบ
ความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธีของ Turkey กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
แบบเคลื่อนที่ และแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ แตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ มีค่าเฉลี่ยของกำลัง
กล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าสูงที่สุด (156.28 วัตต์) รองลงมาเป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
แบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (153.30 วัตต์) และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่มี
ค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (127.60 วัตต์) แต่ไม่พบว่ามี ความแตกต่างทางสถิติของค่ากำลัง
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียด
กล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ

Siwa Leeyawattananupong 2010: Acute Effects of Static, Dynamic and Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Power of Quadriceps. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Udon Ruttanapak, M.A. 100 pages.

The purposes of this study were to study and compare the acute effects of static, dynamic and neuromuscular facilitation stretching on muscle power of quadriceps. Thirty seven participants were the first year male students in the faculty of Sports Science at Kasetsart University, Kampaengsaen campus. The muscle power of quadriceps of the participants were tested four times which consisted of non-stretching and after stretching which were static stretching, dynamic stretching and neuromuscular facilitation stretching by Isokinetic Machine (Biodex System 3) with the speed level of 120 degree angle per second was used in the experiment. The data were analyzed by one way analysis of variance and the multiple comparison testing using the Tukey's method. All testing used the .05 level of significance.

The results of the study showed that means difference of static stretching, dynamic stretching and neuromuscular facilitation stretching were significantly difference at .05 level. The power of quadriceps of dynamic stretching was the highest power (156.28 watts), followed by neuromuscular facilitation stretching (153.30 watts) and the lowest power of quadriceps was static stretching (127.60 watts). However, there were no significantly difference of the power of quadriceps between dynamic stretching and neuromuscular facilitation stretching.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์อัคร รัตนภักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิตร สมิติโต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้งนักวิชาการที่ผู้วิจัย ได้ศึกษาอ้างอิงเอกสารของท่าน ที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ในการอนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการและ กลุ่มประชากรให้ได้มาซึ่งข้อมูลการทดสอบ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่าน สำหรับการจัดหา กลุ่มประชากรและสถานที่ในการทำวิจัย พร้อมทั้งนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ประโยชน์ตรียุคปีที่ 1 ทุกคน ที่กรุณาเข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คณะครู อาจารย์ ทุกคน ที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้พร้อมทั้งให้การอบรม และส่งเสริมทางด้านการศึกษาด้วยดี อีกทั้งขอขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อนนิสิตปริญญาโทและน้องนิสิตปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือด้วยดี จนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ประสบความสำเร็จ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ให้กำเนิดรวมถึงการสนับสนุนทุนทรัพย์ ในการศึกษารวมถึงพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและเป็น กำลังใจในการเรียนมาโดยตลอด รวมทั้งเป็นแรงผลักดันให้สามารถการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จน เสร็จสมบูรณ์

ศิวะ ลีวัฒนานุกพงศ์

พฤษภาคม 2553

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
การตรวจเอกสาร	9
อุปกรณ์และวิธีการ	41
วิจารณ์ผลการวิจัย	53
สรุปผลการวิจัย	59
ข้อเสนอแนะ	60
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	61
ภาคผนวก	66
ภาคผนวก ก ราชานามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจโปรแกรมการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ	67
ภาคผนวก ข โปรแกรมการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่	69
ภาคผนวก ค โปรแกรมการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่	74
ภาคผนวก ง โปรแกรมการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	79
ภาคผนวก จ ใบบันทึกผลการตรวจสอบเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ	84
ภาคผนวก ฉ แบบบันทึกค่ากำลังสูงสุดและใบบันทึกรายละเอียดการปรับท่าทางการนั่งบนเครื่องไอโซคิเนติก	91
ภาคผนวก ช เอกสารชี้แจงข้อมูล และใบยินยอมเข้าร่วมทำการวิจัย	94
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	100

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของเซลล์กล้ามเนื้อ 3 ชนิด	17
2	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะเหยียดเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืด เหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี	46
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยกำลังกล้ามเนื้อต้นขา ด้านหน้าขณะเหยียดเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการ ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี	47
4	การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะเหยียดเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืด เหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี	48
5	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะงอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียด กล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี	49
6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อต้น ขาด้านหน้าขณะงอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการ ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี	50
7	การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะงอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียด กล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี	51
8	แสดงค่าร้อยละของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะเหยียดเข่า ที่ ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี	52
9	แสดงค่าร้อยละของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะงอเข่า ที่ความเร็ว เชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และ ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี	53

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะ เหยียดเข่า ที่ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 วิธี	47
2	แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะ งอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียด กล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 วิธี	50
ภาพผนวกที่		
ฉ.1	เครื่องไอโซคิเนติก (Biodex system3)	93

ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลันแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

Acute Effects of Static, Dynamic and Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Power of Quadriceps

คำนำ

สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาทุกคนนั้นเป็นสิ่งสำคัญในการออกกำลังกาย หรือเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงที่ร่างกายส่งผ่านออกมา ดังนั้น การเคลื่อนไหวที่ดีบุคคลๆ นั้น จะต้องมีความสมรรถภาพทางกายที่ดีเพื่อจะต้องทำการควบคุมร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพดังที่ สุพิตร (2541) ได้กล่าวไว้ว่า สมรรถภาพทางกาย (physical fitness) หมายถึง สภาวะของร่างกายที่อยู่ในสภาพที่ดีเพื่อที่จะช่วยให้บุคคลสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ บุคคลที่มีสมรรถภาพทางกายที่ดีก็จะสามารถปฏิบัติการกิจต่างๆ ในชีวิตประจำวัน การออกกำลังกาย การเล่นกีฬา และการแก้ไขสถานการณ์ต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (health-related physical fitness) และสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ (skill-related physical fitness) โดยสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพนั้นมีองค์ประกอบด้วยกัน 5 องค์ประกอบ คือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscle strength) ความอดทนของกล้ามเนื้อ (muscular endurance) ความอ่อนตัว (flexibility) ความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ (cardio respiratory endurance) และองค์ประกอบของร่างกาย (body composition) ส่วนสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะนอกจากจะประกอบไปด้วยสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพแล้วยังประกอบด้วยสมรรถภาพทางกายในด้านต่อไปนี้ คือ ความเร็ว (speed) กำลังของกล้ามเนื้อ (muscle power) ความคล่องแคล่วว่องไว (agility) การทรงตัว (balance) เวลาปฏิกิริยา (reaction time) และการทำงานที่ประสานกัน (coordination) ซึ่งองค์ประกอบต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดต้องมีความสัมพันธ์กันเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ได้เปรียบคู่ต่อสู้ แต่จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดกีฬาที่จะต้องใช้ในการแข่งขันคือ ชนิดกีฬาใดต้องการใช้ทักษะหรือสมรรถภาพด้านใดมากเป็นพิเศษโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรง ความเร็ว และความอดทนของกล้ามเนื้อเป็นความสามารถทางด้านร่างกายที่สำคัญต่อผู้เล่นที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการเล่นหรือการ

แข่งขันกีฬา และความสามารถในการเคลื่อนไหวของร่างกายที่นำไปใช้และสามารถแสดงออกทางการกีฬาที่ทำให้นักกีฬามีความโดดเด่นอย่างเห็นได้ชัด (เจริญ, 2544)

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ มีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการออกกำลังกายและเล่นกีฬา เป็นความสามารถในการเพิ่มมุมในการเคลื่อนไหวให้ได้มากที่สุด ด้วยการเหยียดออกและการคลายตัวของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ข้อต่อเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงของการเคลื่อนไหว เป็นการเตรียมความพร้อมของร่างกาย เป็นการป้องกันอาการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการออกกำลังกายทั้งยังช่วยในการฟื้นตัวของร่างกายจากภาวะเครียดในการทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกาย (พรพล, 2547) เนื่องจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจัดได้ว่าเป็นการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนการทำกิจกรรมหลัก ดังนั้นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจึงมีความสำคัญในการกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อก่อนการทำกิจกรรมหลัก แต่เทคนิคของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อมีหลากหลายเทคนิคที่จะสามารถทำให้กล้ามเนื้อสามารถเหยียดออกในการเตรียมความพร้อมก่อนการทำกิจกรรมหลักได้

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่เหมาะสมกับการออกกำลังกายในกีฬาแต่ละประเภะนั้นๆ ด้วยในส่วนของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 วิธี ดังที่ Michael (1998); Robert (1993); Alter (1998) ได้กล่าวไว้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ คือ

1. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching)
2. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching) หรือ (ballistic stretching)
3. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบใช้แรงภายนอกมากระทำ (passive stretching)
4. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (proprioceptive neuromuscular facilitation) ซึ่งประกอบด้วยเทคนิคดังต่อไปนี้
 - เทคนิค Hold-relax
 - เทคนิค Contract-relax
 - เทคนิค Slow-reversal-Hold-relax

ดังเช่นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เป็นเทคนิคการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่บุคคลส่วนใหญ่ใช้ในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อกันอย่างแพร่หลาย แต่การยืดเหยียดแบบอยู่กับที่นั้นก็มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไปกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคอื่นๆ ดังที่ Zakas *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลกระทบระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ด้วยระยะเวลาแตกต่างกัน ในนักกีฬาฟุตบอลที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อข้อเข่าที่ใช้ในการเหยียดขา ผลการวิจัยพบว่าที่เวลารวม 30 วินาที ของการยืดเหยียดไม่ส่งผลให้ค่าแรงเชิงมุมสูงสุดลดลง ขณะที่ใช้เวลารวมที่ 5 นาที และ 8 นาที พบว่าแรงเชิงมุมสูงสุดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ .01 และ .001 และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ อาจส่งผลทำให้ความแข็งแรง (muscle strength) และกำลัง (power) ในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ถูกยืดลดลงได้ 5-30% ซึ่งสอดคล้องกับ Cramer *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาผลในระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดในเพศหญิง ผลการวิจัยพบว่าค่าแรงเชิงมุมสูงสุดลดลง 3.3 % และ 2.6 % ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps) ที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 240 องศาต่อวินาที ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Zakas *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลกระทบระยะเฉียบพลันการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ด้วยเวลาต่างกันที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps) ในนักฟุตบอลอาชีพ จำนวน 15 คน โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่นั้นใช้เวลาการยืดเหยียดต่อครั้งเท่ากับ 15 วินาที จำนวน 4 ครั้ง (60 วินาที) และ 32 ครั้ง (8 นาที) ตามลำดับ ทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุด โดยเครื่องไอโซไคนดิก ผลการวิจัยพบว่าเวลาการยืดเหยียดรวม 60 วินาที ไม่ทำให้แรงเชิงมุมสูงสุดเปลี่ยนแปลง ขณะที่ใช้เวลารวม 8 นาที พบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .001

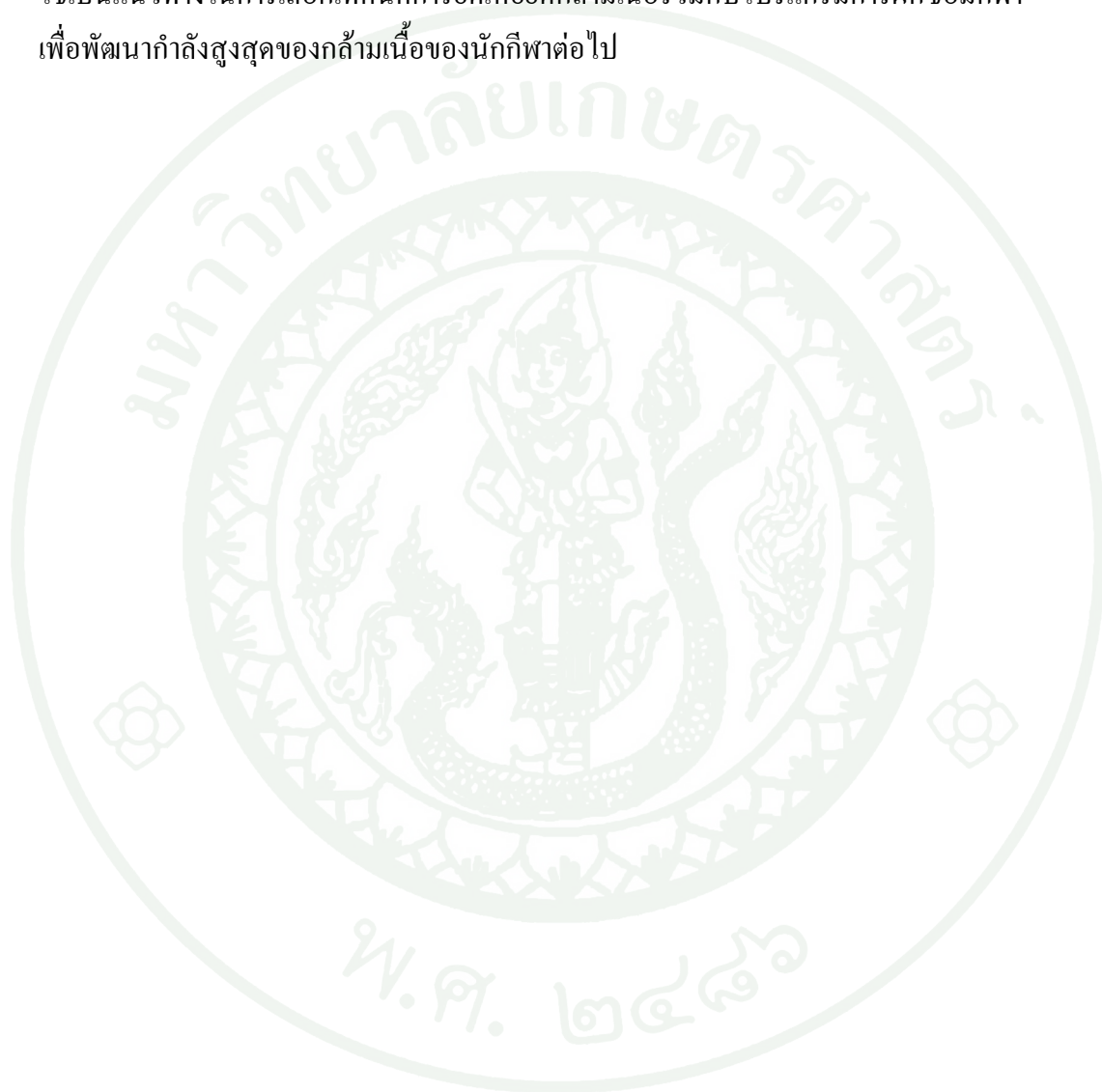
ส่วนในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบปฏิบัติซ้ำๆ กัน แต่มีการเคลื่อนไหวแบบเป็นจังหวะ โดยมีการกระแทกแล้วมีการกระดอนกลับ จะใช้แรงในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อมากกว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และทำในช่วงเวลาสั้นๆ ใช้การเคลื่อนไหวของลำตัวหรือแขนขาเพื่อเป็นแรงช่วยในการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว เช่น การกระโดดแยกขา การเหวี่ยงแขน เป็นต้น ดังที่ Papadopoulos *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลกระทบระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ที่มีต่อความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซไคนดิก (maximal isokinetic strength) ของกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่า (knee extensor and flexor) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักพลศึกษา จำนวน 32 คน อายุ 19-22 ปี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีรูปแบบที่ต่างกันต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขา ด้วยเครื่องไอโซไคนดิก ที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 180 องศาต่อวินาที ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า ค่าแรงเชิงมุมของกล้ามเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

เมื่อมีการเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่งานวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่มีแนวโน้มว่าค่าแรงเชิงมุมสูงสุดในกล้ามเนื้อจะมีการลดลงขณะที่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ไม่พบว่ามีผลต่อค่าแรงเชิงมุมสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ Unick *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาเรื่องการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และแบบเคลื่อนที่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑา เพศหญิง จำนวน 16 คน วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลแบบเฉียบพลันของการยืดเหยียดของกล้ามเนื้อที่มีรูปแบบต่างกันมีผลต่อความสามารถในการกระโดด ซึ่งเป็นการประเมินความแข็งแรง (strength performance) ของกล้ามเนื้อและผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าแนวโน้มจากแบบเคลื่อนที่ ส่งผลดีกว่า ถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการยืดเหยียดทั้งสองรูปแบบว่ามีผลต่อความสามารถในการกระโดด

ส่วนการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทเป็นเทคนิคที่มีการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาท โดยกระตุ้นผ่านทางระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อสามารถเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหวนิยมใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาของระบบประสาทที่มาควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อผิดปกติ ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดยนักกายภาพบำบัดหรือแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ในการกีฬามากขึ้น (McAtee, 1993) ดังที่ นิดา (2549) ได้ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิคต่างกันที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง ความอ่อนตัว และความแข็งแรงกล้ามเนื้อในนักกีฬา ผลการวิจัยพบว่าการฝึกด้วยเทคนิค hold-relax มีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาสูงที่สุด นอกจากนี้แล้ว Ferber (2002) ได้ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อในการงอเข่า โดยศึกษาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เปรียบเทียบกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax และ agonist contract-relax ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและช่วงการเคลื่อนไหว พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาททั้งสองส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการทำงานมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

ดังนั้นเห็นได้ว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั้นจำเป็นอย่างยิ่งในขั้นการเตรียมความพร้อมของร่างกายและยังเป็นการกระตุ้นให้กล้ามเนื้อทำงานและออกแรงหดตัวอย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษางานวิจัยทั้งงานวิจัยในไทยและงานวิจัยต่างประเทศ พบว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั้นยังส่งผลถึงค่าความแข็งแรง ความอ่อนตัว แรงเชิงมุมของการเคลื่อนไหว ความสูงในการกระโดด เป็นต้น และงานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการฝึกการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะยาว ดังนั้นผู้วิจัยจึงมี

ความสนใจการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ 3 วิธี ในระยะเฉียบพลันเพราะมีความสนใจว่าการยืดเหยียดแบบใดก่อนการแข่งขันถึงจะส่งผลให้ได้กำลังสูงสุดจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ โดยเชื่อว่าผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อมีต่อกำลังสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อนำผลการวิจัยครั้งนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกเทคนิคการยืดเหยียดกล้ามเนื้อร่วมกับโปรแกรมการฝึกซ้อมกีฬา เพื่อพัฒนากำลังสูงสุดของกล้ามเนื้อของนักกีฬาต่อไป



วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการยืดเหยียดกล้ามเนื้อระยะเฉียบพลันแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาท ที่มีต่อกำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
2. เพื่อหาความแตกต่างของกำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะที่ไม่มีการยืดเหยียด และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาท

สมมติฐาน

1. กำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาท มีความแตกต่างกัน
2. กำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาท มีความแตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

ตัวแปรอิสระ (independent variable)

คือ โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แบ่งเป็น

1. โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching)
2. โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching)
3. โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax (CR)

ตัวแปรตาม (dependent variable)

คือ กำลังของกล้ามเนื้อต้นขา

ข้อตกลงเบื้องต้น

ประชากรเป็นผู้ที่มีสุขภาพดีและไม่มีปัญหาการบาดเจ็บระบบกล้ามเนื้อ ก่อนการทดสอบ ให้ประชากรงดการออกกำลังกายก่อนทำการทดสอบ 1 วัน เพื่อให้ประชากรได้พักผ่อนอย่างเต็มที่ และงดรับประทานอาหารทุกชนิดในระหว่างที่กำลังทำการทดสอบ

นิยามศัพท์

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching) เป็นวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ โดยที่กล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกช้าๆ เมื่อถึงตำแหน่งสุดท้ายของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อให้ค้างไว้ 15 วินาที

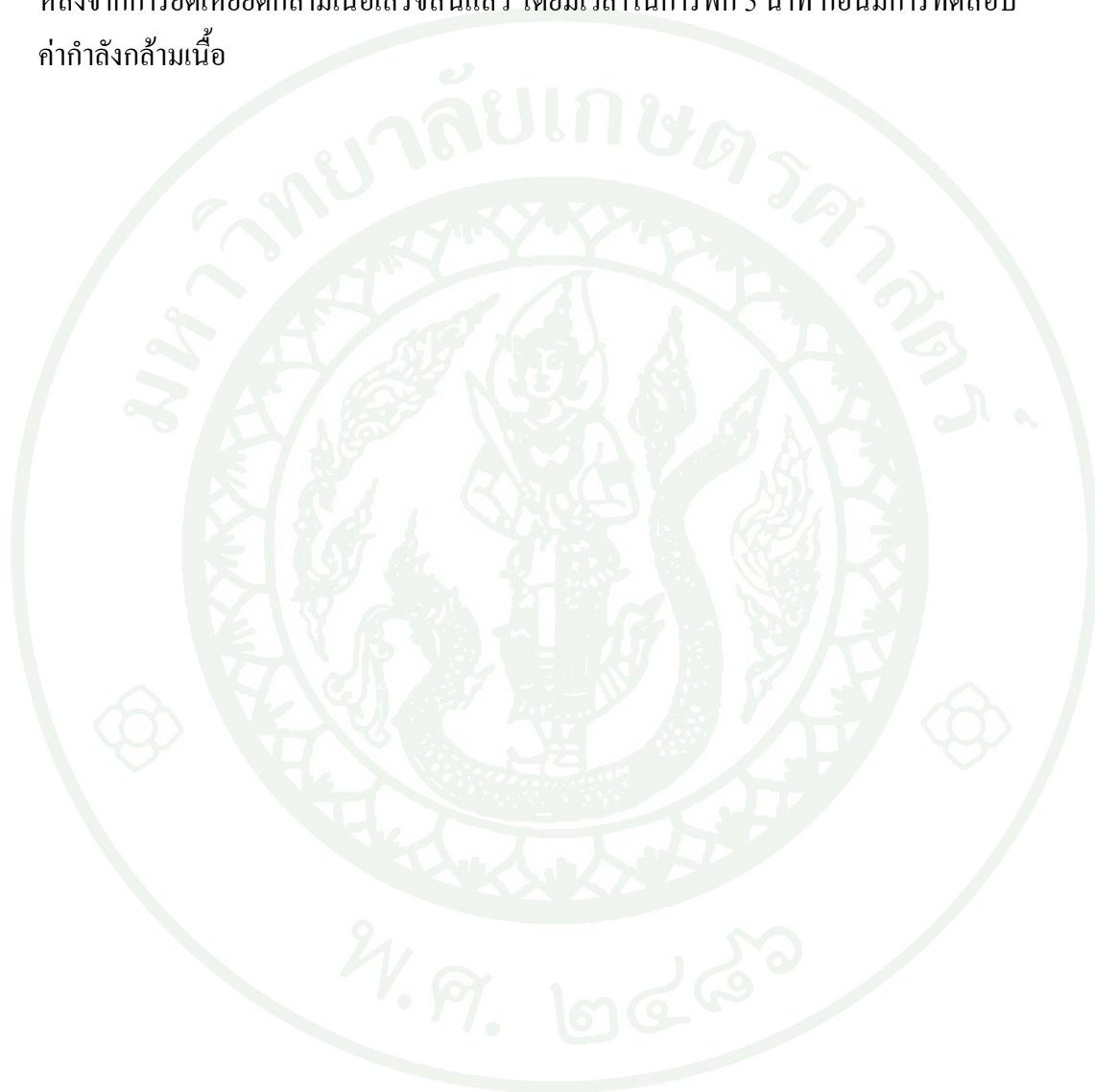
การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching) หมายถึง การยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ไม่มีการหยุดอยู่กับที่ เป็นการปฏิบัติโดยใช้หลักการซ้ำ ๆ และมีการเคลื่อนไหวเป็นจังหวะ โดยให้มีการเคลื่อนไหวแบบไปและกลับ จังหวะการเคลื่อนไหวเร็ว ใช้แรงมากกว่าการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ และทำในช่วงสั้น ๆ ใช้การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ เพื่อเป็นแรงช่วยในการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว เป็นเวลา 15 วินาที

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax หมายถึง การยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่เริ่มจากผู้ช่วยปฏิบัติออกแรงยืดกล้ามเนื้อจนสุดช่วงการเคลื่อนไหว จากนั้นเมื่อผู้ช่วยปฏิบัติ ให้สัญญาณว่า “เกร็งกล้ามเนื้อ” ให้ผู้ถูกทดสอบ

ออกแรงต้านในทิศทางตรงข้ามกับผู้ช่วยปฏิบัติเป็นเวลา 7 วินาทีผู้ช่วยปฏิบัติให้สัญญาณว่า “คลายกล้ามเนื้อ” จึงผ่อนคลายการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นเวลา 2 วินาที จากนั้นผู้ช่วยปฏิบัติจะออกแรงยืดกล้ามเนื้อเพิ่มไปยังตำแหน่งใหม่เมื่อกกล้ามเนื้อถึง ค้างไว้ 8 วินาที ซึ่งจะเป็นการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหวให้มากขึ้น โดยเทคนิคดังกล่าวใช้เวลารวม 15 วินาที

กำลัง (power) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดแรงมากที่สุด ซึ่งองค์ประกอบสำคัญของกำลังได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลัน (acute effects of stretching) คือ ระยะเวลาหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเสร็จสิ้นแล้ว โดยมีเวลาในการพัก 5 นาที ก่อนมีการทดสอบค่ากำลังกล้ามเนื้อ



การตรวจเอกสาร

ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. ระบบกล้ามเนื้อ
2. กำลักล้ามเนื้อ
3. ไอโซไคนติก
4. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

ระบบกล้ามเนื้อ

กัลยพงษ์ (2545) ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อเป็นเนื้อเยื่อที่มากที่สุดในร่างกายคือ ประมาณ 45-50% ของน้ำหนักตัว เซลล์กล้ามเนื้อมีความไวต่อสิ่งเร้า (excitable) และสามารถส่งสัญญาณไฟฟ้า (action potential) ไปตามส่วนต่างๆ ของเซลล์ได้เหมือนระบบประสาท กล้ามเนื้อพัฒนาพิเศษจากเซลล์อื่นๆ คือ เมื่อกล้ามเนื้อหดตัว จะทำให้เกิดแรงและการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่ากล้ามเนื้อเป็นส่วนที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหว ดังที่ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) ได้กล่าวว่า ระบบกล้ามเนื้อถือได้ว่าเป็นระบบที่สำคัญที่สุดในการออกกำลังกาย เพราะเป็นตัวจักรสำคัญที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวของร่างกายอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อลายซึ่งในร่างกายมีทั้งหมด 792 มัด ถือได้ว่ากล้ามเนื้อลายเป็นอวัยวะที่มีน้ำหนักมากที่สุดในร่างกายคือ ประมาณ 40 % ของน้ำหนักตัว

ชนิดของกล้ามเนื้อ

อภิสิทธิ์ (2549) ได้กล่าวว่า ร่างกายของมนุษย์นั้นประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 3 ชนิดด้วยกัน คือ กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle) และ กล้ามเนื้อลาย (striated หรือ skeletal muscle) รายละเอียดดังนี้

1. กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีลักษณะของเซลล์เป็นรูปกระสวย (ยาว เรียว และบาง) มีนิวเคลียสหนึ่งอัน เซลล์จะเกาะกันหลวมๆ ประกอบกันเป็นเส้นใย อยู่บนอก

อานาจจิตใจ ส่วนใหญ่จะเป็นกล้ามเนื้อที่บวอยู่ในอวัยวะภายใน หลอดโลหิต และหลอดอาหาร เป็นต้น

2. กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle) เป็นกล้ามเนื้อพิเศษที่มีเฉพาะหัวใจเท่านั้นโดยลักษณะของเซลล์เป็นรูปทรงกระบอก มีส่วนยื่นออกไปเป็นตาข่ายซึ่งมีไซโทพลาสซึมติดต่อกันเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถหดตัวได้เองไม่ต้องได้รับการกระตุ้นจากภายนอก แต่ละเซลล์มีนิวเคลียสหนึ่งอันมีเส้นใยพิเศษควบคุม เรียกว่า ซินไคเทรียม (syncytium)

3. กล้ามเนื้อลาย (striated หรือ skeletal muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีเซลล์มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีขนาดต่างๆกันตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ไมครอน ถึง 100 ไมครอน ตามแนวยาวของเส้นใยจะมีสีอ่อนและเข้มสลับกันจึงดูเป็นลาย การทำงานอยู่ภายใต้อานาจจิตใจ แต่ละเซลล์จะมีนิวเคลียสหลายอัน มีเยื่อบางๆ หุ้มแต่ละเซลล์ เรียกว่า ซาร์โคเลมมา (sarcolemma) เซลล์กล้ามเนื้อลายหลายๆ เซลล์รวมกันเป็นมัดเล็กๆ เรียกว่า บันเดิล (bundle) มีเยื่อหุ้มเรียกว่า เอนโดไมเซียม (endomysium) และจะมีเยื่อพังผืดที่หนาและเยื่อหุ้มพังผืดเรียกว่า ฟาเซีย (fascia) ปลายกล้ามเนื้อเหล่านี้จะรวมกันเป็นเอ็นของปลายกล้ามเนื้อ (tendon) ไปยึดเกาะกับ กระดูก กล้ามเนื้อลายจะเป็นกล้ามเนื้อที่ติดอยู่กับกระดูก เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เช่น กล้ามเนื้อลิ้น กล้ามเนื้อตา เป็นต้น

คุณสมบัติของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

คุณสมบัติของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อมีอยู่ 4 ลักษณะตามที่ วิลเลียม ฮัลลีย์ และเมนตการ์ต (2539) ได้กล่าวไว้ว่า

1. excitability คือ ความสามารถในการรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากภายนอก
2. contractility คือ ความสามารถในการหดตัว
3. extensibility คือ ความสามารถในการถูกยืดโดยไม่เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อ
4. elasticity คือ ความสามารถในการกลับสู่ร่างเดิม ภายหลังการหดตัวหรือถูกยืด

โครงสร้างกล้ามเนื้อลาย

กล้ามเนื้อลายประกอบขึ้นด้วยเซลล์หรือใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) เป็นจำนวนมากเรียงขนานกันและอยู่รวมกันเป็นมัด โดยปลายทั้งสองข้างของมัดกล้ามเนื้อจะยึดติดกับเอ็นซึ่งยึดติดกับกระดูกอีกทีหนึ่ง เส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้นประกอบขึ้นด้วยหน่วยย่อยๆ เรียกว่า ใยกล้ามเนื้อเล็ก หรือไมโอไฟบริล (myofibril) ในแต่ละไมโอไฟบริลจะประกอบขึ้นด้วย เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยหรือไมโอฟิลาเมนต์ (myofilament) ซึ่งนับว่าเป็นหน่วยย่อยที่สุดของกล้ามเนื้อ ในกล้ามเนื้อมีเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยที่สำคัญอยู่สองชนิดคือ เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา (thick filament) และใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง (thin filament) (กัลยพงษ์, 2545) นอกจากนี้ ราตรี และวีระชัย (2550) ได้กล่าวไว้ว่ากล้ามเนื้อประกอบด้วย

1. ใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber)

กล้ามเนื้อทั้งมัดประกอบด้วยมัดย่อยที่เรียก bundle หรือ fasciculus แต่ละมัดย่อยจะประกอบด้วยเซลล์ที่เรียกใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) เรียงขนานกัน โดยมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกมีความยาวตั้งแต่ 2-3 มิลลิเมตร ไปจนถึง 10 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-100 ไมครอน ใยกล้ามเนื้อแต่ละใยถูกหุ้มด้วย plasma membrane ที่เรียกว่า sarcolemma ซึ่งจะหุ้มไซโตพลาสซึมอยู่ ไซโตพลาสซึมในกล้ามเนื้อเรียก sarcoplasm ภายใน sarcoplasm มี organelle ต่างๆ เช่น ไมโทคอนเดรีย (sarcosome), endoplasmic reticulum (sarcoplasmic reticulum: SR), golgi apparatus ของเหลวใน sarcoplasm ประกอบด้วยโพแทสเซียม แมกนีเซียม ฟอสเฟต เอนไซม์ต่างๆ glycogen granules, myoglobin, กรดอะมิโนและสารที่ให้พลังงานสูง เช่น adenosine triphosphate, adenosine diphosphate และ creatine phosphate

นิวเคลียสของใยกล้ามเนื้อจะอยู่ที่ผิวของเยื่อหุ้มเซลล์ อาจมีอันเดียวหรือหลายอันก็ได้ การที่นิวเคลียสอยู่ที่ผิวอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กล้ามเนื้อลายหดตัวได้เร็วกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น

2. myofibril

เป็นหน่วยย่อยลงไปของใยกล้ามเนื้อ ใยกล้ามเนื้อ 1 ใย จะประกอบด้วย myofibril หลายร้อยถึงหลายพัน myofibril มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 ไมครอน จัดเรียงตัวเป็นลายตามยาวตลอดความยาวของใยกล้ามเนื้อ myofibril เป็นกลุ่มของโปรตีนในกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หดตัว (contractile protein) กลุ่มโปรตีนยึดหดตัวเหล่านี้ถูกหุ้มด้วย sarcoplasmic reticulum ซึ่งก็พัฒนามาจาก endoplasmic reticulum ของเซลล์ชนิดอื่นนั่นเอง ความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดทางโครงสร้างระหว่าง sarcoplasmic reticulum และ myofibril มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับความคล่องตัวในการทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อ

โปรตีนที่ทำหน้าที่หดตัวมีหลายชนิดและมีขนาดต่างกัน การเรียงตัวของ myofibril ที่มีความหนาไม่เท่ากันเหล่านี้ทำให้เราเห็นเป็นลายตามขวาง (cross striation) เมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์ลายขวางนี้เป็นผลของความแตกต่างของดัชนีหักเหของแสง (refractive index) ที่อยู่ในกล้ามเนื้อซึ่งมีชื่อต่างๆ กัน คือ

2.1 anisotropic หรือ a band

เป็นลายหนา ทึบแสง และไม่ค่อยสม่ำเสมอเนื่องจากเป็นส่วนของ thick filament ซ้อนกับ thin filament a band มี myofibril มีหลายชนิดปนกันอยู่จึงทำให้เห็นไม่สม่ำเสมอ แต่โปรตีนที่ยึดหดตัวที่สำคัญที่สุดคือ myosin ตรงกลางของ a band เป็นบริเวณที่เรียกว่า h zone บริเวณนี้มี myosin อยู่เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้จะเห็นเส้นที่อยู่กึ่งกลางของ h-band คือ m-line

2.2 isotropic หรือ i band

เป็นลายบางค่อนข้างโปร่งแสงสม่ำเสมอดีเพราะมีเฉพาะส่วน thin filament มี myofibril คือ actin เป็นส่วนใหญ่ นอกนั้นเป็นส่วนของ tropomyosin กับ troponin I band แต่ละอันจะถูกแบ่งกลางด้วยเส้นที่เรียกว่า z line ระยะระหว่าง z line 2 อันเรียกว่า sarcomere

3. myofibril

myofibril ประกอบด้วยส่วนย่อยลงมามีอีกเรียกว่า myofilaments มี 2 ชนิดคือ thin myofilament มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 6 นาโนเมตร และ thick myofilament มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16 นาโนเมตร ถ้าตัดกล้ามเนื้อของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังตามขวางบริเวณ a band ซึ่งเป็นบริเวณที่มี thick filament ซ้อนอยู่กับ thin filament จะพบการจัดเรียงตัวของ thick และ thin filament โดยที่ thin filament 1 เส้น จะถูกล้อมรอบด้วย thick filament 3 เส้น และ thick filament 3 เส้นจะถูกล้อมรอบด้วย thin filament 6 เส้น ในกล้ามเนื้อของสัตว์ชนิดอื่นๆ อาจมีการจัดเรียงตัวที่แตกต่างไปจากนี้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ กัลยพงษ์ (2545) ได้กล่าวว่า myofibril ประกอบด้วย

3.1 เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา (thick filament)

ประกอบด้วยโปรตีนไมโอซิน (myosin) ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยโปรตีนจำนวน 6 เส้น คือ เส้นใยโปรตีนชนิดหนัก (heavy chain) 2 เส้น และเส้นใยโปรตีนชนิดเบา (light chain) 4 เส้น เส้นใยโปรตีนชนิดเบาและส่วน n-terminal ของเส้นใยโปรตีนชนิดหนักจะขดรวมกันเป็นส่วนหัว (globular head) ของไมโอซิน ส่วนหางของไมโอซินเกิดจากการพันตัวเป็นเกลียวของเส้นใยโปรตีนชนิดหนัก 2 เส้น ในโครงสร้างโมเลกุลของไมโอซินมีจุดอ่อนหลายตำแหน่ง ทำให้โมเลกุลของไมโอซินบิดงอได้ และจะถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์บางอย่างใน thick filament แต่ละเส้นประกอบด้วยไมโอซินหลายหน่วยโดยแต่ละหน่วยมีส่วนของหางเกาะเกี่ยวกันเพื่อเป็นแกนกลางของฟิลาเมนต์ และส่วนหัวของไมโอซินชี้ไปในทิศทางตรงกันข้าม และจะยื่นออกไปในทิศทางรอบตัว บริเวณส่วนหัวของไมโอซิน จะมีตำแหน่งสำคัญ 2 แห่ง ได้แก่ ตำแหน่งที่ให้โปรตีนแอคตินมาเกาะ (actin binding site) และตำแหน่งที่มีเอนไซม์ adenosine triphosphatase (ATPase) อยู่ ATPase ทำหน้าที่สลาย ATP เพื่อให้ได้พลังงานซึ่งใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

3.2 เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง (thin filament)

ประกอบด้วยโปรตีนที่สำคัญ 3 ชนิด

3.2.1 แอ็กติน (actin)

เป็นโปรตีนที่มีลักษณะกลมเรียกว่า G-actin (globular actin) ขณะที่ G-actin อยู่ในไซโทพลาสซึมจะรวมตัวเกาะกันเป็นเส้นบางๆ เรียกว่า F-actin (fibrous actin) ใน thin filament จะประกอบด้วย F-actin สองเส้นพันกันเป็นเกลียวคล้ายเชือก สำหรับ G-actin จะมีตำแหน่งให้หัวของไมโอซินมาเกาะ (myosin binding site)

3.2.2 โทรโปไมโอซิน (tropomyosin)

เป็นโปรตีนที่มีลักษณะเป็นเส้นใยสองเส้นพันกันเป็นเกลียวฝังตัวอยู่ในร่องของเกลียว F-actin

3.2.3 โทรโปนิน (troponin)

เป็นโปรตีนขนาดเล็กมีลักษณะกลมประกอบขึ้นด้วย 3 หน่วยย่อยคือ troponin-I (TN-I) เป็นหน่วยย่อยที่มีบทบาทในการยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อ troponin-C (TN-C) เป็นหน่วยย่อยที่มีความสามารถในการจับตัวกับแคลเซียมซึ่งจะเป็นตัวก่อให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อและ troponin-T (TN-T) เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่เป็นตัวยึดโทรโปนินเข้ากับโทรโปไมโอซิน ในแต่ละช่วงของ thin filament จะมี G-actin อยู่ 7 หน่วยจับกับ 1 หน่วยของโทรโปไมโอซินซึ่งจับกับ 1 หน่วยของโทรโปนินอีกทีหนึ่ง

โปรตีนทั้งหมดในฟิลาเมนต์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นอาจจะแบ่งออกได้ตามหน้าที่เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มหนึ่งจะทำหน้าที่เกี่ยวกับการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อ (contractile proteins) ได้แก่ ไมโอซินและแอ็กติน ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมกลไกการหดตัวและการคลายตัวของกล้ามเนื้อ (regulatory proteins) ซึ่งได้แก่ โทรโปไมโอซิน โทรโปนิน และแอ็กติน

นอกจากนี้ พงษ์จันทร์ (2551) ได้แยกการทำงานของกล้ามเนื้อออกเป็นระบบเยื่อหุ้มที่มีลักษณะเป็นท่อ (sarcotubular system) เยื่อหุ้มของ SR และเยื่อหุ้มเซลล์มีการจัดเรียงตัวลักษณะเหมือนท่อ 2 ลักษณะคือ

1. ท่อตามยาว (longitudinal tubule)

คือส่วนของ SR ที่เรียงตัวโอบล้อมไมโอไฟบริลของกล้ามเนื้อตลอดความยาวตรงปลายทั้งสองข้างไปออกแต่ละข้างมีชื่อเรียกว่า เทอร์มินัลซิสเทนาร์ (terminal cisterna) ภายใน terminal cisterna มีแคลเซียมสะสมอยู่โดยแคลเซียมจับอยู่กับโปรตีนชื่อ คัลเซสเทสตริน (calsequestrin) ที่ผนังของ terminal cisterna มีตัวรับรู้ชื่อ ไรยาโนดีน (ryanodine; Ca^{2+} release channel) ทำหน้าที่เป็นช่องให้แคลเซียมผ่านจาก terminal cistern เคลื่อนที่ออกสู่ซาร์โคพลาสมเพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ และที่ผนังของ SR จะมีเอ็นไซม์แคลเซียมเอทีพีเอส (calcium-ATPase) ทำหน้าที่ขนส่งแคลเซียมกลับเข้าสู่ SR โดยวิธีใช้พลังงาน (active transport) ทำให้เกิดการคลายตัวของกล้ามเนื้อ

2. ท่อตามขวาง (transverse tubule; t- tubule)

เป็นส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อที่ยื่นเข้าไปสู่ไมโอพลาสมในทิศทางตั้งฉากกับความยาวของไมโอพลาสมและอยู่ใกล้กับ terminal cisterna ท่อตามขวางทำหน้าที่นำศักย์ทำงาน (action potential) กระจายเข้าสู่ไมโอพลาสม บริเวณที่ท่อตามขวาง 1 ท่อถูกขนาบข้างด้วย terminal cisterna เรียกว่า ไตรแอด (triads) ในกล้ามเนื้อลายมนุษย์มักพบ ไตรแอดบริเวณรอยต่อระหว่างแถบทีบีและแถบจาจ (a-i junction) บริเวณที่ผนังของท่อตามขวางประชิดกับ terminal cisterna มีตัวรับรู้ชื่อ ไดไฮโดรไพริดีน (dihydropyridine; DHP or L-type Ca^{2+} channel) DHP ทำหน้าที่รับรู้การเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าของท่อตามขวางและส่งสัญญาณไฟฟ้าให้ตัวรับรู้ ไรยาโนดีน (ryanodine) ให้ปล่อยแคลเซียมออกมาสู่ซาร์โคพลาสม

โครงสร้างอื่นๆ ที่ช่วยในการหดตัว

นอกจากการทำงานของกล้ามเนื้อโดยตรงแล้วนั้น ในการหดตัวของกล้ามเนื้อยังจะต้องมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่ช่วยในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังที่ ราตรี และวีระชัย (2550) ได้กล่าวไว้ว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อมีโครงสร้างของร่างกายที่ช่วยในการหดตัวคือ

1. sarcotubular system

แต่ละ myofibril จะถูกล้อมรอบด้วยเยื่อหุ้มซึ่งประกอบกันเป็นท่อ ได้แก่

1.1 transverse tubular system (t-system หรือ t-tubule)

เป็นท่อที่วิ่งตามขวางกับ myofibril คือเป็นส่วนหนึ่งของ sarcolemma ที่ยื่นเข้าไปใน myofibril ท่อนี้จะติดกับ extracellular fluid มีหน้าที่นำศักย์ทำงาน (action potential) ที่เกิดที่ sarcolemma เข้าไปใน myofibril ที่อยู่ลึกเข้าไปได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การหดตัวเกิดได้เร็วและพร้อมกันทั้ง fiber

1.2 sarcoplasmic reticulum (SR)

ของเซลล์กล้ามเนื้อซึ่งเจริญมาจาก endoplasmic reticulum จะหุ้ม myofibril ไว้ตลอดความยาวซึ่งอาจเรียกว่า longitudinal tubular system (l- tubule) ปลายของ SR ที่มาอยู่ใกล้กับ t- tubule จะโป่งออกเป็นกระเปาะเรียก terminal cisternae ซึ่งเป็นบริเวณที่เก็บแคลเซียมที่จำเป็นในการหดตัว ส่วนมากจะพบ terminal cisternae บริเวณรอยต่อระหว่าง a-band และ i-band หรือ z-line ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ บริเวณที่ t-tubule มาพบกับ terminal cisternae 2 ข้างเรียกว่า triad ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการ excitation-contraction coupling ของกล้ามเนื้อ

2. dystrophin-glycoprotein complex dystrophin

เป็นโปรตีนขนาดใหญ่ มีน้ำหนักโมเลกุลถึง 427,000 จะประกอบเป็นแท่งเพื่อเชื่อม thin filament เข้ากับ transmembrane protein ที่เรียกว่า β -dystroglycan ที่อยู่ที่ sarcolemma จาก β -dystroglycan จะเชื่อมต่อกับ laminin ของ extracellular matrix โดย α - dystroglycan ส่วน dystroglycan จะติดต่อกับ transmembrane glycoproteins หน้าที่ของ dystrophin-glycoprotein complex จะช่วยต้านและเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ myofibril แต่อาจจะมีหน้าที่อื่นๆ อีก เนื่องจากพบว่าถ้ามีความผิดปกติทางกรรมพันธุ์ของโครงสร้างนี้จะทำให้เกิดโรคหลายชนิดที่จัดอยู่ในกลุ่ม muscular dystrophy ได้

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

กัลยพงษ์ (2545) ได้กล่าวว่า เซลล์กล้ามเนื้อมีการพัฒนาและปรับตัวให้เหมาะสมกับหน้าที่การทำงานและการใช้พลังงานของเซลล์ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม กล้ามเนื้อลายแบ่งได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ กล้ามเนื้อหดตัวช้า (slow twitch muscle, type I) และกล้ามเนื้อหดตัวเร็ว (fast twitch muscle, type II) โดยพิจารณาจากคุณสมบัติเกี่ยวกับความเร็วในการหดตัว (velocity) และเวลาที่ใช้ในการหดตัว (duration of contraction) นอกจากกล้ามเนื้อทั้ง 2 ชนิด นี้จะแตกต่างกันทางสรีรวิทยาอย่างเห็นได้ชัดแล้ว คุณสมบัติทางชีวเคมียังแตกต่างกันอีกด้วย ดังนั้นจึงจำแนกเซลล์กล้ามเนื้อลายในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมออกเป็น 3 ชนิด ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 คือ ชนิด I ชนิด II เอ และชนิด II บี

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเซลล์กล้ามเนื้อ 3 ชนิด

	ชนิดที่ I :slow oxidative (red)	ชนิดที่ II เอ :fast oxidative (red)	ชนิดที่ II บี :fast glycolytic (white)
การสร้าง ATP	ใช้ออกซิเจน (oxidative phosphorylation)	ใช้ออกซิเจน (oxidative phosphorylation)	ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic glycolysis)
ไมโทคอนเดรีย	มาก	มาก	น้อย
เส้นเลือดฝอย	มาก	มาก	น้อย
ไมโอโกลบิน (myoglobin)	สูง	สูง	น้อย
การทำงานของเอนไซม์ glycolytic	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ปริมาณไกลโคเจน	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
อัตราการล่าของกล้ามเนื้อ	ช้า	ปานกลาง	เร็ว
การทำงานของเอนไซม์ myosin-ATPase	ต่ำ	สูง	สูง
ความเร็วในการหดตัว	ช้า	เร็ว	เร็ว
ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ	เล็ก	ปานกลาง	ใหญ่
ขนาดของมอเตอร์ยูนิต	เล็ก	ปานกลาง	ใหญ่
ขนาดของมอเตอร์นิวรอนที่มาเลี้ยงเส้นใยกล้ามเนื้อ	เล็ก	ปานกลาง	ใหญ่

ซึ่งมีความสอดคล้องกับชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่า ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อจำแนกได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. เส้นใยชนิดหดตัวช้า (type I)

เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็ก มีสีแดงเข้มเนื่องจากมีหลอดเลือดมาเลี้ยงจำนวนมาก มีปริมาณไมโทคอนเดรียจำนวนมากจึงมีความสามารถสูงในการเปลี่ยนพลังงานเคมีที่มีอยู่เซลล์กล้ามเนื้อให้กลายเป็นเอทีพีโดยอาศัยกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบใช้ออกซิเจน (aerobic metabolism) ซึ่งจะสามารถผลิตพลังงานได้จำนวนมากและเกิดของเสียจากกระบวนการน้อย จึงมีความสามารถในการทำงานได้ระยะเวลานาน แต่มีอัตราความเร็วในการสลายเอทีพีต่ำจึงทำให้หดตัวได้ช้า และด้วยขนาดกล้ามเนื้อที่เล็กกว่าและมีหลอดเลือดฝอยมาเลี้ยงมากจึงทำให้สามารถขนส่งออกซิเจนและสามารถเคลื่อนย้ายของเสียออกจากเส้นใยกล้ามเนื้อได้มาก จึงชะลอการเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

2. เส้นใยชนิดหดตัวเร็วเอ (type II a)

เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่สามารถหดตัวได้อย่างรวดเร็วและยาวนาน เนื่องจากมีคุณลักษณะบางอย่างเหมือนเส้นใยชนิดหดตัวเร็ว เช่น มีหน่วยยนต์และเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่มีสารฟอสเฟตและไกลโคเจนจำนวนมาก และมีคุณสมบัติบางอย่างเหมือนเส้นใยชนิดหดตัวช้า เช่น มีปริมาณไมโทคอนเดรียและหลอดเลือดแดงจำนวนมาก มีปริมาณไมโอโกลบินสูง มีสีแดง มีความสามารถสูงในการผลิตเอทีพีโดยอาศัยกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบใช้ออกซิเจนและสามารถสลายเอทีพีได้อย่างรวดเร็ว จึงมีอัตราความเร็วในการหดตัวและทนทานต่อความเมื่อยล้า แต่พบได้น้อยในร่างกายมนุษย์

3. เส้นใยชนิดหดตัวเร็วบี (type II b)

เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ สามารถหดตัวได้เร็วที่สุด มีหลอดเลือดมาเลี้ยงจำนวนน้อยจึงมีสีซีด และมีปริมาณไมโทคอนเดรียและไมโอโกลบินจำนวนน้อย แต่มีปริมาณไกลโคเจนสูง มีความสามารถในการผลิตเอทีพีโดยอาศัยกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism) มีความสามารถในการสลายเอทีพี จึงทำให้หดตัวได้อย่างรวดเร็วแต่

สามารถผลิตพลังงานได้จำนวนน้อย จึงไม่สามารถผลิตเอทีพีได้อย่างเพียงพอที่จะทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้อย่างต่อเนื่อง และในการผลิตเอทีพีจะก่อให้เกิดของเสียจึงเกิดความเมื่อยล้าได้ง่าย

ส่วนที่มีความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (series elastic component)

เมื่อใยกล้ามเนื้อหดตัวต้านกับน้ำหนักที่กระทำส่วนของกล้ามเนื้อที่ไม่ได้ทำหน้าที่ในการหดตัว เช่น เอ็น ส่วนปลายของซาร์โคเลมมาที่ยึดติดกับเอ็น หรืออาจเป็นแขนงของโครสบริดจ์จะถูกยืดเล็กน้อย และแรงดึงของกล้ามเนื้อก็เพิ่มขึ้นด้วยทำให้ส่วนที่ทำหน้าที่ในการหดตัวหดสั้นลงประมาณ 3-5% ส่วนที่ถูกยืดเล็กน้อยก่อนการหดตัวนี้เรียกว่า series elastic component (พงษ์จันทร์, 2551)

หน่วยยนต์ (motor unit)

กล้ามเนื้อแต่ละมัดมีเส้นประสาทมาเลี้ยงมากมายเส้นประสาทแต่ละเส้นที่มาเลี้ยงยังกล้ามเนื้อจะแตกออกเป็นแขนงย่อยๆ ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมาก มอเตอร์นิวรอน (motoneuron) หนึ่งเซลล์ และกลุ่มของเซลล์กล้ามเนื้อที่ถูกเลี้ยงด้วยมอเตอร์นิวรอนนั้นๆ จะประกอบขึ้นเป็นหนึ่งมอเตอร์ยูนิต (motor unit) ขนาดของมอเตอร์ยูนิตจะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับจำนวนเซลล์ของกล้ามเนื้อที่ถูกเลี้ยงด้วยมอเตอร์นิวรอนนั้นๆ กล้ามเนื้อที่ทำงานเกี่ยวข้องกับความเร็วและความแม่นยำ เช่น กล้ามเนื้อมือและกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการกรอกลูกตาจะมีเซลล์กล้ามเนื้อประมาณ 3-6 เซลล์ต่อมอเตอร์นิวรอน ในขณะที่กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวจะมีเซลล์กล้ามเนื้อถึง 120-165 เซลล์ต่อ 1 มอเตอร์นิวรอน (กัลยพงษ์, 2545)

หน้าที่ทั่วไปของประสาทมอเตอร์

1. ควบคุมการเคลื่อนไหว
2. ควบคุมการดึงของกล้ามเนื้อ
3. ควบคุมท่าทางและสมดุลของร่างกาย

การทำงานของระบบประสาทมอเตอร์

การทำงานของระบบประสาทมอเตอร์เป็นการทำงานที่ได้มีการสั่งงานของสมองมายังกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย ดังที่ ราตรี และ วีระชัย (2550) ได้กล่าวไว้ว่า การสั่งงานที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวภายใต้อำนาจจิตใจเริ่มที่ association cortex การวางแผนการเคลื่อนไหวมีหลายวิธี เช่น จาก association cortex, subcortical areas, basal ganglia และ lateral cerebellum ซึ่งจะส่งข้อมูลผ่านธาลามัสไปยัง premotor และ motor cortex ซึ่งเป็นสมองส่วนสั่งการ จากนั้นจะส่งคำสั่งไปตาม pyramidal และ extrapyramidal systems ไปสู่ motor neuron ในก้านสมองและไขสันหลัง และส่งต่อไปยังกล้ามเนื้อ

การทำงานร่วมกันระหว่างประสาทและกล้ามเนื้อ

การสั่งงานในการทำงานของกล้ามเนื้อจะต้องมีระบบประสาทสั่งงานมายังกล้ามเนื้อ เพื่อที่จะเป็นตัวกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเกิดการทำงานดังกล่าวดังที่ อนันต์ (2527) ได้กล่าวไว้ว่า เมื่อกระแสประสาทไปถึงเยื่อหุ้มกล้ามเนื้อ (muscle membrane) กระแสประสาทจะเดินทางไปตาม t-tubule ซึ่งจะทำให้เกิดกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลจากการที่ระหว่างรอยต่อของเซลล์ประสาทและเซลล์กล้ามเนื้อนั้น จะมีสารเคมีที่ออกมาจากปลายใยประสาทแอกซอน ซึ่งสารดังกล่าวเรียกว่า อะเซทิลโคลีน (acetylcholine) ซึ่งเป็นตัวการที่จะทำให้เกิดการซึมผ่านเยื่อบางๆ ซึ่งขบวนการนี้จะยอมให้โซเดียมและโพแทสเซียมเข้าออกเซลล์ได้ จึงทำให้เกิดกระแสประสาทผ่าน t-tubule ได้

การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อลายในระดับโมเลกุล

การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อลายในระดับโมเลกุลสามารถอธิบายได้โดยการเคลื่อนไหวของ thin และ thick filaments ดังที่ พงษ์จันทร์ (2551) ได้กล่าวว่า การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อลายเป็นการเลื่อนซ้อนกันของ thin และ thick filaments โดยการจับและปล่อยระหว่าง ครอสบริดจ์ของ thick filaments และ thin filaments อย่างเป็นวงจร คือ

1. ATP จะจับกับหัวของไมโอซินและมีการสลาย ATP เพื่อให้เกิดพลังงาน โมเลกุลจะอยู่ในรูปของ myosin-ADP-Pi ซึ่งมีพลังงานอิสระสูงและมีความเฉพาะเจาะจงชอบจับกับแอกตินมาก ในขณะที่หัวของไมโอซินอยู่ในลักษณะตั้งฉากและยังไม่ได้จับกับแอกติน เมื่อโมเลกุลเชิงซ้อนโทรโปนินโทรโปไมโอซินจับกับแคลเซียม จะเปิดตำแหน่งการทำงานของแอกติน หัวของไมโอซินจึงจับกับแอกตินฟิลาเมนต์ได้อย่างรวดเร็ว

2. หลังจากไมโอซินจับกับแอกติน หัวของโมเลกุลไมโอซินซึ่งมีพลังสะสมอยู่ในรูปของ ADP-Pi จะอยู่ในทิศทางเดียวกับแขนของครอสบริดจ์พร้อมกับการปล่อย ADP-Pi ออกจากโมเลกุลของไมโอซิน ทำให้เกิดพลังงานในการดึงฟิลาเมนต์แอกตินเข้าสู่ศูนย์กลางของซาร์โคเมอร์ การเคลื่อนที่ของไมโอซินนี้เรียกว่าเพาเวอร์สโตรก (power stroke) การหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดขึ้น ซึ่งขณะนี้หัวของโมเลกุลไมโอซินจะมีพลังอิสระลดลง

3. ATP โมเลกุลใหม่ใหม่จะเข้ามาแทนตำแหน่งเดิมของ ADP-Pi บนโมเลกุลไมโอซินและแอกตินที่เกาะกันอยู่ (myosin-actin complex) และสลาย ATP เพื่อให้เกิดพลังงานในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทำให้ลดความสามารถของไมโอซินในการชอบจับแอกติน จากนั้นหัวของครอสบริดจ์ก็หลุดจากแอกตินฟิลาเมนต์พร้อมกับการคลายตัวของกล้ามเนื้อ

4. จะมีการสลาย ATP เพื่อสร้าง myosin-ADP-Pi ซึ่งมีพลังงานอิสระสูงขึ้นมาใหม่เพื่อพร้อมที่จะทำงานในวงจรถัดไป เชื่อว่าครอสบริดจ์นี้ทำงานอิสระจากกัน แต่ละครอสบริดจ์จะเกาะและดึงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นยังมีจำนวนครอสบริดจ์เกาะกับแอกตินได้มากเท่าไรที่เวลาหนึ่งแรงในการหดตัวก็ยิ่งจะเพิ่มขึ้น

ชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ

การหดตัวของกล้ามเนื้อ สนธยา (2547) กล่าวว่าไว้ว่า สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (ไอโซโทนิก) และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (ไอโซเมตริก) ซึ่งการหดตัวในแต่ละชนิดจะสามารถสร้างแรงได้แตกต่างกัน

1. การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิค (isotonic contraction)

การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิคยังสามารถแบ่งออกเป็นการหดตัวแบบคอนเซนทริก (concentric) และการหดตัวแบบเอ็กเซนทริก (eccentric) เนื่องจากการพัฒนาแรงของกล้ามเนื้อมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าแรงต้านทาน

1.1 การหดตัวแบบคอนเซนทริก เป็นการหดตัวสั้นตัวของกล้ามเนื้อและเกิดขึ้นเมื่อมีการหดตัวสร้างแรง (force) อย่างเพียงพอในการกระทำต่อแรงต้านทาน เป็นการหดตัวชนิดที่กล้ามเนื้อมีการพัฒนาแรงขึ้นมากกว่าแรงต้านทาน

1.2 การหดตัวแบบเอ็กเซนทริก เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะที่กล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกภายใต้ความตึง เช่น การค่อย ๆ วางน้ำหนักลงสู่พื้น กล้ามเนื้อจะมีความตึงลดลงทีละน้อยเนื่องจากน้ำหนักหรือแรงต้านทานมากกว่าแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ไม่ถึงกับกล้ามเนื้อไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เป็นการหดตัวที่มีการสร้างแรงขึ้นน้อยกว่าแรงต้านทาน แต่การหดตัวแบบเอ็กเซนทริกนี้จะสามารถสร้างแรงได้มากกว่าการหดตัวแบบไอโซเมทริกและการหดตัวแบบคอนเซนทริก ตามลำดับ

2. การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมทริก (isometric contraction)

การหดตัวของกล้ามเนื้อลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเมื่อกำลังกล้ามเนื้อมีการพัฒนาความตึงขึ้นแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมุมข้อต่อหรือความยาวของกล้ามเนื้อหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการหดเกร็งอยู่กับที่เป็นการหดตัวที่มีการสร้างแรงขึ้นเท่ากับแรงต้านทาน

3. การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซไคเนติก (isokinetic)

เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่จะต้องออกแรงต้านกับเครื่องมือที่ออกแบบมาเป็นพิเศษให้ปรับความเร็วคงที่ได้ โดยที่กล้ามเนื้อของผู้เข้ารับการฝึกจะต้องหดตัวสั้นเข้า (concentric) และเหยียดออก (eccentric) ด้านกับแรงต้านจากเครื่องมือฝึก ซึ่งแรงต้านจากเครื่องมือฝึกจะเท่ากับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อ การฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวในลักษณะนี้จะทำให้กล้ามเนื้อต้องหดตัวออกแรงตลอดช่วงการเคลื่อนไหวสามารถช่วยป้องกันและลดปัญหาการเคลื่อนไหวที่เป็นจุดอ่อนของ

กล้ามเนื้อในการปฏิบัติทักษะกีฬาและทักษะการเคลื่อนไหวได้เป็นอย่างดี (เจริญ, 2548)

บทบาทการทำงานของกล้ามเนื้อ

การเคลื่อนไหวร่างกายหรือข้อต่อ ต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อหลายมัดในการทำหน้าที่เพื่อช่วยเหลือซึ่งกันและกัน (เจริญ, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับ พงษ์จันทร์ (2551) กล่าวว่าในการทำงานของกล้ามเนื้อ ณ เวลานั้นกล้ามเนื้อแต่ละมัดจะแสดงบทบาทในกลุ่มการทำงานที่แตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหน้าที่ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้คือ

agonist หรือ prime mover เป็นกล้ามเนื้อมัดที่ทำหน้าที่เคลื่อนไหวหลักในท่านั้นๆ

antagonist เป็นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงข้ามกับ agonist

stabilizers หรือ fixator เป็นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เพิ่มความมั่นคง เพื่อให้การทำงานสมบูรณ์ขึ้น

synergist หรือ neutralizers กล้ามเนื้อทำหน้าที่เป็นตัวกลาง เพื่อช่วยในการแสดงท่าทางของกล้ามเนื้อมัดอื่นๆ

พลังงานในการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย

พลังงานในการหดตัวของกล้ามเนื้อลายนั้น โดยทั่วไปแล้วขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการทำงานของกล้ามเนื้อว่ามีการหดตัวในการทำงานติดต่อกันนานเท่าไร ดังนั้นแหล่งพลังงานในการหดตัวของกล้ามเนื้อจึงสามารถแบ่งออกได้ 3 แหล่งพลังงาน คือ

1. direct phosphorylation :

$CP + ADP \longrightarrow ATP + \text{phosphate (by creatine phosphotransferase)}$

$ADP + ADP \longrightarrow ATP + AMP \text{ (by adenylate kinase)}$

เป็นแหล่งพลังงานแหล่งแรกกล้ามเนื้อจะสามารถใช้พลังงานหมดภายใน 5 – 8 วินาที

2. anaerobic glycolysis:



เป็นพลังงานแหล่งที่สองที่ใช้ในการสร้างพลังงาน ATP กล้ามเนื้อสามารถใช้พลังงานได้ไม่เกิน 1 นาที แต่การใช้พลังงานในระบบนี้จะเกิดของเสียที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ คือ กรดแลคติก และพัยรูวิก

3. aerobic oxidative phosphorylation :



เป็นพลังงานแหล่งที่สามที่ร่างกายมีกระบวนการสร้าง ATP แบบที่ใช้ออกซิเจนในการออกกำลังกายนานนั้นพลังงานได้มาจากกระบวนการนี้ถึงร้อยละ 95 ส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการนี้ คือ CO_2 และ H_2O

ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อจะทำงานให้งานต่อหน่วยเวลา (power) ได้สูงสุดเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบ isotonic ในขณะที่มีน้ำหนักร่างอยู่ และที่จุดนี้กล้ามเนื้อจะใช้พลังงานเคมีไป 45% ของพลังงานที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของ ATP และกล้ามเนื้อจะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อหาได้จากอัตราส่วนระหว่างงานที่กล้ามเนื้อทำได้ต่อพลังงานเคมีที่ใช้ไป ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อจะต่ำสุดหรือเท่ากับศูนย์ เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบ isometric หรือ ขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวโดยไม่มีน้ำหนักร่างพลังงานที่ใช้ไปทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อน (กัลยพงษ์, 2545)

ความตึงของกล้ามเนื้อ

ความตึงของกล้ามเนื้อ ดังที่ สนธยา (2547) กล่าวไว้ว่า เกิดขึ้นได้จากปัจจัยหลายอย่าง คือ

1. ความถี่ของการกระตุ้นใยกล้ามเนื้อ เมื่อใยกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นซ้ำๆ กัน จะเกิดการรวมกัน ถ้าความถี่มากจะทำให้เกิดการหดตัวค้าง ดังนั้น จึงทำให้ความตึงเพิ่มมาก

2. จำนวนใยกล้ามเนื้อที่หดตัว จำนวนใยกล้ามเนื้อที่ถูกเลี้ยงโดยเซลล์ประสาทชนิดหนึ่ง ตัวนั้นแปรผันได้มาก กล้ามเนื้อที่ต้องการความแม่นยำในการทำงาน จะถูกเลี้ยงโดยหน่วยยนต์ขนาดเล็กซึ่งหมายถึงมีจำนวนใยกล้ามเนื้อน้อย จึงทำให้การหดตัวเรียบ ในทางกลับกันกล้ามเนื้อที่มีหน่วยยนต์ใหญ่มีหน้าที่สำหรับช่วยรักษาท่าทางของร่างกาย จึงสามารถทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงอยู่เป็นเวลานาน

3. องค์ประกอบของใยกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อประกอบด้วย 2 ส่วน คือ contractile elements ซึ่งหมายถึงเป็นส่วนของ thin และ thick myofilament ความตึงที่เกิดจากองค์ประกอบนี้จึงเรียกว่า เป็น active tension องค์ประกอบอีกอย่างหนึ่ง คือ elastic element ซึ่งมีคุณสมบัติที่ยืดได้ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่หุ้มกล้ามเนื้อ รวมทั้งเอ็นของกล้ามเนื้อด้วย ความตึงที่เกิดจากองค์ประกอบชนิดนี้เรียกว่า passive tension ความตึงดังกล่าวไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของกล้ามเนื้อ แต่ขึ้นอยู่กับความมากน้อยที่กล้ามเนื้อถูกยืด

4. ความยาวของใยกล้ามเนื้อ ความยาวของกล้ามเนื้อที่ถูกตัดออกมาจากร่างกายจะลดลง 10-20% เพราะกล้ามเนื้อที่อยู่ในร่างกายที่ยึดออกไปเล็กน้อยโดยเอ็นที่ยึดกับกระดูก และกล้ามเนื้อจะหดตัวได้ดีที่สุดเมื่อมีความยาวเช่นที่อยู่ในร่างกาย ซึ่งเรียกว่าความยาวขณะพัก (resting length) ถ้ากล้ามเนื้อสั้นไปกว่านี้จะหดตัวได้แรงน้อย แต่ถ้ากล้ามเนื้อถูกยืดออกไปอีกก็จะหดตัวไม่ดีมากขึ้นถ้ายืดเกิน 30% ของความยาวปกติจะหดกลับเข้าที่เดิมไม่ได้ แต่ถ้ายืดออกเกิน 50% จะฉีกขาด เพราะเกินขีดจำกัดของความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

ความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

การทำงานของกล้ามเนื้อนั้นจะเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ และเมื่อกล้ามเนื้อมีการหดตัวก็จะส่งผลให้เกิดแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อตามมา การหดตัวของกล้ามเนื้อนั้นมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังที่ กัลยพงษ์ (2545) ได้กล่าวไว้ดังนี้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อ คือ แรง (force) ความยาวของกล้ามเนื้อ (length) และเวลา (time) ในการวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 3 นี้โดยปกติจะควบคุมให้ปัจจัยอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นค่าคงที่ และดูความสัมพันธ์ของปัจจัยอีก 2 ชนิดดังต่อไปนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความยาว (force – length relationship)

ความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับความยาวของกล้ามเนื้อในขณะที่ถูกกระตุ้น โดยปกติความยาวของกล้ามเนื้อลายขณะที่อยู่ในร่างกายจะมีความยาวเหมาะสมที่สุดสำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อ เมื่อกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นให้ค่าแรงถึงสูงสุด ถ้ากล้ามเนื้อยาวหรือสั้นกว่านี้จะให้ค่าแรงถึงลดลง เมื่อความยาวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งจะมีค่าสูงสุด ซึ่งคาดว่าความยาวของกล้ามเนื้อในขณะนั้นมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับความยาวขณะที่อยู่ในร่างกาย นอกจากนี้ความสัมพันธ์ของความยาวกับแรงที่เกิดจากการหดตัวนี้อาจจะพิจารณาได้จากความยาวของซาร์โคเมอร์และจำนวนครอสบริดจ์ (cross-bridge) ที่เกิดขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร็วของการหดตัว (force – velocity relationship)

ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุที่มาถ่วงกล้ามเนื้อในขณะหดตัว จากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร็วของการหดตัวพบว่าเมื่อปรับให้ความยาวของกล้ามเนื้อให้อยู่ที่ความยาวที่เหมาะสมเพื่อให้กล้ามเนื้อหดตัวได้แรงที่สุดและกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหดตัว พบว่ากล้ามเนื้อจะหดตัวได้เร็วที่สุดเมื่อไม่ถูกถ่วงด้วยน้ำหนัก ซึ่งสามารถอธิบายได้จะคุณสมบัติทางกลศาสตร์ที่แสดงให้เห็นถึงผลรวมของการเกิดครอสบริดจ์ (cross-bridge) ระหว่างแอกทินและไมโอซิน โดยที่ความเร็วของการหดตัวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วของการเกิด cross – bridge cycle ซึ่งถูกกำหนดโดยการทำงานของเอนไซม์ myosin ATPase ที่อยู่ในกล้ามเนื้อนั้นๆ

กำลังกล้ามเนื้อ

ในกีฬาเกือบทุกประเภทจะต้องมีการเคลื่อนไหวที่ต้องอาศัยกำลัง ซึ่งกำลังมีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ประการคือ แรง (ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ) และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังที่ ศิริรัตน์ (2539) ได้กล่าวว่า กำลังของกล้ามเนื้อ หมายถึงความสามารถในการทำงานอย่างทันทีทันใดของกล้ามเนื้อด้วยความพยายามสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ Egger และคณะ (1999) ได้กล่าวว่า กำลัง คือ ความสามารถในการออกแรงในช่วงสั้นๆ ในขณะที่ Wilk และคณะ (1993) ได้กล่าวว่า กำลังของกล้ามเนื้อ คือ ประสิทธิภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาที่สามารถหดตัวให้เกิดแรงสูงสุดภายในเวลาที่สั้นที่สุด

ชูศักดิ์ และ กันยา (2536); เจริญ (2538) ได้กล่าวไว้ว่า ความสามารถทางด้านกำลังของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ความแข็งแรงและความเร็วในการเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{Power} = \text{Force (strength)} \times \text{Velocity (speed)}$$

กำลังของกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเคลื่อนไหวในกีฬาชนิดต่างๆ ซึ่งประสิทธิภาพทางด้านกำลังของกล้ามเนื้อของนักกีฬาแต่ละคนจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับวิธีการฝึกที่ถูกต้อง รวมไปถึงองค์ประกอบทางด้านพันธุกรรมของนักกีฬาแต่ละคนด้วย (ถาวร, 2542)

วุฒิพงษ์ และ อารี (2539) ได้กล่าวไว้ว่า พลังกล้ามเนื้อเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ คือ

1. แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อหลาย ๆ มัด ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ในกลุ่มเดียวกันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพโดยการฝึกที่ค่อย ๆ เพิ่มแรงต้านทานขึ้นเรื่อย ๆ
2. ความสามารถในการหดตัวของกลุ่มกล้ามเนื้อในกลุ่มเดียวกัน (agonist) ทำงานประสานกับกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้าม (antagonist) โดยการเพิ่มความสามารถในการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อแต่ละมัด

3. ความสามารถทางกลไกในการทำงานของระบบคานระหว่างกระดูกกับกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องขึ้นอยู่กับมุมในการดึงของกล้ามเนื้อและความยาวของแขนของแรงต้านทานและแรงพยายาม

ดังนั้นพลังกล้ามเนื้อ (muscular power) หมายถึง ความสามารถในการหดตัวหรือออกแรงในการทำงานของกล้ามเนื้อเพียงหนึ่งครั้งในการปล่อยแรง (force) ออกมาอย่างเต็มที่ในช่วงเวลาที่สั้นที่สุด ซึ่งพลังกล้ามเนื้อยังมีส่วนทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้ทันที (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) สรุปได้ว่าการออกกำลังกายและการเล่นกีฬาจะต้องอาศัยพลังกล้ามเนื้อเป็นส่วนสำคัญในการเคลื่อนไหว

ความแข็งแรงและกำลังของกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่นำไปสู่ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อ ส่วนกำลังของกล้ามเนื้อเป็นผลคูณของความแข็งแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ และการเกิดกำลังสูงสุดของกล้ามเนื้อเป็นผลมาจากการผสมผสานกันที่เหมาะสมของแรงสูงสุดที่แสดงออกมาด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่จะทำได้ ศิริรัตน์ (2539) ได้กล่าวว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นส่วนเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับกำลังของกล้ามเนื้อ คือ กำลังเป็นความสามารถในการทำงานอย่างทันทีทันใดของกล้ามเนื้อด้วยความพยายามสูงสุด เช่น การยกน้ำหนัก ทูมน้ำหนัก นั่นคือ กำลังจะต้องเกี่ยวข้องกับเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องและถ้าต้องการจะเพิ่มกำลัง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึง การเพิ่มแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยจะต้องลดเวลาให้น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับชูศักดิ์ (2539) ได้กล่าวว่า กำลังของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทั้งแรงและความเร็ว ดังนั้นสามารถเพิ่มกำลังได้โดยเพิ่มแรง หรือเพิ่มความเร็ว หรือเพิ่มทั้งสองอย่าง โดยทั่วไปแล้ววิธีการเพิ่มที่ดีที่สุดในการเพิ่มกำลังคือ การเพิ่มแรง

ไอโซไคเนติก

ความสำคัญของเครื่องมือทดสอบไอโซไคเนติก ไดนาโมมิเตอร์

เครื่องมือวัดในระบบไอโซไคเนติก (isokinetic) เป็นเครื่องมือวัดความสามารถของแรงพยายาม (effort) ของกล้ามเนื้อ ซึ่งจะแสดงออกมาโดยวัดแรงพยายามตลอดการเคลื่อนไหว ในรูปแบบของกราฟและสัญญาณที่ส่งออกมาจาก dynamometer นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่เครื่องแสดงออกมาในรูปแบบของกราฟต่างๆ

ความหมายของค่าต่างๆ ที่แสดงออกมาจากเครื่องไอโซไคเนติก ไดนาโมมิเตอร์

กล้ามเนื้อของคนสามารถหดตัวและคลายตัวได้ เมื่อกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นให้มีการหดตัวจะเกิดแรงในการหดตัว (force) ถ้าข้อต่อเป็นแกนที่ทำให้เกิดการหมุน ผลของแรงที่เกิดขึ้นคือ ทอร์ก (torque) จะมีการแสดงแรงออกมาเป็นค่าของ ผลของแรงกับระยะทาง จากจุดหมุนที่แรงกระทำตั้งฉากกับจุดหมุน

average, peak และ angle-specific torque

ถ้าทอร์กเกิดขึ้นตลอดช่วงการเคลื่อนที่ ค่าที่วัดได้จะแสดงออกมาเป็น ได้ทั้งสองค่าคือ ค่าสูงสุด (peak) หรือค่าเฉลี่ย (average)

ค่าสูงสุด (peak) จะแสดงที่จุด ณ กล้ามเนื้อออกแรงสูงสุด หรือ ทอร์กสูงสุด

ค่าเฉลี่ย (average) จะคำนวณจากความตึงตัวของกล้ามเนื้อตลอดช่วงการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ย

ในปัจจุบันจะเห็นว่า ความสัมพันธ์ของค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของทอร์ก และแรงที่กระทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นค่าที่มาตรฐาน เชื่อถือได้ (Perrin, 1993)

ค่าที่แสดงออกจากการคำนวณของเครื่องไอโซไคเนติก

Kannas and Yasuda (1992) ได้กล่าวว่าค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของทอร์ก เป็นค่าที่แสดงการทำงานในระบบไอโซไคเนติก ที่นิยมใช้กับการทำงานของกล้ามเนื้อมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีตัวควบคุมการทำงานอย่างละเอียด อีกอย่างหนึ่งยังสามารถอ่านค่าทอร์ก ที่เกิดขึ้นได้ตลอดช่วงมุมการเคลื่อนไหว

ค่าที่แสดงออกจากการคำนวณของเครื่องไอโซไคเนติก ที่ควรทำความเข้าใจมีดังต่อไปนี้

Torque = ผลคูณของแรงกับระยะทางจากจุดหมุนมาตั้งฉากกับแนวแรง

Torque = force X distance



Work = ผลคูณกับระยะทางในการหมุน

Work = force X distance

Power = อัตราส่วนของงานกับเวลาในการกระทำ

Power = work / time

หลักการทดสอบแบบไอโซไคเนติก

เนื่องมาจากรูปแบบการทำงานแบบไอโซไคเนติกเป็นรูปแบบที่แปลกใหม่ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้เข้าใจถึงวิธีการและสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือเพื่อให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำและความเที่ยงตรงสูง การอธิบายให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้ทราบถึงการกำหนดความเร็วของเครื่องมือ และความต้านทานที่เครื่องมือกำหนดออกมาจะเกิดจากการที่ผู้เข้ารับการทดสอบได้พยายามออกแรงกระทำให้ร่างกายส่วนที่ทดสอบเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่กำหนดไว้หรือมากกว่าความเร็วที่กำหนดไว้ การบอกหรือการกระตุ้นให้ออกแรงดันหรือดึงให้มากที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่สามารถกระทำได้ และเนื่องจากเครื่องมือในระบบไอโซไคเนติกสามารถทำการทดสอบได้ทั้งกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น และแบบเหยียดออก จึงจำเป็นจะต้องบอกให้ผู้เข้ารับการทดสอบให้เข้าใจว่า เมื่อทำการทดสอบกับการทำงานของ

กล้ามเนื้อแบบเหยียดออกนั้น ผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องออกแรงด้านการเคลื่อนที่ของคานที่ต่อมาจากตัวหน้าวงแรง (ไพทูรย์, 2544)

ก่อนที่จะทำการทดสอบ ควรให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้มีการอบอุ่นร่างกาย และทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือ โดยทั่วไปการให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้ทำความคุ้นเคย 6 ครั้ง โดยออกแรงต่ำกว่าระดับสูงสุดใน 3 ครั้งแรก และออกแรงสูงสุดใน 3 ครั้งหลัง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงกับค่าทอร์ค ค่าของงาน และค่ากำลังของกล้ามเนื้อ (Perrin, 1993)

การจัดตำแหน่งของร่างกาย และการยึดตรึงร่างกายของผู้เข้ารับการทดสอบ เพื่อแยกกลุ่มกล้ามเนื้อที่ต้องการโดยตรง แยกออกจากกล้ามเนื้อที่มีส่วนช่วยในการทำงานให้มากที่สุด เช่น การรัดเข็มขัดที่หน้าอกและเอวเมื่อทดสอบกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายและต้องให้ผู้เข้ารับการทดสอบใช้แขนทั้งสองข้างกดออก เป็นต้น

คำแนะนำในการทดสอบกล้ามเนื้อแบบไอโซโคเนติก

การทดสอบกล้ามเนื้อแบบไอโซโคเนติกเป็นการวัดค่าทอร์ค งาน และกำลังของกล้ามเนื้อ มีองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้การทดสอบนั้นมีความเที่ยงตรงดังนี้

1. การอบอุ่นร่างกาย ก่อนการทำการทดสอบในแต่ละช่วงจะต้องมีการอบอุ่นร่างกาย Perrin (1993) กล่าวว่า การอบอุ่นร่างกาย โดยให้ทำการออกแรงต่ำกว่าสูงสุด 3 ครั้งแรก และออกแรงสูงสุด 3 ครั้งหลัง ทำให้ค่าทอร์ค งาน และกำลังของกล้ามเนื้อมีความเที่ยงตรงสูง
2. การพัก ในการทดสอบควรกำหนดเวลาพักที่แน่นอนไว้ในช่วงระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการทดสอบ โดยมีงานวิจัยยืนยันว่าการกำหนดเวลาพักทำให้ได้ค่าความแรงของกล้ามเนื้อสูงขึ้น และมีค่าความเที่ยงตรงกว่าไม่มีการพัก ระยะเวลาในการพักขึ้นอยู่กับแบบทดสอบ เช่น 30 วินาที ถึง 1 นาที สำหรับการทดสอบการออกแรงสูงสุด 4 ครั้งในทุกๆ ความเร็ว (Perrin, 1993)

3. ความเร็วในการทดสอบการกระตุ้นหน่วยยนต์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อ และกลุ่มกล้ามเนื้อในแต่ละกลุ่มที่มีความแตกต่างกันของแต่ละบุคคล รวมทั้งวัตถุประสงค์ในการทดสอบ จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการทดสอบ โดยการทดสอบกำลังของกล้ามเนื้อ จะทำการทดสอบด้วยความเร็วปานกลาง คือ ระหว่าง 120 – 300 องศาต่อวินาที (Vivan, 1991)

4. จำนวนครั้งในการทดสอบ การหดตัวของกล้ามเนื้อติดต่อกันหลายๆ ครั้งเป็นสิ่งจำเป็นที่จะทำให้เกิดค่ากำลังสูงสุดได้

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเป็นการพัฒนาความอ่อนตัว ผู้ฝึกสอนกีฬาจะต้องทราบถึงลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อ และข้อต่อที่ทำหน้าที่ในการออกแรงเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวในกีฬา ชนิดนั้น ๆ รวมทั้งรูปแบบวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีอยู่หลากหลายวิธีแตกต่างกัน เทคนิคในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อดังที่ Alter (1998) ซึ่งสอดคล้องกับ Michael (1998) และ Robert (1993) ได้กล่าวว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั้นมีหลายเทคนิคทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ และได้แบ่งการยืดเหยียดกล้ามเนื้อออกเป็น 4 วิธี คือ

1. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งค้างไว้ (static stretching)

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งค้างไว้เป็นการยืดเหยียดที่มีการหยุดนิ่งค้างไว้เมื่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อหรือการยืดเหยียดกล้ามเนื้อไปถึงตำแหน่งที่ต้องการ โดยใช้หลักการท่าแบบเบา ๆ ยืดกล้ามเนื้ออย่างช้า ๆ จนไม่สามารถเคลื่อนไหวต่อไปได้อีก หรือยืดจนถึงจุดที่มีอาการตึงของกล้ามเนื้อ และค้างไว้ในท่านั้น ๆ ประมาณ 10-30 วินาที จึงกลับสู่ท่าเดิมแล้วผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นลักษณะของการยืดเหยียดที่ปลอดภัยที่สุด และเป็นการยืดเหยียดที่ใช้พลังงานน้อย นอกจากนั้นยังเป็นการผ่อนคลายกล้ามเนื้อที่บริเวณ golgi tendon organs ให้มีความยาวมากขึ้นด้วย

2. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (ballistic stretching)

หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า dynamic stretching เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ไม่มีการหยุดอยู่กับที่ เป็นการปฏิบัติโดยใช้หลักการซ้ำ ๆ กัน เคลื่อนไหวเป็นจังหวะ โดยให้มีการกระแทกแล้วกระดอนกลับ จังหวะการเคลื่อนไหวเร็ว ใช้แรงมากกว่าการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ และทำในช่วงสั้น ๆ ใช้การเคลื่อนไหวของลำตัวหรือแขนขา เพื่อเป็นแรงช่วยในการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว เช่น การกระโดดแยกขา การเหวี่ยงแขน เป็นต้น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวนี้ เป็นที่นิยมกันพอสมควรแต่มีข้อจำกัด คือ ผู้ปฏิบัติจะต้องมีพื้นฐานการเคลื่อนไหวที่ดี เพราะการปฏิบัติซ้ำ ๆ กันหลายครั้งอาจทำให้กล้ามเนื้อยืดมากเกินไป ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บได้ ดังนั้น ควรจะปฏิบัติหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ เพื่อให้ร่างกายได้รับการกระตุ้น เตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อและข้อต่อก่อน เป็นการป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้

3. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อโดยใช้ผู้ช่วย (passive stretching)

เป็นวิธีการที่ผู้ถูกกระทำไม่ต้องเคลื่อนไหวด้วยตนเอง ใช้แรงภายนอกมากระทำ หรืออาจเป็นเครื่องมือ อุปกรณ์มาช่วยกระทำให้กล้ามเนื้อและข้อต่อยืดได้มากขึ้น เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหว เช่น อาการหัวใจล้มเหลว งอเข้าไม่ได้ เป็นต้น ในนักกีฬาจะใช้เมื่อต้องการยืดกล้ามเนื้อในช่วงการเคลื่อนไหวที่มากกว่าปกติ แต่อาจเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้

4. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ PNF (proprioceptive neuromuscular facilitation)

เป็นเทคนิคที่มีการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาท โดยกระตุ้นผ่านทางระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อ สามารถเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว นิยมใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาของระบบประสาทที่มากควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อผิดปกติ ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดยนักกายภาพบำบัดหรือแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ในการกีฬามากขึ้น และสามารถแบ่งลักษณะของการยืดเหยียดได้เป็น 3 วิธี (McAtee, 1993) คือ

4.1 hold – relax (HR)

เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่เริ่มจากผู้ช่วยออกแรงยืดกล้ามเนื้อจนสุดช่วงการเคลื่อนไหวและให้นักกีฬาเกร็งกล้ามเนื้อต้านแรงดันของผู้ช่วย โดยผู้ช่วยออกแรงยืดในลักษณะที่พยายามทำให้กล้ามเนื้อยืดให้สุด หลังจากนั้นให้นักกีฬายกกล้ามเนื้อและผู้ช่วยออกแรงยืดกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว

4.2 contract – relax (CR)

เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่เริ่มจากให้ผู้ช่วยออกแรงยืดกล้ามเนื้อของนักกีฬาจนถึงจุดที่รู้สึกตึงและให้นักกีฬาเกร็งกล้ามเนื้อ (isometric contraction) ต้านกับแรงดันของผู้ช่วย โดยทำให้กล้ามเนื้อที่ต้องการยืดเคลื่อนไหวช่วงสั้นๆ หลังจากนั้นให้คลายกล้ามเนื้อและผู้ช่วยออกแรงยืดกล้ามเนื้อที่ต้องการยืดซ้ำๆ เพื่อเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวขึ้นอีกระดับหนึ่ง

4.3 contract – relax – antagonist – contract (CRAC)

ปฏิบัติเช่นเดียวกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ contract – relax (CR) ยกเว้นหลังจากการเกร็งกล้ามเนื้อ (isometric contraction) ให้นักกีฬายืดกล้ามเนื้อด้วยตนเองเพื่อเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว

Elliott (1998) ให้ข้อเสนอแนะว่า โดยทั่วไปสำหรับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF) โดยใช้การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก (isometric contraction) 6 วินาที หลังจากนั้นให้ผู้ช่วยออกแรงยืดกล้ามเนื้อประมาณ 6 – 10 วินาที ทำซ้ำ 3 – 4 ครั้ง

เจริญ (2541) ได้กล่าวว่า proprioceptive neuromuscular facilitation stretch เป็นวิธีการยืดกล้ามเนื้อที่รวมไว้ซึ่งการหดตัวและการคลายตัวของกล้ามเนื้อสลับกันทั้งกลุ่มกล้ามเนื้อ agonist และ antagonist เป็นการกระตุ้นปฏิกิริยาตอบสนองของประสาทกล้ามเนื้อให้มีประสิทธิภาพช่วยลดความต้านทานภายในกล้ามเนื้อ และเพิ่มมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อ นอกจากนี้การยืดแบบ PNF ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการหดตัวแบบ isometric contraction หรือ concentric contraction ของกลุ่มกล้ามเนื้อ agonist อีกด้วย โดยปกติการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต้องมีผู้ช่วยในการออกแรงในการยืด

Ferber (2002) ได้ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อในการงอเข่า โดยศึกษาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ เปรียบเทียบกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax และ agonistcontract-relax ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและช่วงการเคลื่อนไหว พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาททั้งสองส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการทำงานมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ นอกจากนี้ Osternig (1987) ได้ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อขณะยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน โดยศึกษาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค stretch-relax (SR) contract-relax (CR) และ agonist-contract-relax (ACR) พบว่า เทคนิค CR และ ACR ทำให้กล้ามเนื้อมีการทำงานที่มากกว่าเมื่อเทียบกับเทคนิค SR ดังนั้น หากต้องมีการใช้เทคนิคนี้ในการยืดเหยียดต้องมีการระมัดระวังเป็นพิเศษเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งค้างไว้เป็นการยืดเหยียดที่มีการหยุดนิ่งค้างไว้ เมื่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อหรือการยืดเหยียดกล้ามเนื้อไปถึงตำแหน่งที่ต้องการ โดยใช้หลักการ ทำแบบเบา ๆ ยืดกล้ามเนื้ออย่างช้า ๆ จนไม่สามารถเคลื่อนไหวต่อไปได้อีก หรือยืดจนถึงจุดที่มีอาการตึงของกล้ามเนื้อ และค้างไว้ในท่านั้น ๆ ประมาณ 10-30 วินาที จึงกลับสู่ท่าเดิมแล้วผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นลักษณะของการยืดเหยียดที่ปลอดภัยที่สุด และเป็นการยืดเหยียดที่ใช้พลังงานน้อย นอกจากนั้นยังเป็นการผ่อนคลายกล้ามเนื้อที่บริเวณ golgi tendon organs ให้มีความยาวมากขึ้นและ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะสามารถทำได้ง่ายปลอดภัย ไม่จำกัดสถานที่ สามารถทำได้ด้วยตนเอง

Anonymous (2004) ได้ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ที่มีต่อความแข็งแรงกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดขา (leg extensor) วิธีการ คือ ทำการยืดเหยียด จำนวน 4 ครั้ง ๆ ละ 30 วินาที ทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุด โดยเครื่องไอโซคิเนติกที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 240 องศาต่อวินาที ผลการวิจัยพบว่า ค่าแรงเชิงมุมสูงสุดลดลงที่ระดับความเร็วเชิงมุมดังกล่าว

Cramer *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาผลในระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดในเพศหญิง ผลการวิจัยพบว่าค่าแรงเชิงมุมสูงสุดลดลง 3.3 % และ 2.6 % ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps) ที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 240 องศาต่อวินาที ตามลำดับ ทั้งนี้ผู้วิจัยแนะนำว่าการลดลงของแรงดังกล่าวอาจไม่ใช่เพราะความเร็วเชิงมุมเฉพาะ (specific velocities) แต่อาจมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลไกกล้ามเนื้อ (mechanical properties) เช่น การเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ของความยาวและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (length-tension relationship) หรือการถูกยับยั้งของกลไกระบบประสาทส่วนกลาง (CNS inhibitory)

Power *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ในช่วงเวลาการยืดนาน (long duration) คือ ยืด 6 ครั้ง ๆ ละ 45 วินาทีเวลารวม 270 วินาที พบว่าแรงหดตัวไอโซเมตริกกล้ามเนื้อสูงสุด (maximal isometric force) ของต้นขาด้านหน้าลดลง 9.5% แต่ไม่พบว่ามีผลต่อความสามารถในการกระโดด (jumping performance)

Zakas *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ด้วยระยะเวลาแตกต่างกัน ในนักกีฬาฟุตบอลที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้ออกกลุ่มเหยียดขา (leg extensors) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลเยาวชนชาย จำนวน 16 คน ทำการทดสอบโดยเครื่องไอโซคิเนติก รุ่น Cyber NORM ที่ความเร็วเชิงมุม 60, 90, 150, 210 และ 270 องศาต่อวินาทีตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า ที่เวลารวม 30 วินาที ของการฝึกยืดเหยียดไม่ส่งผลให้ค่าแรงเชิงมุมสูงสุดลดลง ขณะที่ใช้เวลารวม 5 นาที และ 8 นาที พบว่าแรงเชิงมุมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ถึง .001 ดังนั้นผู้วิจัยแนะนำว่าการยืดเหยียดหนึ่งครั้ง (single stretch) ใช้เวลา 30 วินาที ไม่ทำให้แรงเชิงมุมสูงสุดมีการเปลี่ยนแปลง (peak torque remained unchanged) เมื่อเทียบกับการยืดเหยียดด้วยจำนวนครั้งมาก (multiple stretches) ใช้เวลาถึง 480 วินาที

Zakas *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลระยะเฉียบพลันการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ด้วยเวลาต่างกันที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps) ในนักฟุตบอลอาชีพ จำนวน 15 คน โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่นั้นใช้เวลาการยืดเหยียดต่อครั้งเท่ากับ 15 วินาที จำนวน 4 ครั้ง (60 วินาที) และ 32 ครั้ง (8 นาที) ตามลำดับ ทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุด โดยเครื่องไอโซคิเนติก มีความเร็วเชิงมุม 60, 90, 150, 210 และ 270 องศาต่อวินาทีตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่าเวลาการยืดเหยียดรวม 60 วินาที ไม่ทำให้แรงเชิงมุม

สูงสุดเปลี่ยนแปลง ขณะที่ใช้เวลารวม 8 นาที พบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ดังนั้น ผู้วิจัยแนะนำว่าผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดอยู่กับที่ในช่วงเวลาที่สั้น (short duration) เป็นการเตรียมความพร้อมของร่างกายที่ดีสำหรับนักฟุตบอล เนื่องจากไม่ทำให้สูญเสียแรงเชิงมุม สูงสุดไป เมื่อเทียบกับการยืดเหยียดหลายครั้ง (multiple stretches) ที่ใช้ช่วงเวลานาน (long duration) ถึง 8 นาที

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ไม่มีการหยุดอยู่กับที่ เป็นการปฏิบัติโดยใช้หลักการซ้ำ ๆ กัน เคลื่อนไหวเป็นจังหวะ โดยให้มีการกระแทกแล้วกระดอนกลับ จังหวะการเคลื่อนไหวเร็ว ใช้แรงมากกว่าการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ และทำในช่วงสั้น ๆ ใช้การเคลื่อนไหวของลำตัวหรือแขนขา เพื่อเป็นแรงช่วยในการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว เช่น การกระโดดแยกขา การเหวี่ยงแขน เป็นต้น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่นี้ เป็นที่นิยมกันพอสมควรแต่มีข้อจำกัด คือ ผู้ปฏิบัติจะต้องมี พื้นฐานการเคลื่อนไหวที่ดี เพราะการปฏิบัติซ้ำ ๆ กันหลายครั้งอาจทำให้กล้ามเนื้อยึดมากเกินไป ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บได้ ดังนั้น ควรจะปฏิบัติหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ เพื่อให้ร่างกายได้รับการกระตุ้น เตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อและข้อต่อก่อน เป็นการป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้

Bradley *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทที่ส่งผลต่อการกระโดด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา ชายในมหาวิทยาลัย จำนวน 18 คน อายุประมาณ 24 ปี โดยมีการกำหนดเป็น 4 กลุ่มการทดลองและ มีการกำหนดให้มีการอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที ก่อนการทดลอง กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ 10 นาที กลุ่มที่ 3 มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ เคลื่อนที่ 10 นาที และกลุ่มที่ 4 มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท 10 นาที โดยจะ มีการทดสอบในนาฬิกาที่ 5, 15, 30, 45 และ 60 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าความสูงจากการกระโดด ภายหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทมีค่าลดลงที่ 4% และ 5% ตามลำดับ และค่าที่มีการลดลงค่อนข้างน้อยคือการยืดเหยียดแบบเคลื่อนที่ เท่ากับ 2.7% แต่อย่างไรก็ตามสมรรถภาพของการกระโดดมีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วง 15 นาทีภายหลังจากการยืด เหยียดกล้ามเนื้อ

Papadopoulos *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ ที่มีต่อความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซไคเนติก (maximal isokinetic strength) ของกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่า (knee extensor and flexor) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักพลศึกษา จำนวน 32 คน อายุ 19-22 ปี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีรูปแบบที่ต่างกันต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขา ดังกล่าว โดยเครื่อง ไอโซไคเนติกที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 180 องศาต่อวินาที ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่าค่าแรงเชิงมุมของกล้ามเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 เมื่อมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่งานวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่มีแนวโน้มว่าค่าแรงเชิงมุมสูงสุดในกล้ามเนื้อจะมีการลดลงขณะที่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ไม่พบว่าส่งผลต่อค่าแรงเชิงมุมสูงสุด

Unick *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาเรื่องการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และแบบเคลื่อนที่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑา เพศหญิง จำนวน 16 คน วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลแบบเฉียบพลันของการยืดเหยียดของกล้ามเนื้อที่มีรูปแบบต่างกันมีผลต่อความสามารถในการกระโดด ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถความแข็งแรง (strength performance) ของกล้ามเนื้อและผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าแนวโน้มจากแบบเคลื่อนที่ ส่งผลดีกว่าถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการยืดเหยียดทั้งสองรูปแบบว่ามีผลต่อความสามารถในการกระโดด

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (PNF) เป็นเทคนิคที่มีการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาท โดยกระตุ้นผ่านทางระบบประสาทรับรู้ลึกของข้อต่อ สามารถเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว นิยมใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาของระบบประสาทที่มาควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อผิดปกติ ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดยนักกายภาพบำบัดหรือแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ในการกีฬามากขึ้น

นิตา (2549) ได้ศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF) ที่มีต่อเวลาปฏิบัติทดสอบ ความอ่อนตัว และความแข็งแรง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเบดมินตันและนักเทนนิส เพศชาย อายุ 12-16 ปี จำนวน 44 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบง่าย (simple random sampling) และจัดเข้ากลุ่ม 4 กลุ่ม โดยกลุ่มควบคุมฝึก SS และแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่มแต่ละกลุ่มฝึกการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค

ที่ต่างกัน ได้แก่ hold-relax (HR) contract-relax (CR) และ slow-reversal-hold-relax (SRHR) ตามลำดับ ทำการฝึก 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิบัติตอบสนอง ความอ่อนตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในกลุ่มทดลองที่ 1 (HR) มีค่าสูงที่สุด

Ferber (2002) ได้ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อในการงอเข่า โดยศึกษาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ เปรียบเทียบกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax และ agonist contract-relax ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและช่วงการเคลื่อนไหว พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาททั้งสองส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการทำงานมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

จากการศึกษาวิจัยพบว่า ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ส่งผลให้ช่วงการเคลื่อนไหว (range of motion ; ROM) เพิ่มขึ้น แต่ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ อาจส่งผลทำให้ความแข็งแรง (muscle strength) และกำลัง (power) ในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ถูกยืดลดลงได้ 5 -30% แต่เมื่อมีการยืดเหยียดใช้ช่วงเวลาการยืดนาน (long duration) ส่งผลต่อแรงหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกกล้ามเนื้อสูงสุด (maximal isometric force) ของต้นขาด้านหน้าลดลง 9.5% แต่ไม่พบว่ามีผลต่อความสามารถในการกระโดด อีกทั้ง การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวในระยะเฉียบพลันพบว่าส่งผลต่อค่าแรงเชิงมุมสูงสุด แต่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่มีแนวโน้มว่าค่าแรงเชิงมุมสูงสุดในกล้ามเนื้อมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 แต่เมื่อมีการนำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวที่และแบบอยู่กับที่ มาทำการเปรียบเทียบพบว่า มีแนวโน้มว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวที่ส่งผลดีกว่าถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการยืดเหยียดทั้งสองรูปแบบพบว่า มีผลต่อความสามารถในการกระโดด แต่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทเมื่อเปรียบเทียบกับ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax และ agonist contract-relax พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาททั้งสองส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการทำงานมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แต่อย่างไรก็ตามสมรรถภาพของการกระโดดมีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วง 15 นาที ภายหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

ลำดับของการยึดเหนี่ยวกล้ามเนื้อ

ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาจำนวนมากไม่ทราบถึงความจริงเกี่ยวกับลำดับการยึดเหนี่ยวกล้ามเนื้อว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ เมื่อมีการยึดเหนี่ยวกล้ามเนื้อการยึดเหนี่ยวกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อมากกว่าหนึ่งกลุ่มกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อที่ได้รับการยึดเหนี่ยวก่อนจะเป็นผลดีต่อกลุ่มกล้ามเนื้ออื่นๆ ที่จะยึดในลำดับต่อไปด้วยเหตุนี้ ก่อนที่จะทำการยึดเหนี่ยวกล้ามเนื้อมัดที่ต้องการ นักกีฬาจึงควรยึดเหนี่ยวกล้ามเนื้อมัดที่ทำหน้าที่ช่วยเหลือ (synergist) หรือเกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อมัดสำคัญเป็นอันดับแรกก่อน ซึ่งจะเป็นผลดีสำหรับการยึดเหนี่ยวกล้ามเนื้อหลักที่จะเกิดขึ้นตามมา เนื่องจากกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องจะผ่อนคลายและไม่จำกัดการยึดเหนี่ยวของกล้ามเนื้อมัดหลัก (สนธยา, 2551)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดกำลังสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าโดยเครื่องไอโซไคเนติก (isokinetic) ยี่ห้อ ไบโอดีกซ์ (biodex) รุ่น system 3
2. ไบบันท์ผลการทดลอง
3. โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเป็นโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบโปรแกรม แบ่งเป็น
 - 3.1 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching)
 - 3.2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching)
 - 3.3 การยืดเหยียดแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค contract-relax (PNF-CR)

วิธีการ

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพศชาย ระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จำนวน 37 คน

ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ใบบันทึกผลการทดลอง และเอกสารอธิบายรายละเอียดของโครงการวิจัยเพื่อแสดงต่อประชากร
2. ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการฝึกรวมถึงความเสี่ยงและประโยชน์ต่างๆ ที่ประชากรอาจได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย
3. เมื่อประชากรรับทราบรายละเอียดและยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย จึงให้ประชากรและผู้ปกครองลงนามยินยอม
4. ประชากรทำการอบอุ่นร่างกาย (warm up) โดยการปั่นจักรยาน (cycle ergo meter) เป็นเวลา 3 นาที โดยนับจากอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระหว่าง 120 – 130 ครั้งต่อนาที
5. ประชากรทุกคนเข้ารับการทดสอบค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ โดยตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที จำนวน 3 ครั้งจากนั้นให้หยุดพัก 2 วัน
6. ประชากรทุกคนเข้ารับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ซึ่งก่อนการยืดเหยียดให้ปฏิบัติตามข้อที่ 4 จากนั้นเข้ารับโปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ใช้เวลา 15 วินาที เป็นจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) ต่อกล้ามเนื้อหนึ่งมัด
7. ทดสอบค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าโดยตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที หลังจากให้หยุดพักจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นให้หยุดพัก 2 วัน
8. ประชากรทุกคนเข้ารับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ซึ่งก่อนการยืดเหยียดให้ปฏิบัติตามข้อที่ 4 จากนั้นเข้ารับโปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ใช้เวลา 15 วินาที เป็นจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) ต่อกล้ามเนื้อหนึ่งมัด

9. ทดสอบค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าโดยตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที หลังจากที่ยุคพักจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นให้หยุดพัก 2 วัน

10. ประชากรทุกคนเข้ารับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ซึ่งก่อนการยืดเหยียดให้ปฏิบัติตามข้อที่ 4 จากนั้นเข้ารับโปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท ใช้เวลา 15 วินาที เป็นจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) ต่อกล้ามเนื้อหนึ่งมัด

11. ทดสอบค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าโดยตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที หลังจากที่ยุคพักจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นให้หยุดพัก 2 วัน

12. การพัก (rest) ของประชากรใช้เวลาหยุดพัก 2 วัน หลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในแต่ละวิธี เพื่อให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว (recovery) ภายหลังการทดสอบค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

วิธีการทดลอง

1. การวัดค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี โดยผู้ควบคุมการทดสอบทำการเตรียมอุปกรณ์จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบเข้าประจำที่นั่งและติดตั้งอุปกรณ์ให้เรียบร้อยจากนั้นใส่ข้อมูลของผู้ถูกทดสอบ โดยตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม (angular velocities) 120 องศาต่อวินาที จำนวน 3 ครั้งตามลำดับ จากนั้นตั้งค่าตำแหน่งของขาและทำการชั่งน้ำหนักขา โดยให้ผู้ทดสอบลองเคลื่อนไหว จากนั้นเริ่มการทดสอบและบันทึกผลการทดสอบ แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์

2. โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

2.1 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching) เป็นวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า โดยที่กล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกช้าๆ เมื่อถึงตำแหน่งสุดท้ายของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อให้ค้างไว้ 15 วินาที และจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15)

2.2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching) เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าที่ไม่มีการหยุดอยู่กับที่ เป็นการปฏิบัติโดยใช้หลักการซ้ำ ๆ กัน เคลื่อนไหวเป็นจังหวะ โดยให้มีการกระแทกแล้วกระดอนกลับ จังหวะการเคลื่อนไหวเร็ว ใช้แรงมากกว่าการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ และทำในช่วงสั้น ๆ ใช้การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อต้นขา เพื่อเป็นแรงช่วยในการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว เป็นเวลา 15 วินาที และจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15)

2.3 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค contract-relax (PNF-CR) หมายถึง การยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่เริ่มจากผู้ช่วยปฏิบัติออกแรงยืดกล้ามเนื้อจนสุดช่วงการเคลื่อนไหวจากนั้นเมื่อผู้ช่วยปฏิบัติให้สัญญาณว่า “เกร็ง” ให้นักกีฬาช่วยออกแรงเคลื่อนไหวในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันที่ผู้ช่วยให้ปฏิบัติต่อไปเป็นเวลา 7 วินาที จนกระทั่งผู้ช่วยปฏิบัติให้สัญญาณว่า “คลายกล้ามเนื้อ” จึงผ่อนคลายการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นเวลา 2 วินาที จากนั้นผู้ช่วยปฏิบัติจะออกแรงยืดกล้ามเนื้อเพิ่มไปยังตำแหน่งใหม่เมื่อกกล้ามเนื้อตึง ค้างไว้ 8 วินาที ซึ่งจะเป็นการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหวให้มากขึ้น โดยเทคนิคดังกล่าวใช้เวลารวม 15 วินาที และจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15)

การใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปจากคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1. คำนวณค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way analysis of variance) ของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ

3. ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way analysis of variance) หากพบที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Tukey

4. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัยครั้งนี้ คือ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ระหว่าง มกราคม – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 เวลา 16.00 - 19.00 น.

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ผลจากการวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬา ในการเลือกเทคนิค และวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อพร้อมกับโปรแกรมการฝึกซ้อมกีฬา เพื่อพัฒนากำลังของนักกีฬาอย่างเหมาะสมต่อไป
2. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจในการศึกษาค้นคว้าวิจัยและทดลองเกี่ยวกับการผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันต่อการเตรียมความพร้อมการฝึกซ้อม และการแข่งขันของนักกีฬาที่ส่งผลต่อกำลัง

แหล่งทุนสนับสนุน

แหล่งทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ คือ ทุนของผู้วิจัยเอง

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

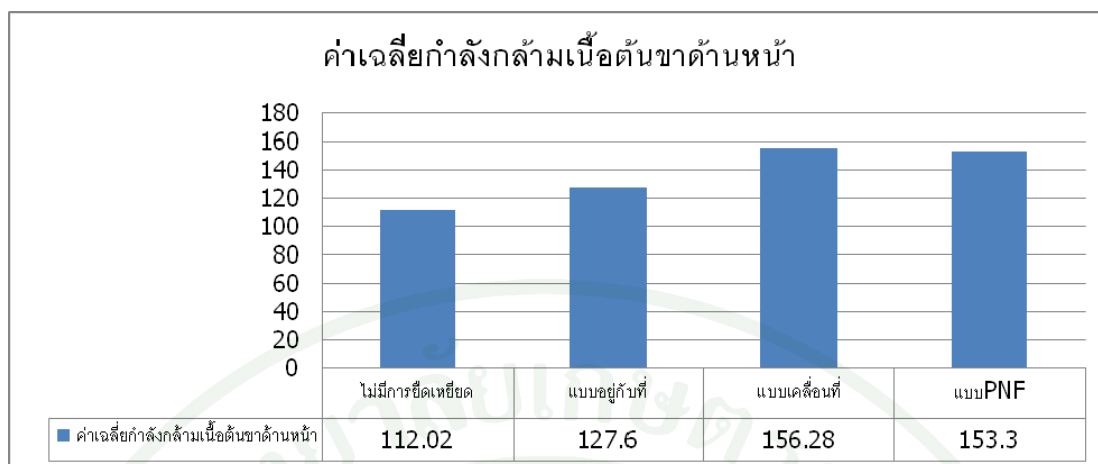
ผลการวิจัย

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะเหยียดเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยึดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี

วิธีการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ	กำลัง (วัตต์)
ไม่มีการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ	112.02 ± 27.63
แบบอยู่กับที่	127.60 ± 34.26
แบบเคลื่อนที่	156.28 ± 33.10
แบบ PNF	153.30 ± 41.46

หมายเหตุ แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\mu \pm \sigma$)

จากตารางที่ 2 พบว่าการทดสอบกำลังที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที เป็นการวัดค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากร พบว่า การยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่มีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ, การยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และขณะที่ไม่มีการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ มีค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยกำลังกล้ามเนื้อเรียงจากค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 156.28 ± 33.10 วัตต์, 153.30 ± 41.46 วัตต์, 127.60 ± 34.26 วัตต์ และ 112.02 ± 27.63 วัตต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะเหยียดเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 วิธี

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะเหยียดเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	49927.64	3	16642.55	14.00	.000*
ภายในสมาชิก	171106.30	144	1188.23		
รวม	221033.90	147			

* $p < .05$

จากตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่าการทดสอบกำลังที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที เป็นการวัดค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากร พบว่าค่ากำลังของกล้ามเนื้อขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

วิธีการใดวิธีการหนึ่ง ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างจากวิธีการอื่นๆ

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะเหยียดเข้า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มี การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี

(หน่วย: วัตต์)

วิธีการยืดเหยียด	μ	ไม่มี การยืดเหยียด	แบบอยู่กับที่	แบบเคลื่อนที่	แบบ PNF
		112.02	127.60	156.28	153.30
ไม่มี การยืดเหยียด	112.02	-	-15.58	-44.26*	-41.28*
แบบอยู่กับที่	127.60	-	-	-28.68*	-25.70*
แบบเคลื่อนที่	156.28	-	-	-	-2.98
แบบ PNF	153.30	-	-	-	-

หมายเหตุ เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบว่า การทดสอบกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะเหยียดเข้า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที เป็นการวัดค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากร ค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อที่วัดได้ ขณะที่ไม่มี การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี พบว่า ค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อขณะที่ไม่มี การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ที่มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากที่สุด ส่วนระหว่างขณะที่ไม่มี การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า ขณะที่ไม่มี การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ส่วนค่าเฉลี่ยของค่ากำลังกล้ามเนื้อโดยมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบ

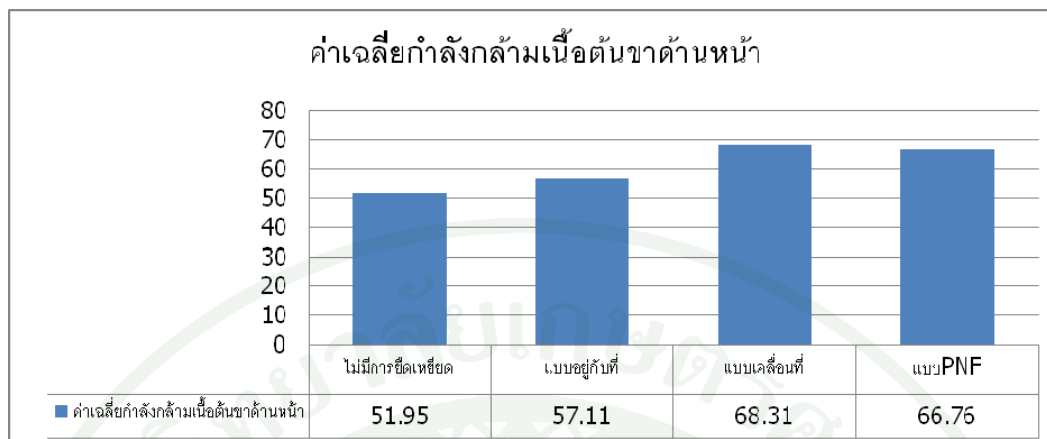
ประสาทกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากที่สุด ส่วนระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ กับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ นั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ส่งผลต่อค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะงอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี

วิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	กำลัง (วัตต์)
ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	51.95 ± 14.73
แบบอยู่กับที่	57.11 ± 14.51
แบบเคลื่อนที่	68.31 ± 14.99
แบบ PNF	66.76 ± 16.25

หมายเหตุ แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\mu \pm \sigma$)

จากตารางที่ 5 พบว่า การทดสอบกำลังที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที เป็นการวัดค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากร พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่มีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ, การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ มีค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยกำลังของกล้ามเนื้อเรียงจากค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 68.31 ± 14.99 วัตต์, 66.76 ± 16.25 วัตต์, 57.11 ± 14.51 วัตต์ และ 51.95 ± 14.73 วัตต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะย่อเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีกรยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 วิธี

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะย่อเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีกรยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	6792.017	3	2264.006	9.881	.000*
ภายในสมาชิก	32995.663	144	229.137		
รวม	39787.680	147			

* $p < .05$

จากตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่าการทดสอบกำลังต้นขาด้านหน้าขณะย่อเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที เป็นการวัดค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากร พบว่า ค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะที่ไม่มีกรยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ระดับ .05 แสดงว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อวิธีการใดวิธีการหนึ่ง ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างจากวิธีการอื่นๆ

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะงอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี

(หน่วย: วัตต์)

วิธีการยืดเหยียด	μ	ไม่มีการยืดเหยียด	แบบอยู่กับที่	แบบเคลื่อนที่	แบบ PNF
		51.95	57.11	68.31	66.76
ไม่มีการยืดเหยียด	51.95	-	-5.16	-16.36*	-14.81*
แบบอยู่กับที่	57.11	-	-	-11.20*	-9.65*
แบบเคลื่อนที่	68.31	-	-	-	1.55
แบบ PNF	66.76	-	-	-	-

หมายเหตุ เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 7 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบว่า การทดสอบค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะงอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที เป็นการวัดค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากร ค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าที่วัดได้ ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี พบว่า ค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ที่มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากที่สุด ส่วนระหว่างขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับ .05 ส่วนค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะที่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ที่มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากที่สุด ส่วนระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่กับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ นั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ส่งผลต่อค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ

ตารางที่ 8 แสดงค่าร้อยละของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะเหยียดเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 วิธี

(หน่วย: ร้อยละ)

วิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	กำลังกล้ามเนื้อ (วัตต์)	กำลังกล้ามเนื้อ (ร้อยละ)
ไม่มีการยืดเหยียด	112.02	-
แบบอยู่กับที่	127.60	13.90
แบบเคลื่อนที่	156.28	39.51
แบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	153.30	36.85

จากตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าร้อยละของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะเหยียดเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี พบว่า ค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะเหยียดเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที มีการเปลี่ยนแปลงของค่าร้อยละ ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 39.51 รองลงมาเป็น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ

กระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ เท่ากับ ร้อยละ 36.85 และการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ เท่ากับ ร้อยละ 13.90

ตารางที่ 9 แสดงค่าร้อยละของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะงอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 วิธี

(หน่วย: ร้อยละ)

วิธีการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ	กำลังกล้ามเนื้อ (วัตต์)	กำลังกล้ามเนื้อ (ร้อยละ)
ไม่มีการยึดเหยียด	51.95	-
แบบอยู่กับที่	57.11	9.93
แบบเคลื่อนที่	68.31	31.49
แบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	66.76	28.51

จากตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าร้อยละของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะงอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยึดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี พบว่า ค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะงอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที มีการเปลี่ยนแปลงของค่าร้อยละ ภายหลังการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 31.49 รองลงมาเป็นการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ เท่ากับ ร้อยละ 28.51 และการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ เท่ากับ ร้อยละ 9.93

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ ที่มีต่อกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการทดสอบกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ตามลำดับ ก่อนการทดสอบ กำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าทุกครั้งประชากรจะต้องทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการปั่นจักรยาน เวลา 5 นาที ที่อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระหว่าง 120-130 ครั้งต่อนาที ขณะที่ไม่มี การยืดเหยียด และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธีการ พบว่า ค่าเฉลี่ยกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะที่ไม่มี การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ พบว่า มีเปลี่ยนแปลง ทางด้านกำลังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

กำลังที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยกำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะเหยียดเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มี การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และ ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี คือ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (ตารางที่ 2) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะเหยียดเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มี การยืดเหยียดกล้ามเนื้อเท่ากับ 112.02 ± 27.63 วัตต์ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เท่ากับ 127.60 ± 34.26 วัตต์ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่เท่ากับ 156.28 ± 33.10 วัตต์ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อเท่ากับ 153.30 ± 41.46 วัตต์ ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะที่ไม่มี การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี (ตารางที่ 3) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey พบว่า ค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะที่ไม่มี การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ กับ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ที่มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ส่วนค่าของกำลังกล้ามเนื้อขณะที่ไม่มี การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของกำลังกล้ามเนื้อของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากที่สุด ส่วนการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ารองลงมาจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ กับการการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากที่สุด ส่วนการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ารองลงมาจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ กับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ที่มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า มากกว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ และหลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยของค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะงอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี คือ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (ตารางที่ 5) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะงอเข่า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเท่ากับ 51.95 ± 14.73 วัตต์ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เท่ากับ 57.11 ± 14.51 วัตต์ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ เท่ากับ 68.31 ± 14.99 วัตต์ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ เท่ากับ 66.76 ± 16.25 วัตต์ ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี (ตารางที่ 6) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey พบว่า ค่าของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ กับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ที่มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่าขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ส่วนค่าของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แตกต่างจากค่ากำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียด

กล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ มีการเพิ่มขึ้นของกำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากที่สุด ส่วนการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีการเพิ่มขึ้นของกำลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ารองลงมาจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ กับการการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากที่สุด ส่วนการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อมีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ารองลงมาจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ กับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีแนวโน้มว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ที่มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า มากกว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ

จากผลการศึกษา พบว่า มีความสอดคล้องกับ Manoel *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการยืดเหยียดในระยะเฉียบพลันแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ ที่มีผลต่อกำลังกล้ามเนื้อในผู้หญิง โดยมีวัตถุประสงค์คือ ต้องการทราบความแตกต่างกันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ ว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบไหนที่ส่งผลให้มีกำลังของกล้ามเนื้อมากที่สุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 180 องศาต่อวินาที มากที่สุดพบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ในระยะเฉียบพลันส่งผลต่อกำลังกล้ามเนื้อ เพิ่มขึ้น 8.9% ที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที และ 6.3% ที่ความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที และ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ กับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ แต่มีแนวโน้มว่าการยืดเหยียดแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อส่งผลต่อกำลังกล้ามเนื้อมากกว่าแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

จากการนำค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะที่ ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และ ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี ทั้งการเหยียดเข้าและการงอเข้า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที มาทำการวิเคราะห์แล้วนั้นพบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ มีค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และขณะที่ ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้น

ระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีการกระตุ้นที่ตัวรับรู้ความรู้สึกจากกล้ามเนื้อและข้อต่อมากกว่ายึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลัก (agonist) ในการเคลื่อนไหวและกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้าม (antagonist) โดยการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ นั้นเป็นการยึดเหยียดกล้ามเนื้อโดยที่มีการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อตามสภาพจริงในการทดสอบ และยังมีการเปลี่ยนแปลงในความยาวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วทันทีทันใดจึงก่อให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรุนแรง แต่การยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่นั้นเป็นการยึดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มความยาวของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีตัวรับรู้ของระบบประสาทการรับรู้การยึดเหยียด (golgi tendon organ) ตั้งอยู่ ซึ่งจะมีการบันทึกการเปลี่ยนแปลงในความตึงและส่งสัญญาณไปยังระดับไขสันหลังซึ่งจะมีการตอบสนองข้อมูลดังกล่าว จากนั้นจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาการยืดยาวออกซึ่งจะเป็นการยับยั้งกล้ามเนื้อจากการหดตัวและเป็นผลให้กล้ามเนื้อมีการผ่อนคลาย (สนธยา, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับ ราตรี (2539) ได้กล่าวไว้ว่า การยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เป็นการทำให้เกิด stretch reflex เกิดแรงตึงตัวของกล้ามเนื้อไปกระตุ้นการทำงานของ golgi tendon ผ่านทางเส้นประสาท Ib (type A) ไปที่สมองส่วน cerebellum ส่งผลให้มีการยับยั้งการส่งกระแสประสาทกลับมาทางเส้นประสาท Ib afferent ลดลงกล้ามเนื้อมัดที่มี golgi tendon นั้นจะมีการคลายตัว ซึ่งสอดคล้องกับ Bruce (1998) ที่กล่าวว่าการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ทำให้กล้ามเนื้อคลายตัวและมีการลดการตึงตัวของกล้ามเนื้อ

ในขณะเดียวกันนั้นทางผู้วิจัยยังได้ทำการบันทึกค่าของมุมการเคลื่อนไหวของการทดสอบ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อค่ากำลังสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าซึ่งค่าได้ทำการบันทึกได้ขณะที่ไม่มีทำการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ เท่ากับ 113.33 องศา การยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เท่ากับ 123.00 องศา การยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ เท่ากับ 124.35 องศา และการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อเท่ากับ 125.47 องศา ซึ่งมุมมองของการเคลื่อนไหวที่กล่าวมาข้างต้นอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าได้ ซึ่งเป็นผลมาจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความยาวของกล้ามเนื้อ ดังที่ สาลี (2541) ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อที่มีการเรียงตัวกันแบบขนานจะสามารถผลิตแรงดึงสูงสุดเมื่อความยาวของมัดกล้ามเนื้อมีการยืดออกไปเกินกว่าความยาวในสภาวะปกติเพียงเล็กน้อย เป็นเพราะองค์ประกอบของความยืดหยุ่นซึ่งทำหน้าที่สะสมพลังงานแล้วปล่อยออกไปเหมือนสปริง ทำให้มีการช่วยเพิ่มแรงดึงที่กล้ามเนื้อผลิตขึ้น สอดคล้องกับ Cornwell *et al.* (2001) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของการสร้างแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Force or torque production) อาจจะมีสาเหตุมาจากความสัมพันธ์ของความยาวและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (Length-tension relationship) อย่างไรก็ตามขณะที่องค์ประกอบ

ความยืดหยุ่น(Series elastic component, SEC) และพลังงานความยืดหยุ่น(Elastic energy) นั้นก็เป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่สำคัญในการอธิบายถึงเปลี่ยนแปลงค่าแรงเชิงมุมสูงสุดภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่มากกว่า ดังที่ Alter (2004) ได้กล่าวไว้ว่า ลักษณะพิเศษของการยืดเหยียดแบบเคลื่อนที่ นั้นมีผลขององค์ประกอบของความยืดหยุ่นกล้ามเนื้อ(SEC) เข้ามามีบทบาทเกี่ยวข้องมากกว่าการยืดเหยียดแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ และแบบอยู่กับที่ ซึ่งมีการศึกษาได้กล่าวไว้ว่า องค์ประกอบของความยืดหยุ่นกล้ามเนื้อ(SEC) มีส่วนสำคัญในการเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว(Fast movements) ดังนั้นประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับผู้ที่นำไปฝึกหรือนักกีฬาก็คือ จะทำมีพลังงานยืดหยุ่นเก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อและสามารถที่จะนำมาใช้เพื่อเพิ่มความสามารถสูงสุดในการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีความเห็นตรงกันกับ พงษ์จันทร์ (2551) ได้กล่าวไว้ว่า ความยาวของซาร์โคเมอร์และความตึงตัวของกล้ามเนื้อจากการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อเป็นการทำงานของไมโอซินและแอกทินฟิลาเมนต์ในกล้ามเนื้อ จะเพิ่มขึ้นตรงกันข้ามเมื่อมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อการซ้อนกันของซาร์โคเมอร์ในกล้ามเนื้อจะลดลง เพื่อยอมให้เส้นใยกล้ามเนื้อยืดยาวออกไป และหากการซ้อนกันของซาร์โคเมอร์มีระยะการยืดยาวออกในช่วงเหมาะสมหรือมีความยาวเท่ากับความยาวขณะพักกล้ามเนื้อจะมีแรงหดตัวได้ดีที่สุด เพราะทุกครอสบริดจ์ในซาร์โคเมอร์จะการทำงานพร้อมกันกับแอกทินและไมโอซินจับกันได้พอดี

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยประชากรเป็นนิสิตชั้นปีที่ 1 เพศชาย ของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จำนวน 37 คน ผู้วิจัยได้บันทึกลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาและจัดโปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทดสอบกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ยี่ห้อ Biodex system 3 ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่, โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และ โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ จากผลการวิจัยพอสรุปได้ดังนี้

1. กำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากร ขณะไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. กำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากร ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธี พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. กำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากร ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า
4. กำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากร ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า

5. กำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของประชากร ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ มีการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้

ควรมีการให้ความสำคัญกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมทางกายระหว่างและ ภายหลังเลิกชั้นเรียนของประชากร เพื่อจัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบในกลุ่มนักกีฬาที่เฉพาะเจาะจงในการใช้กำลังกล้ามเนื้อเป็นหลัก
2. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบในกลุ่มนักกีฬาเพศหญิง และเพศชายว่ามีผลต่อค่ากำลังแตกต่างกันหรือไม่
3. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังและค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กัลยพงษ์ จตุรพาณิชย์. 2545. ระบบกล้ามเนื้อ, น.118-143. ใน เลียงชัย ลิมล่อมวงศ์ และ
สุรวัดน์ จริยาวัฒน์, บรรณาธิการ. **สรีรวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยมหิดล,
กรุงเทพฯ.

เจริญ กระบวนรัตน์. 2538. **เทคนิคการฝึกความเร็ว**. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2541. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาการฝึกด้วยน้ำหนักในการกีฬา**.
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2544. การฝึกกล้ามเนื้อด้วยการยกน้ำหนัก. ใน **การอบรมเชิงปฏิบัติการ**.
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2548. **HUMAN PERFORMANCE**. สเป็ค คีเอทีพี, กรุงเทพฯ.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์. 2539. **หลักการฝึกความเร็ว**. การฝึกสมรรถภาพทางกาย. ไทยมิตรการพิมพ์,
กรุงเทพฯ.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัฒน์. 2536. **สรีรวิทยาการออกกำลังกาย**. พิมพ์ครั้งที่ 4.
ธรรมกมลการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ถาวร กมฺทศรี. 2542. **ผลของการฝึกยกน้ำหนักในระดับความหนักต่างกันที่มีต่อกำลังของ
กล้ามเนื้อขา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิตา รัตนครอง. 2549. **ผลการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท ด้วยเทคนิคต่างกัน
ที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง ความอ่อนตัว และความแข็งแรง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงษ์จันทร์ อยู่แพทย์. 2551. สรีรวิทยาระบบกล้ามเนื้อ. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยรังสิต,
กรุงเทพฯ

พรพล พิมพ์พร. 2547. ผลของการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการเดินบนลู่วิ่ง
ที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือดระหว่างการฝึกด้วยแรงต้าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพฑูรย์ วงศ์อนุการ. 2544. ผลของการฝึกด้วยน้ำหนักที่ความเร็ว 6 วินาทีและ 9 วินาที ต่อ
การปฏิบัติ 1 ครั้งที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อคอควอดรีเซ็ป. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ราตรี สุตทรวง. 2539. **ประสาทวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กรุงเทพฯ.

ราตรี สุตทรวง และ วีระชัย สิงหนิยม. 2550. **ประสาทสรีรวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 5.
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ .

วิไล ชินชนะ, ธันวาทันตย์ และ มณฑกานต์ ตันตย์. 2539. กายวิภาคศาสตร์ของมนุษย์.
พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์เฟื่องฟ้า, กรุงเทพฯ

วุฒิพงษ์ ปรมัตถากร และ อารี ปรมัตถากร. 2539. **วิทยาศาสตร์การกีฬา**. ไทยวัฒนาพานิช,
กรุงเทพฯ.

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. 2539. **สมรรถภาพทางกายและทางกีฬา**. ภาควิชาสัตยศาสตร์อโรปีดิคส์และ
กายภาพบำบัด คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

สนธยา สีละมอด. 2547. **หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กรุงเทพฯ.

สนธยา สีสะมาด. 2551. หลักการเป็นผู้ฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา. พิมพ์ครั้งที่ 3.
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สาตี สุภาภรณ์. 2541. เอกสารประกอบคำสอนวิชากลศาสตร์ชีวภาพในการกีฬาและการ
ออกกำลังกาย. ภาควิชาพลศึกษา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร, กรุงเทพฯ.

สุพิตร สามีโต. 2541. แบบทดสอบสมรรถภาพทางกาย KASETSART Youth Fitness Test.
พรานนกการพิมพ์. กรุงเทพฯ

อนันต์ อัฐชู. 2527. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช,
กรุงเทพฯ.

อภิสิทธิ์ เทียนทอง. 2549. การฝึกด้วยน้ำหนักเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Alter, M. J. 1998. Sport Stretch. (2ed.). **Human Kinetics**. Champaign, IL.
Illinois.

_____. 2004. Science of Flexibility. 3rd ed. **Human Kinetic**, Champaign, IL.
Illinois.

Anonymous. 2004. **The Effect of Static Stretching on Muscle Strength**. n.p.

Bradley, P.S., P.D. Olsen and M.D. Portas. 2007. The effect of static, ballistic, and proprioceptive
neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. **Journal of strength
and conditioning research: the research journal of the NSCA**,

Bruce. 1998. **Training in Sport**. John Wiley & Sons Ltd., Chic ester.

- Cornwell, A., A.G. Nelson, G.D. Heise and B. Sidaway. 2001. Acute Effects of Passive Muscle Stretching on Vertical Jump Performance. **Journal of Human Movement Studies**.
- Cramer, J.T., T.J. Housh, G.O. Jonson, J.M. Miller, J.W. Coburn and T.W. Beck. 2004. Acute Effects of Static Stretching on Peak Torque in Women. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 18 (2): 236–241.
- Egger, G., N. Champion and G. Hurst. 1999. **The Fitness Leader's Exercise Bible**. 2nd ed. Singapore: Kangaroo Press
- Elliott, B. 1998. **Training in Sport Applying Sport Science**. John Wiley & Sons Ltd.
- Ferber, R.L. 2002. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. **J Electromyogr Kinesiol**. 12: 391-397.
- Kannas, P. and K. Yasuda. 1992. Value Isokinetic angle- specific torque measurements in normal and injured knees. pp. 292-297. **In Medicine and Science in Sport and Exercise. American Colleges of Sport Medicine**, Indianapolis.
- McAtee, R.E. 1993. **Facilitated Stretching**. Human Kinetics, Champaign.
- Michael, J. 1998. **Sport Stretch**. 2nd ed. Human Kinetic, United States of America.
- Manoel, M.E., M.O. Harris-Love, J.V. Danoff and T.A. Miller. 2008. Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 22(5): 1528-1534.
- Osternig, L. and R. Robertson. 1987. Muscle activation during proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching technique. **American Journal of Physical Medicine**. 66: 298-307.

Papadopoulos, G., Siatras, T.H and S. Kellis. 2005. The Effect of Static and Dynamic Stretching Exercises on the Maximal Isokinetic Strength of the Knee Extensors and Flexors.

Isokinetis and Exercise Science, n.p.

Perrin H.D. 1993. **Isokinetic Exercise and Assessment**. Champaign, Illinois.

Power, K., D. Behm, F. Cahill, M. Carroll and W. Yong. 2004. An Acute Bout of Static Stretching: Effect on Force and Jumping Performance. **Medicine Science of Sport Exercise**. 1389-1396

Robert, E. 1993. **Facilitated Stretching**. Human Kinetic Publishers, United States of America.

Unick, J., H. Scott K., Cheesman, and A. Feeney. 2005. The Acute Effects of Static and Ballistic Stretching on Vertical Jump Performance in Trained Women. **J.Strength Condition**. 19(1): 206-212.

Vivan, H. H. 1991. **Advance Fitness Assessment & Exercise Prescription**. 2nd ed. Champaign, Illinois.

Wilk, K.E., M.L. Voigly, M.A.Keirns, V. Gambetta, J.R.Andrews and C.I. Dillman. 1993. **Stretch shortening drills to the upper extremities**. Ortho. Sport. Phy. Ther.J.H.

Zakas , A., G. Doganis, V. Papakonstandinou, T. Sentelidis and E. Vamvakoudis. 2005. Acute Effects of Static Stretching Duration on Isokinetic Peak Torque Production of Soccer Players. **Journal of Body Work and Movement Therapies** 10: 89-95

_____, C. Galazoulas, G. Doganis and N. Zakas. 2006. Effect of Two Acute Static Stretching Durations of the Rectus Femoris Muscle on Quadriceps Isokinetic Peak Torque in Professional Soccer Players. **Isokinetics and Exercise Science**.





รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจโปรแกรมการยึดเหนี่ยวค้ำมือ

1. ผศ.อภิสิทธิ์ เทียนทอง อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
2. ผศ.ถาวร กุมทศรี อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
การกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
3. ผศ.ดร.มยุรี ถนอมสุข อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์และ
พัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
4. อาจารย์ชลชัย อานามนารถ อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
การกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
5. อาจารย์ไพฑูรย์ วงศ์อนุการ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน



โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

ท่าที่ 1

วัตถุประสงค์ ยืดกล้ามเนื้อ Gastrocnemius (กล้ามเนื้อน่อง)

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ: ยืนข้างขอบเตียงในลักษณะเท้าหน้าเท้าตาม

วิธีปฏิบัติ

1. ผู้ถูกทดสอบยืนในลักษณะเท้าหน้าเท้าตามขาข้างที่จะยืดเหยียดอยู่ด้านหลัง โดยส้นเท้าทั้งสองข้างสัมผัสพื้น และลำตัวตรง
2. ผู้ถูกทดสอบค่อย ๆ ถอยน้ำหนักตัวไปทางด้านหน้าโดยขาที่ยืดเหยียดมีลักษณะเข้าเหยียดตรง ส้นเท้าหลังปิด ขาด้านหน้างอเข้าเล็กน้อยจนรู้สึกตึงบริเวณน่องด้านหลังของขาที่ทำการยืดเหยียด ค้างไว้เป็นเวลา 15 วินาที
3. เมื่อครบแล้วให้ผู้ถูกทดสอบกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น
4. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ท่าที่ 1

ท่าที่ 2

วัตถุประสงค์ ยืดกล้ามเนื้อ Sartorius

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ: ทำการยืนบริเวณข้างเตียง ห่างประมาณ 1 ฟุต นำเท้าที่ต้องการทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (ขาข้างขวา) วางบนเตียงลักษณะขาเหยียดไม่งอเข่า โดยนำต้นขาด้านในพาดไว้บริเวณขอบเตียง จากแกนระนาบลำตัว และลำตัวตรง

วิธีปฏิบัติ

1. ทำการยืนบริเวณข้างเตียง ห่างประมาณ 1 ฟุต นำเท้าที่ต้องการทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (ขาข้างขวา) วางบนเตียงลักษณะขาเหยียดไม่งอเข่า โดยนำต้นขาด้านในพาดไว้บริเวณขอบเตียง จากแกนระนาบลำตัว ลำตัวตรง
2. ผู้ถูกทดสอบค่อยๆ หักน้ำหนักตัวไปที่เท้าด้านซ้าย ให้มากที่สุดจนรู้สึกตึงบริเวณต้นขาด้านใน (ขาข้างขวา) แล้วทำการค้างไว้เป็นเวลา 15 วินาที
3. เมื่อครบแล้วให้ผู้ถูกทดสอบกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น
4. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ท่าที่ 2

ท่าที่ 3

วัตถุประสงค์ ยืดกล้ามเนื้อ Hamstring (กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง)

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ: ยืนบริเวณขอบเตียงนำขาข้างที่ต้องการยืดเหยียด (ด้านขวา) ขึ้นมาพาดบริเวณขอบเตียง ให้ขนานกับพื้น ปลายเท้าชี้ขึ้นด้านบนบน และลำตัวตรง

วิธีปฏิบัติ

1. ให้ผู้ถูกทดสอบค่อยๆ โน้มตัวโดยให้ใบหน้าของผู้ถูกทดสอบเคลื่อนที่เข้าหาเข่าของตนเองจนรู้สึกตึงที่บริเวณต้นขาด้านหลัง จากนั้นให้ค้างไว้เป็นเวลา 15 วินาที
2. เมื่อครบแล้วให้ผู้ถูกทดสอบกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น
3. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ท่าที่ 3

ท่าที่ 4

วัตถุประสงค์ ยึดกล้ามเนื้อ Quadriceps (กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า)

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ: ยืนข้างขอบเตียงในลักษณะขาทั้งสองข้างเหยียดตรง

วิธีปฏิบัติ

1. ผู้ถูกทดสอบงอเข้าของขาข้างที่ทำการยึดเหยียดจับบริเวณปลายเท้า ขาอีกข้างยืนในลักษณะเข้าเหยียดตรง และลำตัวตรง
2. ผู้ถูกทดสอบออกแรงดึงขาข้างที่ยึดเหยียดกล้ามเนื้อไปด้านหลังจนรู้สึกตึงบริเวณต้นขาด้านหน้า ค้างไว้นาน 15 วินาที
3. เมื่อครบแล้วให้ผู้ถูกทดสอบกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น
4. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ท่าที่ 4



โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่

ท่าที่ 1

วัตถุประสงค์ ยืดกล้ามเนื้อ Gastrocnemius (กล้ามเนื้อน่อง)

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ: ยืนข้างขอบบันไดในลักษณะเท้าคู่

วิธีปฏิบัติ

1. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” ให้ผู้ถูกทดสอบค่อย ๆ ถอยน้ำหนักตัวไปที่บริเวณส้นเท้าจนผู้ถูกทดสอบรู้สึกว่ามีตึงบริเวณน่อง แล้วให้ทำการเขย่งปลายเท้าขึ้นจนส้นเท้าทำมุมขนานกับพื้น โดยผู้ถูกทดสอบจะต้องทำการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 15 วินาที เป็นจำนวน 7 ครั้ง
2. เมื่อครบแล้วให้นักผู้ถูกทดสอบกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น
3. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ท่าที่ 1

ท่าที่ 2

วัตถุประสงค์ ยืดกล้ามเนื้อ Sartorius

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ: ทำการยืนบริเวณข้างเตียง ห่างประมาณ 1 ฟุต นำเท้าที่ต้องการทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (ขาด้านขวา) วางบนเตียงลักษณะขาเหยียดไม่งอเข่า โดยนำต้นขาด้านในพาดไว้บริเวณขอบเตียง จากแกนระนาบลำตัว และลำตัวตรง

วิธีปฏิบัติ

1. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” ผู้ถูกทดสอบค่อยๆ ทิ้งน้ำหนักตัวไปที่เท้าด้านซ้าย ให้มากที่สุด จนรู้สึกตึงบริเวณต้นขาด้านใน โดยผู้ถูกทดสอบจะต้องทำการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 15 วินาที เป็นจำนวน 7 ครั้ง
2. เมื่อครบแล้วให้ผู้ถูกทดสอบคลายท่ากลับสู่ท่าเริ่มต้น
3. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ท่าที่ 2

ท่าที่ 3

วัตถุประสงค์ ยืดกล้ามเนื้อ Hamstring (กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง)

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ: ยืนบริเวณขอบเตียงนำขาข้างที่ต้องการยืดเหยียด (ด้านขวา) ขึ้น
พาดบริเวณขอบเตียง ให้นานกับพื้น ลำตัวตรง

วิธีปฏิบัติ

1. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” ให้ผู้ทดสอบ ทำการก้มตัวโดยให้ใบหน้าของผู้ถูกทดสอบเคลื่อนที่เข้าหาบริเวณเข่าของตนเองจนรู้สึกตึงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง โดยผู้ถูกทดสอบจะต้องทำการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 15 วินาที เป็นจำนวน 7 ครั้ง
2. เมื่อครบแล้วให้ผู้ถูกทดสอบกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น
3. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ท่าที่ 3

ท่าที่ 4

วัตถุประสงค์ ยืดกล้ามเนื้อ Quadriceps (กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า)

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ : ให้งอเข่าโดยให้หน้าเข่าชนกับพื้น แล้วทำการนั่งบนหน้าแข้ง โดยที่ปลายเท้าชี้ไปทางด้านหลังของผู้ถูกทดสอบ (ข้างไม่ถูกยืด) ส่วนขาขวา (ข้างถูกยืด) ให้เหยียดไปด้านหลัง โดยต้นขา สะโพก และลำตัวเป็นแนวเดียวกัน ทำมุมกับพื้น 45 องศา ขณะที่เข่าและปลายเท้าวางบนเบาะ

วิธีปฏิบัติ

1. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” ให้ผู้ทดสอบงอเข่า ฝ่าเท้าหันเข้าหาลำตัว จากนั้นให้เหยียดข้อเข่าปลายเท้าวางบนเบาะ โดยผู้ถูกทดสอบจะต้องทำการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 15 วินาที เป็นจำนวน 7 ครั้ง
2. เมื่อครบแล้วให้ผู้ถูกทดสอบกลับสู่ท่าเริ่มต้น
3. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ท่าที่ 4



โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท เทคนิค Contract-Relax

ท่าที่ 1

วัตถุประสงค์ ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Gastrocnemius (กล้ามเนื้อน่อง)

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ: นั่งบนเตียง เหยียดขาทั้งสองข้างตรงไปข้างหน้า

ผู้ช่วย: ยืนด้านข้างลำตัวของผู้ถูกทดสอบ

วิธีปฏิบัติ

1. ผู้ช่วยใช้มือรองใต้ส้นเท้าของผู้ถูกทดสอบ และดันฝ่าเท้าเข้าหาหน้าแข้ง (dorsal flexion) จนรู้สึกตึงบริเวณน่อง
2. ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อน่องต้านแรงที่ได้รับจากผู้ช่วย พร้อมทั้งเหยียดเข้าให้ข้อพับกดลงกับพื้น ค้างไว้ 7 วินาที
3. ให้ผู้ถูกทดสอบพักจากการออกแรงต้าน เป็นเวลา 2 วินาที
4. ผู้ช่วยใช้มือรองใต้ส้นเท้าของผู้ถูกทดสอบ และดันฝ่าเท้าเข้าหาหน้าแข้งเพื่อเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว จนรู้สึกตึงบริเวณน่อง ค้างไว้ 8 วินาที
5. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อเทคนิค Contract-Relax ท่าที่ 1

ท่าที่ 2

วัตถุประสงค์ ยึดกล้ามเนื้อ Sartorius

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ: นอนคว่ำ มือทั้งสองข้างวางไว้ข้างลำตัว แยกหัวเข่าทั้งสองข้างออกจากกัน ปลายเท้าทั้งสองข้างชี้ไปทางด้านหลัง ในลักษณะไม่งอเข่า

ผู้ช่วย: นั่งอยู่บริเวณปลายเท้าของผู้ถูกทดสอบ

วิธีปฏิบัติ

1. ผู้ช่วยจับบริเวณต้นขาของผู้ถูกทดสอบ แล้วทำการหมุนสะโพกของผู้ถูกทดสอบให้ท่ามุม 60 องศา โดยบิดให้หัวเข่าเข้าทางด้านในของลำตัว แล้วจึงทำการยกบริเวณต้นขาขึ้น จนผู้ถูกทดสอบ รู้สึกตึงบริเวณกล้ามเนื้อ Sartorius
2. ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อด้านแรงที่ได้รับจากผู้ช่วย ไปในทิศทางตรงข้ามกับแรงของผู้ช่วยที่ให้ ค้างไว้ 7 วินาที
3. ให้ผู้ถูกทดสอบพักจากการออกแรงด้าน เป็นเวลา 2 วินาที
4. ผู้ช่วยจับบริเวณต้นขาของผู้ถูกทดสอบ แล้วทำการหมุนสะโพกของผู้ถูกทดสอบให้ท่ามุม 60 องศา โดยบิดให้หัวเข่าเข้าทางด้านในของลำตัว แล้วจึงทำการยกบริเวณต้นขาขึ้น จนผู้ถูกทดสอบ รู้สึกตึงบริเวณกล้ามเนื้อ Sartorius เพื่อเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวจนผู้ถูกทดสอบ ค้างไว้ 8 วินาที
5. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อเทคนิค Contract-Relax ท่าที่ 2

ท่าที่ 3

วัตถุประสงค์ ยึดกล้ามเนื้อ Hamstring (กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง)

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ: นอนหงายบนเตียง ขาเหยียดตรง

ผู้ช่วย: ยืนบริเวณปลายเท้าของผู้ถูกทดสอบ และใช้มือรองขาข้างที่ต้องการยึดไว้

วิธีปฏิบัติ

1. ผู้ช่วยจับขาข้างที่จะยึดของผู้ถูกทดสอบ ยกขึ้นในลักษณะขาเหยียดตรง และดันขาเข้าหาลำตัว จนผู้ถูกทดสอบรู้สึกตึงบริเวณต้นขาด้านหลัง
2. ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงเกร็งต้นขาด้านแรงที่ได้รับจากผู้ช่วย พร้อมกับเหยียดเข่าตรง ค้างไว้ 7 วินาที
3. ให้ผู้ถูกทดสอบพักจากการออกแรงต้าน เป็นเวลา 2 วินาที
4. ผู้ช่วยจับขาของผู้ถูกทดสอบ ยกขึ้นในลักษณะขาเหยียดตรง และดันขาเข้าหาลำตัวเพื่อเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว จนผู้ถูกทดสอบ รู้สึกตึงบริเวณต้นขาด้านหลัง ค้างไว้ 8 วินาที
5. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อเทคนิค Contract-Relax ท่าที่ 3

ท่าที่ 4

วัตถุประสงค์ ยึดกล้ามเนื้อ Quadriceps (กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า)

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ: นอนหงายบนเตียง สะโพกอยู่ที่ขอบเตียง งอเข่าและสะโพกด้านที่จะทำการยืดเหยียด

ผู้ช่วย: นั่งด้านข้างของขาที่ทำการยืดของผู้ถูกทดสอบ

วิธีปฏิบัติ

1. ผู้ช่วยจับขาข้างที่จะยืดเหยียดของผู้ถูกทดสอบ โดยจับให้ต้นขาเหยียดไปด้านหลังพร้อมกับงอเข่า จนกระทั่งผู้ถูกทดสอบรู้สึกตึงบริเวณต้นขาด้านหน้า
2. ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงเกร็งต้นขาด้านแรงที่ได้รับจากผู้ช่วย พร้อมกับออกแรงเหยียดสะโพก ค้างไว้ 7 วินาที
3. ให้ผู้ถูกทดสอบพักจากการออกแรงด้าน เป็นเวลา 2 วินาที
4. ผู้ช่วยจับขาของผู้ถูกทดสอบ โดยจับให้ต้นขาเหยียดไปด้านหลังพร้อมกับงอเข่า เพื่อเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว จนผู้ถูกทดสอบรู้สึกตึงบริเวณต้นขาด้านหน้า ค้างไว้ 8 วินาที
5. ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยทำการพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



การยืดเหยียดกล้ามเนื้อเทคนิค Contract-Relax ท่าที่ 4



ใบบันทึกผลการตรวจสอบเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

เรื่อง ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลันแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และ
แบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
โดย นายศิระ ลีวัฒนานุกพงศ์
ผู้เชี่ยวชาญ

โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Hamstring

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Quadriceps

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Gastrocnemius

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Sartorius

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

(.....)

ใบบันทึกผลการตรวจสอบเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

เรื่อง ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลันแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และ
แบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
โดย นายศิวัช ลิขพัฒนานพวงศ์
ผู้เชี่ยวชาญ

โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Hamstring

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Quadriceps

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Gastrocnemius

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ.....

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Sartorius

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ.....

.....
 (.....)

ใบบันทึกผลการตรวจสอบเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

เรื่อง ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลันแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และ
แบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
โดย นายศิวัช ลิขพัฒนานุพงศ์
ผู้เชี่ยวชาญ

โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Hamstring

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Quadriceps

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Gastrocnemius

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Sartorius

☐

ผ่าน

☐

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

(.....)



แบบบันทึกค่ากำลัง

ผู้ทดสอบ _____ เพศ _____ ส่วนสูง _____ ซม.

น้ำหนัก _____ กก. ข้อต่อที่ทดสอบ ข้อเข่า กล้ามเนื้อ Qaudriceps Muscle

วิธีการทดสอบ Isokinetic Unilateral รูปแบบการทดสอบ Concentric / Concentric

ความเร็วในการทดสอบ 120 วินาที จำนวนครั้ง 3 ครั้ง

วิธีการยืดเหยียด	ไม่มีการยืด เหยียด กล้ามเนื้อ	การยืดเหยียด กล้ามเนื้อ แบบอยู่กับที่	การยืดเหยียด กล้ามเนื้อ แบบเคลื่อนที่	การยืดเหยียด กล้ามเนื้อ แบบกระตุ้น ระบบประสาท กล้ามเนื้อ
Average Power(Watts)				
ROM.(Deg)				

ใบบันทึกรายละเอียดการปรับท่าทางการนั่งบนเครื่องไอโซคิเนติก

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	สูง (ซม.)	นน.ขา (กก.)	ฐาน	สูง	เบาะนั่ง	Dynamo	Arm
ตำแหน่งการปรับ				1	2	3	4	5
1								
2								
3								
↓								
35								
36								
37								



ภาพผนวกที่ ๑1 เครื่องไอโซคิเนติก (Biodex system3)



ภาคผนวก ข
เอกสารชี้แจงข้อมูลและหนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เอกสารชี้แจงข้อมูล

ชื่อโครงการ ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลันแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อกำลังกล้ามเนื้อ ต้นขาด้านหน้า

Acute Effects of Static, Dynamic and Neuromuscular
Facilitation Stretching on Muscle Power of Quadriceps

ผู้วิจัย นายศิวะ ลีวัฒนานุกพงศ์

สถานที่วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน

บุคคลและวิธีการติดต่อ นายศิวะ ลีวัฒนานุกพงศ์ โทร.081-2061115

ผู้สนับสนุนการวิจัย เงินทุนของผู้วิจัยเอง

ความเป็นมาของโครงการ

ผู้ฝึกสอน นักกีฬาและผู้ที่เกี่ยวข้องทางกีฬาพยายามหาวิธีในการพัฒนาความสามารถของนักกีฬา เนื่องจากทำให้นักกีฬาสามารถแสดงทักษะทางกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งในขณะทำการฝึกซ้อมและตลอดช่วงการแข่งขัน และวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ดังนั้นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจึงจำเป็นยิ่งในขั้นการเตรียมพร้อมร่างกายที่จะให้กล้ามเนื้อพร้อมใช้งานและออกแรงหดตัวสูงสุด และงานวิจัยในประเทศไทยส่วนใหญ่ทำการศึกษาผลของการฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีต่อสมรรถภาพทางกายด้านอื่นนอกเหนือจากกำลังที่เป็นผลโดยตรงกับกล้ามเนื้อ และการศึกษาดังกล่าวเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการฝึกในระยะยาว (long term) แต่การตรวจสอบประเมินกำลังที่เป็นผลมาจากระยะเฉียบพลัน (acute effect) ของการให้โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ นั้นยังไม่มี

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาผลที่จะเกิดขึ้นกับการสร้างกำลังในการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยเชื่อว่าผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่และ

แบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อมีต่อกล้ามเนื้อเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อนำผลจากการวิจัยครั้งนี้ ใช้เป็นแนวทางในการเลือกเทคนิคการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ร่วมกับโปรแกรมการฝึกซ้อมกีฬา และเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพของนักกีฬาในการแข่งขัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการยืดเหยียดกล้ามเนื้อระยะเฉียบพลัน 3 วิธี ที่มีต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
2. เพื่อหาความแตกต่างของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดและภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 วิธี

รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพศชาย จำนวน 37 คน
2. ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการฝึก รวมถึงความเสี่ยงและประโยชน์ต่างๆ ที่ประชากรอาจได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย
3. เมื่อประชากรรับทราบรายละเอียดและยินดียินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย จึงให้ประชากรลงนามยินยอมในการเข้าร่วมการทดลอง
4. ประชากรทำการอบอุ่นร่างกาย (warm up) โดยการปั่นจักรยาน (cycle ergometer) เป็นเวลา 3 นาที อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระหว่าง 120 – 130 ครั้งต่อนาที
5. จากนั้นประชากรทุกคนเข้ารับการทดสอบกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (ทดสอบขาข้างขวา) ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหว ที่ระดับความเร็วเชิงมุม (angular velocities) 120 องศาต่อวินาที จำนวน 3 ครั้ง

6. ประชากรทุกคนเข้ารับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ซึ่งก่อนการยืดเหยียดให้ปฏิบัติตามข้อที่ 5 จากนั้นและเข้าตามโปรแกรมการยืดเหยียด คือ โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่, แบบเคลื่อนที่ และกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค Contract-Relax (CR) โดยทั้ง 3 วิธี ใช้เวลา 15 วินาที และจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) / หนึ่งทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

7. ทดสอบค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในประชากร หลังจากที่ยุคพักจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเป็นเวลา 5 นาที ในแต่ละวิธี

8. การพัก (rest) ของประชากรใช้เวลาหยุดพัก 2 วัน หลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในแต่ละวิธี เพื่อให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว (recovery) ภายหลังการทดสอบค่ากำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

9. สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัยครั้งนี้ คือ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ระหว่างมกราคม - กุมภาพันธ์ 2553 เวลา 16.00 - 18.00 น.

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ผลจากการวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬา ในการเลือกเทคนิคและวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อร่วมกับโปรแกรมการฝึกซ้อมกีฬา เพื่อพัฒนากำลังของนักกีฬาอย่างเหมาะสมต่อไป

2. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจในการศึกษาค้นคว้าวิจัยและทดลองเกี่ยวกับการผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันต่อการเตรียมความพร้อมการฝึกซ้อมและการแข่งขันของนักกีฬาที่ส่งผลต่อกำลัง

ผลข้างเคียงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับผู้เข้าร่วมการวิจัย

โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เนื่องจากในแต่ละโปรแกรมนั้นมีความแตกต่างกัน ในรายละเอียดและวิธีการปฏิบัติ ข้อพึงระวังได้แก่ การจัดทำทาง กระดอนและกระชาก การออกแรงเกร็งด้านผู้ช่วยปฏิบัติ และผู้ถูกยืดทำด้วยความพยายามสูงสุด จึงทำให้มีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บต่อผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ รวมไปถึงการวัดกำลัง ผู้ถูกทดสอบต้องออกแรงของกล้ามเนื้อด้วยความพยายามสูงสุด ทั้งนี้อาจทำให้เกิดการระบมขึ้นกับกล้ามเนื้อ ดังนั้นการพัก (rest) การงดทำกิจกรรมอย่างหนัก และการปฏิบัติตามวิธีการอย่างถูกต้องตลอดช่วงเวลากการเข้าร่วมงานวิจัยนั้น จึงเป็นการหลีกเลี่ยงและโอกาสเสี่ยงจากการบาดเจ็บ การระบมของกล้ามเนื้อก็จะลดน้อยลง

หนังสือยินยอมและเต็มใจเข้าร่วมการวิจัยโดยได้รับทราบรายละเอียดของโครงการอย่างชัดเจน
(Informed Consent Form)

โครงการ ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลันแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่
และแบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

Acute Effects of Static, Dynamic and Neuromuscular Facilitation

Stretching on Muscle Power of Quadriceps

ผู้วิจัย นายศิวัช สัตยพัฒนานุกุลพงศ์

ผู้เข้าร่วมการวิจัย.....

คำยินยอมของผู้ถูกทำวิจัย

ข้าพเจ้า.....ได้รับทราบรายละเอียดของ
โครงการศึกษาวิจัยตลอดจน ประโยชน์และความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อข้าพเจ้าจากผู้วิจัยแล้วอย่าง
ชัดเจนโดยไม่มีสิ่งใดปิดบังซ่อนเร้น และข้าพเจ้ารู้ว่าถ้าเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยเกิดขึ้น ข้าพเจ้า
สามารถสอบถามผู้วิจัยได้และข้าพเจ้าสามารถไม่เข้าร่วมโครงการเมื่อใดก็ได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยจะ
เก็บข้อมูลเฉพาะตัวข้าพเจ้าไว้เป็นความลับ การเปิดเผยข้อมูลจะกระทำเฉพาะกรณีจำเป็นด้วย
เหตุผลทางวิชาการเท่านั้น ทั้งนี้โดยไม่ระบุชื่อข้าพเจ้า

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมการวิจัย

ลงชื่อ.....พยาน

ลงชื่อ.....พยาน

วันที่...../...../.....

คำอธิบายของผู้วิจัย

ข้าพเจ้าได้อธิบายรายละเอียดของโครงการตลอดจนประโยชน์ของการวิจัย รวมถึง
ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นแก่ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบแล้วอย่างชัดเจน โดยไม่มีการปิดบังซ่อนเร้น

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

วันที่...../...../.....

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อสกุล	นายสิวะ ลีวัฒนานุพงศ์
เกิดวันที่	9 สิงหาคม 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดชลบุรี
ประวัติการศึกษา	ศิลปศาสตรบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-พลศึกษา) ภาควิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

