



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่และแบบ กระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

Acute Effects of Static, Dynamic, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Peak Torque of Quadriceps Muscle

นามผู้วิจัย นายกรกต ศรีกวีเพชรรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์อัคร รัตนภักดิ์, อ.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, D.Ed.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิเมณฑลกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่
และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

Acute Effects of Static, Dynamic, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on
Peak Torque of Quadriceps Muscle

โดย

นายกรกต ศรีกีวีเพชรรัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรจารย์การกีฬา)

พ.ศ. 2552

กรกด ศรีกวีเพชรรัตน์ 2552: ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ปรินญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ อุดร รัตนภักดิ์, อ.ม. 81 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (SS) แบบเคลื่อนที่ (DS) และแบบการยืดเหยียดแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค contract-relax (PNF-CR) ที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตพลศึกษา เพศชาย อายุ 18-21 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จำนวน 30 คน โดยที่กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับการทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า คนละ 4 ครั้ง คือ แบบไม่มีการยืดเหยียด (NS) และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 แบบ แต่ละแบบ เว้นระยะห่างกัน 48 ชั่วโมง และในแต่ละครั้งที่ทำการทดลองนั้นกลุ่มตัวอย่างจะต้องเริ่มด้วยการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยาน ที่ความหนัก 60% HRR 5 นาที แล้วทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ จำนวน 3 ครั้งๆ ละ 15 วินาที แล้วจึงทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ที่ระดับความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการทดลองวัดซ้ำแบบมิตติเดียวและเปรียบเทียบความแตกต่าง เป็นรายคู่โดยใช้วิธีของ Tukey กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ มีค่าเฉลี่ยของแรงเชิงมุมสูงสุดที่มุม 60 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS (225.17 Nm) มีค่าความแข็งแรงสูงสุด รองลงมาเป็นแบบ PNF-CR (213.15 Nm) และ แบบ SS (209.93 Nm) ส่วนค่าเฉลี่ยของของแรงเชิงมุมสูงสุดที่มุม 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า พบว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS (177.73 Nm) และแบบ DS (185.20 Nm) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS และแบบ PNF-CR (180.58 Nm) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ PNF-CR กับแบบ SS จากการทดลองนี้พบว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS ทำให้เกิด ความแข็งแรงสูงสุดระยะเฉียบพลัน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่อไป

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Korakot Srikaveepetcharut 2009: Acute Effects of Static, Dynamic, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Peak Torque of Quadriceps Muscle. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Udon Ruttanapak, M.A. 81 pages.

The purposes of this research were to study and compare the acute effects of static stretching (SS), dynamic stretching (DS), and proprioceptive neuromuscular facilitation contract-relax (PNF-CR) stretching on peak torque of quadriceps muscle. Thirty male participants of this study were randomly selected from physical education students of Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, 18-21 years. Repeated measures design was used. All subjects were tested 4 times (non-stretching and 3 after the stretches), 48 hours apart. During 4 separate laboratory visits, each subject performed 5 minutes of stationary cycling at 60%HRR before performing the control condition, SS, DS, or PNF-CR. The peak torque of quadriceps muscle was measured on isokinetic machine at angular velocities of 60 and 120 °/s immediately after the stretching. The data were analyzed by using ANOVA with repeated measure and multiple comparison was performed by Tukey at 0.05 level of significance.

The results indicated that the peak torque of quadriceps muscle at angular velocities of 60°/s after stretching between each stretching methods (SS, DS and PNF-CR) were significant difference. The highest muscle strength was found in DS (225.17 Nm), second to PNF-CR (213.15 Nm), and the lowest value was observed in SS (209.93 Nm). In addition, the peak torque of quadriceps muscle at angular velocities of 120°/s after stretching between SS (177.73 Nm) and DS (185.20 Nm), DS and PNF-CR (180.58 Nm) were significant difference. However, there were no significant difference between SS and each PNF-CR. The findings suggest that dynamic stretching may increase acute muscular strength. These findings may have important implications.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

/ /

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์อัคร รัตนภักดิ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ในการใช้ห้องปฏิบัติการให้ได้มาซึ่งข้อมูลการทดสอบและภาควิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่าน สำหรับการจัดหากลุ่มตัวอย่างและสถานที่ในการทำวิจัย พร้อมทั้งนิสิตพลศึกษาปริญญาตรีทุกคน ที่กรุณาเข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คณะครู อาจารย์ ทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้พร้อมทั้งให้การอบรม และส่งเสริมทางการศึกษาด้วยดี อีกทั้งขอขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อนนิสิตปริญญาโทและน้องนิสิตปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือด้วยดี จนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ประสบความสำเร็จ

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ชีวิตและโอกาสทางการศึกษาและคุณแม่เพชรรัตน์ (ที่ล่วงลับไปแล้ว) ตลอดจนพี่ชายและทุกคน ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจสูงสุดตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์แก่ข้าพเจ้า

กรกต ศรีกวีเพชรรัตน์

กุมภาพันธ์ 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
การตรวจเอกสาร	7
อุปกรณ์และวิธีการ	35
อุปกรณ์	35
วิธีการ	35
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	40
สรุปและข้อเสนอแนะ	56
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	58
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจโปรแกรมการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ	64
ภาคผนวก ข โปรแกรมการยึดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และ แบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	66
ภาคผนวก ค ใบบันทึกผลการตรวจสอบเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ	70
ภาคผนวก ง แบบบันทึกผลการทดสอบและใบบันทึกรายละเอียด การจัดทำทางการนั่งบนเครื่องมือทดสอบ	72
ภาคผนวก จ เอกสารชี้แจงข้อมูล และใบยินยอมเข้าร่วมทำการวิจัย	75
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	81

สารบัญญัตราสาร

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{x} \pm S.E.$) ของลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง	41
2	ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{x} \pm S.E.$) แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว เชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบไม่มีการยืดเหยียดและภายหลังการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	42
3	ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{x} \pm S.E.$) แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบไม่มีการยืดเหยียดและภายหลังการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	43
4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำมิติเดียวของค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบไม่มีการยืดเหยียดและภายหลังการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	44
5	การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบไม่มีการยืดเหยียดและภายหลังการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	45
6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำมิติเดียวของค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบไม่มีการยืดเหยียดและภายหลังการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	46
7	การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ภายหลังการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
8	อัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละของค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาทีของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ภายหลังจากการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ เปรียบเทียบกับ แบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	48

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและความตึงกล้ามเนื้อ	16
2	แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว 60 และ 120 องศาต่อวินาทีของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดและภายหลังการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	43
3	แผนภูมิแท่งแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว 60 และ 120 องศาต่อวินาทีของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ภายหลังการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ เปรียบเทียบกับขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	48
ภาพผนวกที่		
ข1	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่	67
ข2	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ที่อยู่	68
ข3	การยืดเหยียดแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ	69
ง1	เครื่องมือไอโซคินิก	74

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

beat.min ⁻¹	=	ครั้งต่อนาที
BMI	=	ดัชนีมวลกาย (body mass index)
BP	=	ความดันโลหิต (blood pressure)
cm	=	เซนติเมตร (centimeter)
CNS	=	ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system)
DS	=	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching)
Ft-lb	=	ฟุต-ปอนด์
RHR	=	อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (resting heart rate)
HRR	=	อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (heart rate reserve)
kg	=	กิโลกรัม
kg.m ⁻²	=	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
mmHg	=	มิลลิเมตรปรอท
Nm	=	นิวตันเมตร
NS	=	แบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (non stretching)
PT	=	แรงเชิงมุมสูงสุด (peak torque)
PNF-CR	=	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax
SS	=	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching)
°/s	=	องศาต่อวินาที (degree per second)

**ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่
และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุด
ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า**

**Acute Effects of Static, Dynamic, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation
Stretching on Peak Torque of Quadriceps Muscle**

คำนำ

สิ่งที่เป็นพื้นฐานทางด้านร่างกายของทุกคนต้องการนั้น คือ สมรรถภาพทางกายที่ดี เพื่อที่จะรองรับการเคลื่อนไหวและการสร้างแรงหดตัวของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ ศิริรัตน์ (2544) กล่าวว่า แรงที่เกิดขึ้นในขณะที่กล้ามเนื้อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงนั้นจะเป็นไปตามกฎของนิวตัน แต่หากมีการเคลื่อนที่เชิงมุมหรือมีการบิดหมุนไปของกล้ามเนื้อ แรงที่เกิดขึ้นชนิดนี้ ตามหลักกลศาสตร์ เรียกว่า ทอร์กหรือแรงเชิงมุม (torque) และการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อเอาชนะแรงต้านภายนอกและภายในนั้น ตามหลักการสรีรวิทยา เรียกว่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อ (สนธยา, 2547) ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นพื้นฐานของการมีสุขภาพดีของบุคคลทั่วไปและนักกีฬา ทั้งนี้การพัฒนาความสามารถด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีส่วนในการป้องกันและลดการบาดเจ็บของร่างกายซึ่งคนที่มีความแข็งแรงย่อมสามารถประกอบกิจกรรมต่างๆ บางอย่างได้ดี ความแข็งแรงถือว่าเป็นตัวการสำคัญ และมักจะเป็นพื้นฐานในการที่จะทำให้ร่างกายเคลื่อนไหวได้อย่างดีเยี่ยม และโดยทั่วไปแล้วการที่กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวเป็นผลให้เกิดขึ้นนั้น นั่นคือ การเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย (ศิริรัตน์, 2536)

การที่ร่างกายสามารถแสดงทักษะการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องอาศัยความพร้อมของการหดตัวสร้างแรงของกล้ามเนื้อและขั้นตอนสำคัญของการเตรียมความพร้อมร่างกายที่จะส่งผลต่อการใช้แรงของกล้ามเนื้อ คือ รูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ รูปแบบและวิธีการดังกล่าว สามารถปฏิบัติได้เองและอาศัยผู้ช่วยในบางรูปแบบ แต่บางครั้งมักถูกละเลยและขาดการคำนึงถึงลำดับขั้นตอนวิธีการที่ถูกต้อง ผลตามมา คือ ร่างกายขาดความพร้อมและส่งผลเสียต่อการแสดงทักษะความสามารถทางกายลดลง การปฏิบัติกิจกรรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้ออย่างสม่ำเสมอ จึงมีประโยชน์เพื่อรักษาและเพิ่มมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อให้มากขึ้นไม่ทำให้ข้อต่อ

หลวม หรือเกิดความไม่มั่นคงได้ เพราะการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจะทำให้กล้ามเนื้อรอบๆ ข้อต่อ ยืดหยุ่นได้ง่าย เอ็นและเอ็นยึดข้อต่อหนาและแข็งแรงขึ้น

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อมีรูปแบบและวิธีที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อได้เปรียบเสียเปรียบ แตกต่างกัน ดังเช่น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท (proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF) มีความปลอดภัยน้อยกว่าผู้ที่ฝึกปฏิบัติขาดประสบการณ์ วิธีการดังกล่าวมักใช้ในการบำบัดรักษา ฟิสิกส์บำบัดทุกคนทั่วไปและนักกีฬา ดังที่ นิดา (2549) ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท ด้วยเทคนิคต่างกัน ที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง ความอ่อนตัว และความแข็งแรงกล้ามเนื้อในนักกีฬา ผลการวิจัยพบว่าการฝึกด้วยเทคนิค hold-relax มีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาสูงที่สุด นอกจากนี้ Alter (2004) กล่าวว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทในบางเทคนิคเป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีการกระตุ้นกลุ่มกล้ามเนื้อที่หดตัวให้ออกแรงทำงาน (agonist) หรือบางเทคนิคเป็นการกระตุ้นกลุ่มกล้ามเนื้อตรงกันข้ามกับที่ถูกยืด (antagonist) ให้ออกแรงทำงานหรือในบางเทคนิคมีการกระตุ้นทั้ง 2 แบบ ซึ่งจากการกระตุ้นกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหรือทั้งสองกลุ่มกล้ามเนื้อในเวลาเดียวกันนี้เป็นผลให้การทำงานของกล้ามเนื้อหรือช่วงการเคลื่อนไหวเพิ่มมากยิ่งขึ้น และจากการศึกษาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เปรียบเทียบกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax และ agonist contract-relax ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและช่วงการเคลื่อนไหว พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาททั้งสองส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการทำงานและช่วงการเคลื่อนไหวมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (Ferber, 2002)

ส่วนรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching) เป็นวิธีการยืดกล้ามเนื้ออย่างช้า ๆ โดยที่กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการหดตัวออกแรงทำงานหดตัวในขณะที่กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้ามผ่อนคลายและถูกยืดออก เมื่อถึงในตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนไหวให้หยุดค้างไว้ในตำแหน่งนั้น 10-30 วินาที จึงกลับสู่ท่าเดิมหรือท่าเริ่มต้น ควรผ่อนคลายกล้ามเนื้อประมาณ 5 วินาที จึงเริ่มปฏิบัติในครั้งต่อไป (ศิริรัตน์, 2534) และถึงแม้จะเป็นวิธีการที่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตัวเองซึ่งมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ (สนธยา, 2547) อย่างไรก็ตามผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อดังกล่าวก็อาจส่งผลให้ความแข็งแรงในกล้ามเนื้อลดลงได้ ดังที่ Zakas *et al.* (2005) กล่าวว่า ผลระยะเฉียบพลันการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ มีผลให้ช่วงการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นและอาจส่งผลทำให้ความแข็งแรงและกำลัง (muscle strength and

power) ในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ถูกยืดลดลงได้ 5-30% (Cramer *et al.*, 2004 Cornwell *et al.* 2001) สอดคล้องกับ Power *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ใช้ช่วงเวลาการยืดนาน (long duration) เป็นเวลารวม 270 วินาที พบว่า แรงหดตัวแบบไอโซเมตริกกล้ามเนื้อสูงสุด ของต้นขาด้านหน้าลดลง 9.5 % แต่ไม่พบว่ามีผลต่อความสามารถในการกระโดด

ขณะที่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching) นั้นเป็นการปฏิบัติโดยการทำซ้ำๆ กัน โดยให้ส่วนของร่างกายที่เคลื่อนไหวได้ยืดออกในช่วงของการเคลื่อนไหวที่กว้าง เช่น การกระโดดแยกขา แขน ขณะลอยอยู่ในอากาศ เป็นต้น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบไม่อยู่กับที่นี้เป็นที่นิยมในหมู่นักกีฬาอย่างมาก ในขณะที่เดียวกันผู้ฝึกสอนกีฬาจำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้ทางด้านการเคลื่อนไหวที่ดีพอสมควร (ศิริรัตน์, 2534) และในด้านการศึกษานั้นยังไม่มีข้อบ่งชี้ชัดเจน ดังที่ Unick *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษถึงการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑา เพศหญิง จำนวน 16 คน วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดของกล้ามเนื้อที่มีรูปแบบต่างกันมีผลต่อความสามารถในการกระโดด ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าแนวโน้มจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ส่งผลดีกว่าแต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างการยืดเหยียดทั้งสองรูปแบบว่ามีผลต่อความสามารถในการกระโดด

ดังจะเห็นได้จากการพยายามหาวิธีการคงไว้ซึ่งระดับแรงเชิงมุมหรือสมรรถภาพด้านความแข็งแรงนั้นย่อมส่งผลดี เนื่องจากทำให้ร่างกายสามารถแสดงทักษะการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในขณะที่ทำกิจกรรมทั่วไปหรือการฝึกซ้อมและตลอดช่วงการแข่งขันของนักกีฬา และวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั้นจำเป็นยิ่งในขั้นการเตรียมพร้อมร่างกายที่จะให้กล้ามเนื้อใช้งานและออกแรงหดตัวสูงสุด นอกเหนือจากความแข็งแรงที่เป็นผลโดยตรงกับกล้ามเนื้อ และการศึกษาผลจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อนักวิจัยส่วนใหญ่มุ่งศึกษาผลจากการฝึก (training or chronic effects) แต่การตรวจสอบประเมิน แรงสูงสุดที่เป็นผลมาจากระยะเฉียบพลัน (acute effects) ของการให้โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั้นมีความน่าสนใจ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาผลที่จะเกิดขึ้นกับการสร้างแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยเชื่อว่าผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อมีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อนำผลการวิจัยครั้งนี้ไปเป็นแนวทางทำให้เกิดความแข็งแรงสูงสุดระยะเฉียบพลัน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลระยะเฉียบพลันจากแบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

2. เพื่อหาความแตกต่างของแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าระยะเฉียบพลัน จากแบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ

สมมติฐาน

แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าระยะเฉียบพลันจากแบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ขอบเขตของการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

ตัวแปรอิสระ (independent variable) คือ โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แบ่งเป็น

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

ตัวแปรตาม (dependent variable) คือ แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขา

ข้อตกลงเบื้องต้น

กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีสุขภาพดีและไม่มีปัญหาการบาดเจ็บระบบกล้ามเนื้อ ก่อนการทดสอบการให้โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 วิธี ให้กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกาย 1 วัน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้พักผ่อนอย่างเต็มที่ ไม่ให้กล้ามเนื้อเกิดการล้า และงดการดื่มน้ำและรับประทานอาหารทุกชนิดในระหว่างที่กำลังทำการทดสอบ

นิยามศัพท์

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching, SS) เป็นวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ โดยที่กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามีการยืดยาวออกช้าๆ เมื่อถึงตำแหน่งสุดท้ายของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อให้ค้างไว้ 15 วินาที จำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) เวลารวม 45 วินาที

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching, DS) หมายถึง การยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าที่ไม่มีการหยุดอยู่กับที่ เป็นการปฏิบัติโดยใช้หลักการช้า ๆ กั้น เคลื่อนไหว เป็นจังหวะ โดยให้มีการกระแทกแล้วกระดอนกลับ จังหวะการเคลื่อนไหวเร็ว ใช้แรงมากกว่าการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ และทำในช่วงสั้น ๆ ใช้การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อต้นขา เพื่อเป็นแรงช่วยในการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว เป็นเวลา 15 วินาที จำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) เวลารวม 45 วินาที

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax (PNF-CR) หมายถึง การยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่เริ่มจากผู้ถูกทดสอบออกแรงยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเอง (active move) จนสุดช่วงการเคลื่อนไหว จากนั้นเมื่อผู้ช่วยปฏิบัติ ให้สัญญาณว่า “เกร็งกล้ามเนื้อ” ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงต้านในทิศทางตรงข้ามกับผู้ช่วยปฏิบัติเป็นเวลา 7 วินาทีผู้ช่วยปฏิบัติให้สัญญาณว่า “คลายกล้ามเนื้อ” จึงผ่อนคลายการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นเวลา 1 วินาที จากนั้นผู้ช่วยปฏิบัติจะออกแรงยืดกล้ามเนื้อเพิ่มไปยังตำแหน่งใหม่เมื่อกกล้ามเนื้อตึง ค้างไว้ 8 วินาที ซึ่งจะเป็นการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหวให้มากขึ้น โดยเทคนิคดังกล่าวใช้เวลารวม 15 วินาที จำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) เวลารวม 45 วินาที

แรงเชิงมุมสูงสุด (peak torque, PT) หมายถึง แรงที่เกิดขึ้นจากการหดตัวของกล้ามเนื้อขาของกล้ามเนื้อต้นขาที่มีอัตราความเร็วเชิงมุม (angular velocity) ในการเคลื่อนไหวคงที่ และการหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นตลอดช่วงการเคลื่อนไหว หน่วย นิวตันเมตร (Nm) หรือฟุต-ปอนด์ (Ft-lb)

ผลระยะเฉียบพลัน (acute effect) หมายถึง ผลของการทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ สิ้นสุดลงภายในช่วงเวลา 3 นาที

การตรวจเอกสาร

ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- ระบบกล้ามเนื้อ
- ความสัมพันธ์ของความยาวกับความตึงของกล้ามเนื้อ
- ไอโซคิเนติก
- การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
- ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

ระบบกล้ามเนื้อ

ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) ได้กล่าวว่า ระบบกล้ามเนื้อถือว่าเป็นระบบที่สำคัญที่สุดใน การออกกำลังกาย เพราะเป็นตัวจักรสำคัญที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวของร่างกาย อาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อหลายซึ่งในร่างกายมีทั้งหมด 792 มัด ถือได้ว่ากล้ามเนื้อหลายเป็นอวัยวะ ที่มีน้ำหนักมากที่สุดในร่างกาย คือ ประมาณ 40 % ของน้ำหนักตัว สอดคล้องกับ อภิลักษณ์ (2549) ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อมีความสำคัญต่อการทำให้เกิดแรงโดยวิธีการหดตัว (contraction) ส่งผลให้เกิด การเคลื่อนไหวของร่างกายหรืออวัยวะนั้นๆ ร่างกายของคนเราประกอบด้วยกล้ามเนื้อประมาณ 40 -50 % ของน้ำหนักตัว

ระบบกล้ามเนื้อเป็นระบบที่มีความสำคัญในการเล่นกีฬา และการออกกำลังกายเพราะ กล้ามเนื้อทำให้ร่างกายเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆ โดยการสั่งการของระบบประสาท ให้กล้ามเนื้อ หดตัวหรือเหยียดตัว (มงคล, 2541)

กล้ามเนื้อในร่างกายมนุษย์ Robert and Scott (1997) กล่าวว่าไว้ว่า สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle หรือ visceral muscle) กล้ามเนื้อชนิดนี้เป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบเป็นผนังของอวัยวะภายใน เช่น หลอดเลือด กล้ามเนื้อหลอดอาหาร เป็นต้น การทำงานจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติและฮอร์โมนต่างๆ การหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดนี้จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของสารที่อยู่ในอวัยวะนั้นๆ

2. กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่พบที่หัวใจเพียงแห่งเดียว มีลักษณะคล้ายกับกล้ามเนื้อลาย ควบคุมการทำงานโดยระบบประสาทอัตโนมัติ ซึ่งอยู่นอกเหนืออำนาจจิตใจ

3. กล้ามเนื้อลาย (striated muscle หรือ skeletal muscle) กล้ามเนื้อชนิดนี้ประกอบด้วยเส้นใย (Fibers) เป็นจำนวนมาก ทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหว กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่ยึดเกาะกับกระดูกเห็นอยู่ทั่วไปในร่างกายเป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ มีอยู่ทั้งหมด 792 มัด

โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย

กล้ามเนื้อลายประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กๆที่หดตัวได้ นับเป็นพันๆเส้น โดยมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันห่อหุ้มอยู่ส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ห่อหุ้มเส้นใยหรือเซลล์กล้ามเนื้อเรียกว่าเอนโดไมเซียม (endomysium) ชั้นถัดไปที่อยู่ติดกันคือเยื่อหุ้มเซลล์เรียกว่า ซาร์โคเลมมา (sarcolemma) ซึ่งไม่ได้เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ภายในเซลล์กล้ามเนื้อจะประกอบด้วยโปรโทพลาสซึม (protoplasm) ซึ่งเรียกเฉพาะว่า ซาร์โคพลาสซึม (sarcooplasm) กลุ่มเส้นใยกล้ามเนื้อจะอยู่รวมกัน แต่ละกลุ่มเรียกว่า ฟาสซิคูลี (fasciculi) หรือบันเดิล (bundle) โดยมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เรียกว่า เพอริไมเซียม (perimysium) ห่อหุ้มและโครงสร้างของมัดกล้ามเนื้อทั้งมัดจะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันปกคลุมอยู่อีกชั้นหนึ่งเรียกว่า เอพิไมเซียม (epimysium)

ในมัดกล้ามเนื้อจะประกอบด้วยมัดกล้ามเนื้อประสานกันเป็นร่างแหและจะรวมกันเป็นเอ็นกล้ามเนื้อ (tendon) ตรงปลายมัดเพื่อยึดเกาะกับกระดูก โดยที่กล้ามเนื้อลายไม่ได้ไปเกาะกับกระดูกโดยตรง นอกจากนี้ยังมีหลอดเลือดแดงและดำ เรียงขนานกับเส้นใยกล้ามเนื้อและแตกสาขาเป็นหลอดเลือดฝอยเจาะทะลุหรืออยู่รอบๆ เอนโดไมเซียม เพื่อนำอาหารและออกซิเจนให้เซลล์

กล้ามเนื้อและรับของเสียอื่นๆ รวมทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คืนสู่ระบบการไหลเวียนของเลือด ในคนทั่วไปจะมีหลอดเลือดฝอยประมาณ 3 ใน 4 ส่วนอยู่รอบๆ เส้นใยกล้ามเนื้อ แต่ในนักกีฬาอาจมีถึง 5 ใน 7 ส่วน

ในกล้ามเนื้อยังมีเส้นประสาทอยู่ทั้งชนิดประสาทสั่งการและประสาทรับรู้ ปกติเส้นใยประสาทจะจัดเรียงตัวตามแนวยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อคล้ายกับหลอดเลือดฝอย ประสาทสั่งการจะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหดตัว ซึ่งศูนย์บังคับอยู่ที่สมองและไขสันหลัง รอยต่อระหว่างเส้นใยประสาทแอกซอน (axon) กับเส้นใยของกล้ามเนื้อเรียกว่า มอเตอร์เอนเพลท (motor endplate) ในกล้ามเนื้อมัดหนึ่งๆ เส้นประสาทที่มาเชื่อมต่อจะเป็นประสาทสั่งการประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 40 เปอร์เซ็นต์จะเป็นประสาทรับรู้ (พิชิต, 2535)

โครงสร้างของเซลล์กล้ามเนื้อ

หากเรานำเซลล์กล้ามเนื้อมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เราจะสังเกตเห็นแถบตามขวางสลับกัน (cross striation) ซึ่งมีแถบสีจาง (light striation) และแถบสีทึบ (dark striation) ภายในซาร์โคเลมมาจะเป็นซาร์โคพลาสซึม ซึ่งประกอบด้วย นิวเคลียส ไมโทคอนเดรียและสารอื่นๆ เช่น ไมโอโกลบิน ไขมัน ฟอสโฟลิพิด เอทีพีและเส้นใยโปรตีนขนาดเล็กๆ อีกจำนวนมาก เรียกว่า ไมโอไฟบริล (myofibrils) อันเป็นหน่วยของการหดตัว (contractile unit)

ไมโอไฟบริล (myofibrils) เป็นเส้นใยโปรตีนที่อยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อ เป็นแถบสีจางสลับสีทึบจัดเรียงตัวตลอดแนวเส้นใย แถบสีจางเรียกว่าแถบไอ (I – bands) มีเส้นผ่ากลางเรียกว่าเส้นแซด (Z – line) ส่วนแถบสีทึบเรียกว่าแถบเอ (A – bands) มีแถบจางๆ ผ่ากลางเรียกว่าเขตเอช (H– zone) และที่เขตเอชยังมีเส้นผ่ากลางเรียกว่าเส้นเอ็ม (M – line)

ซาร์โคพลาสซึม เรติคูลัม และ ที – ทูบส์ (the sarcoplasmic reticulum and T-tubules) รอบๆ ไมโอไฟบริลจะมีหลอดและท่อเล็กๆ ประสานเป็นร่างแห ซึ่งเรียกว่า ซาร์โคพลาสซึมเรติคูลัม หลอดที่เรียงตัวขนานไมโอไฟบริลเรียกว่า แอล – ทูบส์ (L – tubules) ภายในบรรจุของเหลวบางชนิด นอกจากนี้ยังมีท่อเล็กๆ เรียงตัวตามขวางเส้นใยเรียกว่า ที-ทูบส์ (T-tubules) ซึ่งเชื่อมต่อกับซาร์โคพลาสซึมเรติคูลัม และซาร์โคเลมมา ท่อทั้งสองชนิดนี้อยู่สัมพันธ์กันเรียกว่า ชุดสาม (triad) ที่บริเวณชุดสามนี้ จะมีถุงเล็กๆ อยู่เรียกว่า แลเทอรัล แซก (lateral sac) ซึ่งภายในบรรจุแคลเซียมไอออน

(Ca⁺⁺) กระแสประสาทจะเดินทางไปตามที-ทิวบ์ (T- tubules) กระตุ้นให้แคลเซียมไอออนปลดปล่อยแคลเซียมไอออน ซึ่งจะมึบทบาทต่อการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ

สายโปรตีน (the protein filaments) ที่แถบไอและแถบเอ จะประกอบด้วยสายโปรตีนบาง (thin filament) เรียกว่า แอกติน (actin) มีประมาณ 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ และสายโปรตีนหนาเรียกว่า ไมโอซิน (myosin) มีประมาณ 50-55 เปอร์เซ็นต์ ในใยกล้ามเนื้อเล็กๆอันหนึ่ง จะมีแอกตินและไมโอซินประมาณ 500-2,500 อัน ความยาวของไมโอไฟบริลโดยวัดจากเส้นแรงแดงหนึ่งไปยังอีกเส้นแรงแดงถัดไปเรียกว่าซาร์โคเมียร์ (sarcomere) นอกจากนี้ยังมีสายโปรตีนอื่นๆ ที่สำคัญเช่น โทรโปนิน (troponin) โทรโปไมโอซิน (tropomyosin) ซึ่งมีประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ไมโอโกลบินก็เป็นโปรตีนที่พบในกล้ามเนื้อด้วย (Robert and Scott, 1997)

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

Foss and Keteyian (1998) กล่าวว่า ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ จำแนกได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. เส้นใยชนิดหดตัวช้า (type I)

เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็ก มีสีแดงเข้มเนื่องจากมีหลอดเลือดมาเลี้ยงจำนวนมาก มีปริมาณไมโทคอนเดรียจำนวนมากจึงมีความสามารถสูงในการเปลี่ยนพลังงานเคมีที่มีอยู่เซลล์กล้ามเนื้อให้กลายเป็นเอทีพีโดยอาศัยกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบใช้ออกซิเจน (aerobic metabolism) ซึ่งจะสามารถผลิตพลังงานได้จำนวนมากและเกิดของเสียจากกระบวนการน้อย จึงมีความสามารถในการทำงานได้ระยะเวลานาน แต่มีอัตราความเร็วในการสลายเอทีพีต่ำจึงทำให้หดตัวได้ช้า และด้วยขนาดที่เล็กกว่าและมีหลอดเลือดฝอยมาเลี้ยงมากจึงทำให้สามารถขนส่งออกซิเจน และสามารถเคลื่อนย้ายของเสียออกจากเส้นใยกล้ามเนื้อได้มาก จึงชะลอการเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

2. เส้นใยชนิดหดตัวเร็วเอ (type IIa)

เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่สามารถหดตัวได้อย่างรวดเร็วและยาวนาน เนื่องจากมีคุณลักษณะบางอย่างเหมือนเส้นใยชนิดหดตัวเร็ว เช่น มีหน่วยยนต์และเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่

มีสารฟอสเฟตและไกลโคเจนจำนวนมาก และมีคุณสมบัติบางอย่างเหมือนเส้นใยชนิดหดตัวช้า เช่น มีปริมาณไมโทคอนเดรียและหลอดเลือดแดงจำนวนมาก มีปริมาณไมโอโกลบินสูง มีเม็ดแดง มีความสามารถสูงในการผลิตเอทีพีโดยอาศัยกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบใช้ออกซิเจนและสามารถสลายเอทีพีอย่างรวดเร็ว จึงมีอัตราความเร็วในการหดตัวและทนทานต่อความเมื่อยล้า แต่พบได้น้อยในร่างกายมนุษย์

3. เส้นใยชนิดหดตัวเร็วบี (type IIb)

เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ สามารถหดตัวได้เร็วที่สุด มีหลอดเลือดมาเลี้ยงจำนวนน้อยจึงมีสีซีด และมีปริมาณไมโทคอนเดรียและไมโอโกลบินจำนวนน้อย แต่มีปริมาณไกลโคเจนสูง มีความสามารถในการผลิตเอทีพีโดยอาศัยกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism) มีความสามารถในการสลายเอทีพี จึงทำให้หดตัวได้อย่างรวดเร็วแต่สามารถผลิตพลังงานได้จำนวนน้อย จึงไม่สามารถผลิตเอทีพีได้อย่างเพียงพอที่จะทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้อย่างต่อเนื่อง และในการผลิตเอทีพีจะก่อให้เกิดของเสียจึงเกิดความเมื่อยล้าได้ง่าย

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ

การหดตัวคลายตัวของกล้ามเนื้อเป็นผลทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย การทำงานของกล้ามเนื้อจึงถือเป็นหัวใจสำคัญในการกำหนดระดับความสามารถในการเคลื่อนไหวของนักกีฬา อย่างไรก็ตาม การทำงานของกล้ามเนื้อให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ แต่ปัจจัยที่ถือว่ามีความสำคัญมากที่สุดคือ ปัจจัยทางด้านการกระตุ้นของระบบประสาท (neural stimulus) ความสามารถในการตอบสนองของกล้ามเนื้อ (muscle activation) ต่อสัญญาณประสาท และระดับพลังงานที่มีอยู่ (energy) ภายในกล้ามเนื้อ ทั้งนี้ระดับการตอบสนองของกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับระดับความแรงจากการกระตุ้นของระบบประสาทมากที่สุด (Fleck and Kraemer, 1997)

การส่งสัญญาณประสาทไปยังกล้ามเนื้อ

Wilmore and David (1994) กล่าวว่าไว้ว่า การทำงานของกล้ามเนื้อจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system, CNS) โดยสัญญาณประสาทจากสมองและไขสันหลัง

จะถูกส่งผ่านไปตามเซลล์ประสาท (neuron) ซึ่งโดยปกติกล้ามเนื้อภายในร่างกายจะมีเซลล์ประสาทมาควบคุม 2 ชนิด คือ

1. ประสาทรับความรู้สึก (sensory nerves)

เป็นประสาทที่รับและถ่ายทอดรายละเอียดเกี่ยวกับความรู้สึกเจ็บปวดและการเปลี่ยนตำแหน่งของร่างกายจากอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายส่งกลับไปยังระบบประสาทส่วนกลาง

2. ประสาทสั่งการ (motor nerves)

ประสาทสั่งการจะรับสัญญาณประสาทจากระบบประสาทส่วนกลางไปสิ้นสุดที่เส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัวและคลายตัว

การทำงานของกล้ามเนื้อ

สำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อ ดังที่ Fleck and Kraemer (1997) กล่าวไว้ว่า จะมีการแบ่งหน้าที่การทำงานอย่างชัดเจน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ คือ

1. กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ (agonist) เคลื่อนไหวข้อต่อ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ร่างกาย
2. กลุ่มกล้ามเนื้อมัดตรงข้าม (antagonist) กับกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เคลื่อนไหวข้อต่อ โดยมีการผ่อนคลายและยอมให้มีการเคลื่อนไหว แต่จะทำหน้าที่เคลื่อนไหวข้อต่อในทิศทางตรงข้ามกับกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่
3. กลุ่มกล้ามเนื้อที่อยู่รอบ ๆ ข้อต่อ (stabilizers) ซึ่งทำหน้าที่หดตัวยึดและประคองอวัยวะส่วนนั้นไม่ให้เคลื่อนที่ เพื่อที่จะทำให้กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ออกแรงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ช่วยเหลือ (synergist) การทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ แต่ไม่ใช่กลุ่มกล้ามเนื้อที่เริ่มตอบสนองต่อการทำงานเป็นกลุ่มแรก

กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อลายในร่างกาย จะทำงานได้ต้องได้รับคำสั่งจากสมอง โดยสมองจะส่งกระแสประสาทเป็นทอดๆ จนกระทั่งเข้าสู่มัดกล้ามเนื้อ กระแสประสาทเป็นปฏิกิริยาทางไฟฟ้า ซึ่งเกิดขึ้นที่ปลายแอกซอนจะมีการจับสารเคมีออกมาคือ อะซิติลโคลีน (acetylcholine) ก่อให้เกิดประจุไฟฟ้า โดยผ่านจุดประสานระหว่างประสาทและกล้ามเนื้อ จะเกิดดีโพลาไรเซชัน (depolarization) เกิดที่เยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ แอล - ทูบส์ ซึ่งประสานเป็นร่างแหอยู่นั้น เมื่อถูกกระแสประสาทกระตุ้น จะปล่อยแคลเซียมไอออนในซาร์โคพลาสมิซึม และจะทำปฏิกิริยากับไมโอซินทันทีเป็น activated myosin



สำหรับ Activated myosin มีคุณสมบัติเป็นเอนไซม์คือ ATPase จะไปสลายเอทีพีให้ปล่อยพลังงานออกมา



การหดตัวของกล้ามเนื้อ เกิดจากโปรตีนแอกตินและไมโอซินเลื่อนเข้าหากัน ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ยอมรับกันในปัจจุบัน คือ ทฤษฎีเลื่อนเข้าหากันของเส้นใย (sliding filament theory) (ภาควิชาสรีรวิทยา, 2536)

ชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ

การหดตัวของกล้ามเนื้อ Fleck and Kraemer (1997) กล่าวว่าไว้ว่า สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (ไอโซโทนิก) และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (ไอโซเมทริก) ซึ่งการหดตัวในแต่ละชนิดสามารถสร้างแรงได้แตกต่างกัน

1. การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิก (isotonic contraction)

การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิกยังสามารถแบ่งออกเป็นการหดตัวแบบคอน

เซน ทริก (concentric) และการหดตัวแบบเอนเซนทริก (eccentric) เนื่องจากการพัฒนาแรงของกล้ามเนื้อมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าแรงต้านทาน

1.1 การหดตัวแบบคอนเซนทริก เป็นการหดตัวสั้นเข้าของกล้ามเนื้อและเกิดขึ้นเมื่อมีการหดตัวสร้างแรง (force) อย่างเพียงพอในการกระทำต่อแรงต้านทาน เป็นการหดตัวชนิดที่กล้ามเนื้อมีการพัฒนาแรงขึ้นมากกว่าแรงต้านทาน

1.2 การหดตัวแบบเอกเซนทริก เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะที่กล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกภายใต้ความตึง เช่น การค่อย ๆ วางน้ำหนักลงสู่พื้น กล้ามเนื้อจะมีความตึงลดลงทีละน้อยเนื่องจากน้ำหนักหรือแรงต้านทานมากกว่าแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ไม่ถึงกับกล้ามเนื้อไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ เป็นการหดตัวที่มีการสร้างแรงขึ้นน้อยกว่าแรงต้านทาน แต่การหดตัวแบบเอกเซนทริกนี้จะสามารถสร้างแรงได้มากกว่าการหดตัวแบบไอโซเมทริกและการหดตัวแบบคอนเซนทริก ตามลำดับ

2. การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมทริก (isometric contraction)

การหดตัวของกล้ามเนื้อลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อมีการพัฒนาความตึงขึ้นแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมุมข้อต่อหรือความยาวของกล้ามเนื้อหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการหดเกร็งอยู่กับที่ เป็นการหดตัวที่มีการสร้างแรงขึ้นเท่ากับแรงต้านทาน

ในการเคลื่อนไหวของร่างกาย การหดตัวของกล้ามเนื้ออาจจะมีเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดร่วมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันการพัฒนาของเครื่องมือการออกกำลังกายได้แสดงให้เห็นการหดตัวทำงานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันออกไป คือ การทำงานแบบไอโซคินติก

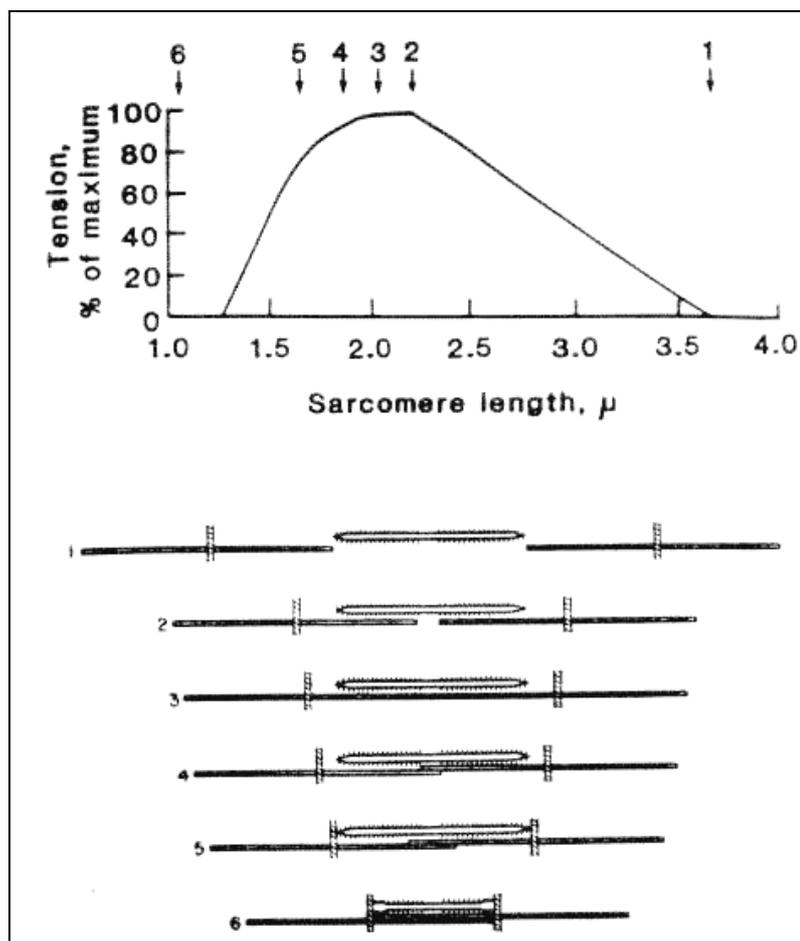
3. การทำงานแบบไอโซคินติก (isokinetic)

ผู้เชี่ยวชาญบางท่านกล่าวว่าไม่จัดเป็นชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ เนื่องจากเป็นการใช้เทคนิคที่พิเศษหรือมีความแตกต่างจากชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ ไอโซคินติกเป็นชนิดของการออกกำลังกายแบบที่มีการเคลื่อนที่ปกติที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้าหรือแบบ

ยืดยาวออกที่ซึ่งความเร็วในการเคลื่อนไหวคงที่ และการหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นตลอดช่วงการเคลื่อนไหว (Range of motion) ซึ่งอาจพบได้บ้างในกีฬาบางประเภท เช่น กีฬาพายเรือและกีฬาว่ายน้ำ กล้ามเนื้อมีการหดตัวออกแรงต้านกับน้ำซึ่งการหดตัวเกือบมีความเร็วคงที่ตลอดการเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตาม การทำงานของกล้ามเนื้อดังกล่าวยังจัดเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซลิตอนิก การทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซลิตอนิกสามารถเกิดขึ้นได้จากเครื่องออกกำลังกายคินคอม (Kincom) ไซเบ็กซ์ (Cybex) ไบโอดี็กซ์ (Biodex) และลิดอ (Lido) เป็นต้น

ความสัมพันธ์ของความยาวกับความตึงของกล้ามเนื้อ

Bompa and Cormacchia (1998) กล่าวว่า ความตึงของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการหดตัว ทั้งในกรณีการหดตัวครั้งเดียวหรือหดตัวเกร็งขึ้นอยู่กับความยาวตอนต้น (initial muscle length) ของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อที่ตัดออกจากร่างกายเมื่อไม่ได้ถูกกระตุ้นจะมีความตึงเป็นศูนย์ เรียกว่า เป็นความยาวสมดุล (equilibrium length) เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดออก เนื้อเยื่อที่ยึดอยู่ในกล้ามเนื้อนั้นจะถูกยืดออกไปด้วย จึงทำให้ความตึงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ตามปกติกล้ามเนื้อที่อยู่ในร่างกาย เอ็นของกล้ามเนื้อยึดติดกับกระดูก จึงทำให้กล้ามเนื้อยืดเล็กน้อยอยู่ตลอดเวลา ความยาวช่วงนี้เรียกว่า ความยาวช่วงพัก (resting Length) ความตึงของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อถูกยืดออกจนเมื่อความยาวของกล้ามเนื้อเพิ่มถึง 200% ของความยาวสมดุล กล้ามเนื้อจะหมดความสามารถในการมีความตึงจากการยืดอีกต่อไป (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) ซึ่งการหดตัวของกล้ามเนื้อนั้นจะเกิดขึ้นจากแอกตินและไมโอซินจับกัน และไมโอซินจะดึงให้แอกตินทั้งสองข้างในแต่ละซาร์โคเมียร์ (sarcomere) เคลื่อนเข้าหากัน ความยาวของกล้ามเนื้อ จะดูได้จากความยาวของแต่ละซาร์โคเมียร์ในไมโอไฟบริลเป็นที่เชื่อกันว่าความตึงของกล้ามเนื้อจะมีมากที่สุดก็ต่อเมื่อแอกตินทั้งสองข้างมาชนกันพอดี และถ้าแอกตินเกยกัน (overlap) หรือห่างกันมากเกินไป ความแข็งแรงและความตึงของกล้ามเนื้อก็จะลดน้อยลงไปตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและความตึงกล้ามเนื้อ

ที่มา: Gordon *et al.* (1966)

ความตึงของกล้ามเนื้อ

ความตึงของกล้ามเนื้อ Bompa and Cormacchia (1998) กล่าวว่า เกิดจากหลายปัจจัย ดังนี้

1. ความถี่ของการกระตุ้นใยกล้ามเนื้อ เมื่อใยกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นซ้ำๆ กัน จะเกิดการรวมกัน ถ้าความถี่มากจะทำให้เกิดการหดตัวค้าง ดังนั้น จึงทำให้ความตึงเพิ่มมากขึ้น
2. จำนวนใยกล้ามเนื้อที่หดตัว จำนวนใยกล้ามเนื้อที่ถูกเลี้ยงโดยเซลล์ประสาทชนิดหนึ่งตัวนั้นแปรผันได้มาก กล้ามเนื้อที่ต้องการความแม่นยำในการทำงาน จะถูกเลี้ยงโดยหน่วยยนต์ขนาดเล็ก

เล็กซึ่งหมายถึงมีจำนวนใยกล้ามเนื้อน้อยการหดตัวเร็ว ในทางกลับกันกล้ามเนื้อที่มีหน่วยยนต์ใหญ่มีหน้าที่สำหรับช่วยรักษาท่าทางของร่างกาย จึงทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงอยู่เป็นเวลานาน

3. องค์ประกอบของใยกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อประกอบด้วย 2 ส่วน คือ contractile elements ซึ่งหมายถึงเป็นส่วนของ thin และ thick myofilament ความตึงที่เกิดจากองค์ประกอบนี้จึงเรียกว่าเป็น active tension องค์ประกอบอีกอย่างหนึ่งคือ elastic element ซึ่งมีคุณสมบัติที่ยืดได้ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่หุ้มกล้ามเนื้อ รวมทั้งเอ็นของกล้ามเนื้อด้วย ความตึงที่เกิดจากองค์ประกอบชนิดนี้เรียกว่า passive Tension ความตึงดังกล่าวไม่ขึ้นอยู่กับการหดตัวของกล้ามเนื้อ แต่ขึ้นอยู่กับความมากน้อยที่กล้ามเนื้อถูกยืด

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

หน่วยยนต์

หน่วยยนต์ (motor unit) เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดที่ระบบการเคลื่อนไหวจะทำงานได้ โดยหน่วยยนต์หน่วยหนึ่งประกอบด้วย ประสาทยนต์ (Motor nerve) 1 ใย พร้อมทั้งจำนวนใยกล้ามเนื้อที่ประสาทยนต์นี้ไปเลี้ยง ขนาดของหน่วยยนต์แปรผันไปได้ตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อและงานที่กล้ามเนื้อต้องทำ กล้ามเนื้อที่ต้องทำงานละเอียด เช่น กล้ามเนื้อลูกนัยน์ตา หน่วยยนต์ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 4-5 ใย แต่ถ้าเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ที่ไม่ได้ทำงานละเอียด เช่น กล้ามเนื้อ gastrocnemius หน่วยยนต์ 1 หน่วย จะประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 1,000 - 2,000 ใย (Bompa, 1996)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

Wilmore and David (1994) กล่าวว่าไว้ว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการออกแรง เนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. จำนวนของหน่วยยนต์ที่ถูกกระตุ้น
2. ชนิดของหน่วยยนต์ที่ถูกกระตุ้น
3. ขนาดของกล้ามเนื้อ
4. ความยาวเริ่มต้นของกล้ามเนื้อ
5. ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อที่หดตัวเพียงครั้งเดียวโดยไม่จำกัดเวลา (วุฒิพงษ์, 2536) นอกจากนี้ ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่า ความแข็งแรงเป็นความสามารถของร่างกายหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายที่จะทำงาน ซึ่งความแข็งแรงของร่างกายเกิดจากการรวมของปัจจัย 3 อย่าง ดังต่อไปนี้เข้าด้วยกัน คือ

1. แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อกลุ่มที่ต้องการให้ทำงาน (agonists) ซึ่งหมายถึงผลรวมของแรงหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ละมัด
2. ความสามารถของกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้าม (antagonists) ในการทำหน้าที่ประสานกับกล้ามเนื้อกลุ่มที่ทำงาน (agonist)
3. อัตราส่วนทางแมคคานิกส์ของการจัดระบบคาน (กระดูก) ที่เกี่ยวข้อง

ศิริรัตน์ (2536) ได้รายงานไว้ว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นพื้นฐานของการมีสุขภาพดีและเป็นพื้นฐานของการพัฒนา มีส่วนในการป้องกันและลดการบาดเจ็บของร่างกาย คนที่มีความแข็งแรงย่อมสามารถประกอบกิจกรรมต่างๆ ได้ดีในกีฬาบางอย่าง ความแข็งแรงถือว่าเป็นตัวการสำคัญ และมักจะเป็นพื้นฐานในการที่จะทำให้เล่นกีฬาได้อย่างดีเยี่ยม โดยทั่วๆ ไปแล้วการที่กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวเป็นผลให้เกิดงานขึ้น นั่นคือ การเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ สอดคล้องกับ

เจริญ (2538) กล่าวว่า การกำหนดปริมาณความหนักในการฝึกให้กับนักกีฬาแต่ละบุคคล ตลอดจนการเพิ่มความหนักในแต่ละระดับของการฝึก ควรคำนึงถึงสภาพความแข็งแรงและความพร้อมของนักกีฬาเป็นสำคัญ ขนาดความเหมาะที่ เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อ ควรอยู่ในระดับที่กล้ามเนื้อต้องออกแรงได้เต็มที่ หรือเต็มที่ในการฝึกแต่ละครั้ง จึงก่อให้เกิดประโยชน์ในการเสริมสร้างความแข็งแรง และกำลังให้กับกล้ามเนื้อได้มากที่สุด จากคำกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าการที่จะสามารถเพิ่มความแข็งแรงนั้นกล้ามเนื้อต้องมีการออกแรง หรือมีการหดตัวที่พอเหมาะนั่นเอง

ความแข็งแรงสูงสุด

กีฬาเกือบทุกประเภทล้วนต้องการความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ดังที่ สนธยา (2547) กล่าวว่า กีฬาแต่ละประเภทต้องการความแข็งแรงมากน้อยแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะธรรมชาติของการแข่งขัน เช่น นักกีฬายกน้ำหนักจะต้องการความแข็งแรงสูงสุด นักกีฬากระโดดสูงต้องการพลัง นักกีฬาเรือแคนู เรือพายต้องการความแข็งแรงอดทน ตรงกันข้าม สำหรับความสมบูรณ์ทางกายที่นักกีฬาป้องกันจะพิจารณาเป็นอันดับสุดท้ายก็คือความแข็งแรงสูงสุด

ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ ดังที่ Bompa (1996) กล่าวว่า จะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. เส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter) หรือพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ (cross Section) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยไมโอซิน (myosin filaments)
2. ความสามารถในการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว
3. ความสามารถในการประสานสัมพันธ์ (synchronize) กันอย่างมีประสิทธิภาพของกลุ่มกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน

ความแข็งแรงในทางสรีรวิทยา

ความแข็งแรงในทางสรีรวิทยา สนธยา (2547) ได้ให้นิยามถึงความแข็งแรงว่าเป็นความ

สามารถของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (neuromuscular) ที่เอาชนะแรงต้านภายนอกและแรงต้านภายใน ความแข็งแรงสูงสุดที่นักกีฬาสามารถแสดงออก จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหว (เช่น คาน และกลุ่มกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง) และจำนวนการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง ขณะเดียวกันความแข็งแรงสูงสุดยังขึ้นอยู่กับความแรงของกระแสประสาทที่มากระตุ้นขึ้นอยู่กับจำนวนหน่วยยนต์ที่ถูกระดมมาใช้งานและความถี่ในการกระตุ้น ซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามความหนักของการออกกำลังกาย

Bompa and Cormacchia (1998) กล่าวว่า รัดับความแข็งแรงจะเป็นผลของปัจจัย 3 ประการดังต่อไปนี้

1. ความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มกล้ามเนื้อ (intermuscular coordination) หรือความสัมพันธ์ของกลุ่มกล้ามเนื้อต่าง ๆ ขณะปฏิบัติการเคลื่อนไหว
2. ความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อภายในกล้ามเนื้อ (intramuscular coordination) การได้รับแรงของนักกีฬาจะขึ้นอยู่กับหน่วยยนต์ประสาทกล้ามเนื้อ (neuromuscular unit)
3. แรงที่กล้ามเนื้อตอบสนองต่อการกระตุ้นของกระแสประสาท (nerve impulse) กล้ามเนื้อจะตอบสนองต่อการกระตุ้นของการฝึกซ้อมเพียงประมาณ 30 % ของความสามารถของกล้ามเนื้อทั้งหมด

แรงตามหลักกลศาสตร์

แรงเป็นปริมาณทางฟิสิกส์ที่ทำให้วัตถุหรือร่างกายมีความเร็ว หน่วยของแรงโดยทั่วไปเรียกว่า นิวตัน แรงประกอบด้วย ขนาด และทิศทาง จึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เช่น น้ำหนัก ความเร็ว และความเร่ง แต่ถ้าวัดมีขนาดอย่างเดียว เป็นปริมาณสเกลาร์ เช่น มวล อุณหภูมิ ความยาว เวลา (ศิริรัตน์, 2544) หากแรงเคลื่อนที่เป็นเชิงเส้นตรงจะเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ซึ่งแรง (force) จะเท่ากับมวล (mass) คูณด้วยอัตราเร่ง (accelerate)

สมการของแรงจะได้ว่า

$$\text{แรง} = [\text{มวล}] [\text{อัตราเร่ง}]$$

ดังนั้นการเพิ่มความแข็งแรงอาจกระทำได้โดยการเพิ่มองค์ประกอบองค์ประกอบใด องค์ประกอบหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง การพัฒนาความแข็งแรงตามหลักกลศาสตร์ ใช้สมการต่อไปนี้

$$\text{แรง}_{\text{สูงสุด}} = [\text{มวล}_{\text{สูงสุด}}] [\text{อัตราเร่ง}] \dots (1)$$

$$\text{แรง}_{\text{สูงสุด}} = [\text{มวล}] [\text{อัตราเร่ง}_{\text{สูงสุด}}] \dots (2)$$

ในสมการที่หนึ่งแรงสูงสุด (maximal force) จะพัฒนาได้โดยการใช้มวลหรือความหนักสูงสุด (maximal mass) ส่วนในสมการที่สองแรงสูงสุดจะเป็นผลโดยการใช้การเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุด (maximal speed) (Bompa and Cormacchia, 1998)

หากการเคลื่อนที่เชิงมุมหรือการบิดหมุนแรงที่เกิดขึ้นนั้นเรียกว่า ทอร์ก ดังที่ ศิริรัตน์ (2544) กล่าวไว้ว่า ทอร์ก หมายถึง ผลของแรงที่กระทำในแนวตั้งฉากกับแกนของวัตถุและระยะทางจากจุดหมุนมาตามแกนที่ตั้งฉากกับแรงที่กระทำดังสมการ ดังต่อไปนี้

$$\text{ทอร์ก} = [\text{แรง (F)}] [\text{แขนของแรงที่ตั้งฉาก (d)}]$$

แรงที่มีขนาดเท่ากัน กระทำในทิศทางตรงกันข้ามกันไปตามเส้นทางการเดินทางของแรง ค่าของแรงจะเท่ากับศูนย์หรือไม่มีการเคลื่อนที่หรือสมดุล อย่างไรก็ตามแรงทั้งสองนี้เป็นสาเหตุให้วัตถุหมุนรอบแกน

ขนาดของ ทอร์ก เป็นผลคูณของแรงและแขนของแรง (lever arm) ถ้าแรงที่กระทำมีหน่วยเป็น นิวตันและแขนของแรงมีหน่วย เมตร ทอร์ก หน่วย นิวตันเมตร (Nm) หรือฟุต-ปอนด์ (Ft-lb)

แขนของแรง หมายถึง ระยะตั้งฉากจากเส้นทางการเดินทางของแรงมายังจุดศูนย์กลางการหมุน

ความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อ

ความอดทนหรือความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อ (strength endurance) เกิดขึ้นจากการผสมผสานกันระหว่างความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อเป็นสมรรถภาพที่มีความสำคัญต่อนักกีฬา หรือต่อร่างกายในการปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่มีความหนักสูงตลอดช่วงเวลาที่ยาวนาน และสิ่งสำคัญของความสามารถในการที่จะรักษาระดับความแข็งแรงให้อยู่ตลอดช่วงเวลากการเคลื่อนไหวร่างกายนั้น จำเป็นต้องมีความสามารถด้านความอดทนที่จะใช้ความแข็งแรงหรือพลังในการทำงานให้ได้อย่างยาวนาน (สนธยา, 2547)

ไอโซไคนติก

ความหมายของไอโซไคนติก

Bompa and Cornacchia (1998) กล่าวว่า ไอโซไคนติกมาจากภาษากรีก คือ “isos” ซึ่งมีความหมายว่า เท่ากัน (equal) และ “kinetics” ซึ่งมีความหมายว่า เคลื่อนไหว (motion)

Foss and Keteyian (1998); Heyward (1991) ให้นิยามการหดตัวแบบไอโซไคนติกว่าเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยแรงที่สูงสุดที่ความเร็วคงที่ของทุกมุมของข้อต่อของช่วงการเคลื่อนไหว

Maud and Foster (1995) รายงานว่าการทดสอบสมรรถภาพความแข็งแรงโดยใช้ไดนาโมมิเตอร์ซึ่งรักษาคานที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่เรียกว่า ไอโซไคนติก

ความหมายของค่าต่างๆที่แสดงออกมาจากเครื่องไอโซไคนติก

เครื่องมือวัดระบบไอโซไคนติกเป็นเครื่องมือวัดความสามารถของแรงพยายามของกล้ามเนื้อที่กระทำ ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปแบบของกราฟและสัญญาณที่ส่งออกมาจากไดนาโมมิเตอร์ (dynamometer) ในขณะที่พยายามตลอดการเคลื่อนที่ (range of motion)

Perrin (1993) กล่าวว่ากล้ามเนื้อสามารถทำได้เฉพาะการหดตัวหรือคลายตัวเมื่อกล้ามเนื้อ

เมื่อถูกกระตุ้นให้หดตัว มันเป็นผลสู่แรง (force) ถ้าแรงนี้ถูกวัดรอบแกนหมุนของข้อต่อ ผลของแรงที่เกิดขึ้นนั้นคือโมเมนต์ของแรงเรียกว่า ทอร์ก (torque) ซึ่งไอโซไคเนติกจะวัดแรงดึงที่เป็นผลโดยกล้ามเนื้อจากแกนหมุนของไดนาโมมิเตอร์

ถ้าทอร์กเกิดขึ้นตลอดช่วงการเคลื่อนที่ ค่าที่วัดได้จะแสดงออกมาเป็นได้ทั้งสองค่าคือ ค่าสูงสุด (peak) หรือค่าเฉลี่ย (average)

ค่าสูงสุด (peak) จะแสดงที่จุด ณ กล้ามเนื้อออกแรงสูงสุด หรือ ทอร์กสูงสุด ซึ่งมักจะปรากฏออกมาขณะที่อยู่ในช่วงกลางของการเคลื่อนที่ในรอบนั้น (mid range of motion)

ค่าเฉลี่ย (average) จะคำนวณจากความดึงตัวของกล้ามเนื้อตลอดช่วงการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ย ดังนั้นในการใช้ค่าเฉลี่ยจึงมักกระทำ เมื่อต้องการผลลัพธ์ก่อน (pretest) และหลังจากทำการทดสอบ (posttest) หรือ ความต้องการเพื่อเปรียบเทียบกล้ามเนื้อสองกลุ่ม

ในปัจจุบันจะเห็นว่าความสัมพันธ์ของค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของทอร์ก และแรงที่กระทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นค่าที่มาตรฐาน เชื่อถือได้ (Perrin, 1993)

การทดสอบความแข็งแรง โดยใช้เครื่อง ไอโซไคเนติกมีข้อมูลที่บันทึกและเป็นที่ยอมรับได้ว่ามีค่าความเชื่อถือสูง Maud and Foster (1995) กล่าวว่าเครื่อง ไอโซไคเนติก ไดนาโมมิเตอร์บางเครื่องมีค่าความเชื่อมั่นสูงถึง .99 เมื่อวัดวันต่อวัน

Deones *et al.* (1994) ทำการศึกษาเรื่องการประเมินสมรรถภาพกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า โดยใช้ hand – held dynamometer และ isokinetic dynamometer พบว่าในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 21 คน ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือทั้งสองในช่วง .57 - .80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดสอบไอโซไคเนติกกับนักกีฬา

มีหลักฐานในอดีตกล่าวว่าความแข็งแรงที่สัมพันธ์กับนักกีฬาซึ่งต้องการทั้งความแข็งแรงที่สมบูรณ์และความแข็งแรงที่สัมพันธ์กัน มันจึงมีจำนวนของเกณฑ์สำคัญซึ่งตั้งอยู่บนยุทธวิธีการประเมินความแข็งแรงที่มีเหตุผลเพื่ออธิบายสำหรับ (Wrigley, 2000)

1. ความสัมพันธ์กับสมรรถภาพของนักกีฬา
2. ความสามารถที่จะแยกแยะระหว่างนักกีฬาที่มีระดับต่างกัน
3. ความไวที่จะปรับให้เข้ากับการฝึก
4. การหามาได้ของข้อมูลมาตรฐานสำหรับการเปรียบเทียบ
5. ความเชื่อถือของแบบการทดสอบ
6. การวิเคราะห์ชีวกลศาสตร์ขององค์ประกอบสมรรถภาพที่สำคัญ

หลักการทดสอบแบบไอโซโคเนติก

เนื่องมาจากรูปแบบการทำงานแบบไอโซโคเนติกเป็นรูปแบบที่แปลกใหม่ จึงมีความจำเป็น ที่จะต้องให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้เข้าใจถึงวิธีการและสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือเพื่อให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำและความเที่ยงตรงสูง การอธิบายให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้ทราบถึงการกำหนดความเร็วของเครื่องมือ และความต้านทานที่เครื่องมือกำหนดออกมาจะเกิดจากการที่ผู้เข้ารับการทดสอบได้พยายามออกแรงกระทำให้ร่างกายส่วนที่ทดสอบเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่กำหนดไว้หรือมากกว่าความเร็วที่กำหนดไว้ การบอกหรือการกระตุ้นให้ออกแรงดันหรือดึงให้มากที่สุด และเร็วที่สุดเท่าที่สามารถกระทำได้ และเนื่องจากเครื่องมือในระบบไอโซโคเนติกสามารถทำการทดสอบได้ทั้งกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น และแบบเหยียดออก จึงจำเป็นจะต้องบอกให้ผู้เข้ารับการทดสอบให้เข้าใจว่า เมื่อทำการทดสอบกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออกนั้น ผู้เข้าทดสอบจะต้องออกแรงต้านการเคลื่อนที่ของคานที่ต่อมาจากตัวหน่วงแรง (Perrin, 1993)

ก่อนที่จะทำการทดสอบ ควรให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้มีการอบอุ่นร่างกาย และทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือ โดยทั่วไปการให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้ทำความคุ้นเคย 6 ครั้ง โดยออกแรงต่ำกว่าระดับสูงสุดใน 3 ครั้งแรก และออกแรงสูงสุดใน 3 ครั้งหลัง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงกับค่าทอร์ค ค่าของงาน และค่ากำลังของกล้ามเนื้อ

การจัดตำแหน่งของร่างกาย และการยืดตรงร่างกายของผู้เข้ารับการทดสอบ เพื่อแยกกลุ่มกล้ามเนื้อที่ต้องการโดยตรง แยกออกจากกล้ามเนื้อที่มีส่วนช่วยในการทำงานให้มากที่สุด เช่น การรัดเข็มขัดที่หน้าอกและเอวเมื่อทดสอบกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายและต้องให้ผู้เข้ารับการทดสอบใช้แขนทั้งสองข้างกอดอก เป็นต้น (Perrin, 1993)

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ดังที่ Alter (1998) ได้กล่าวถึงเทคนิคไว้ 4 วิธี ดังนี้ คือ

1. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งค้างไว้ (static stretching) การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งค้างไว้ในแต่ละท่าการบริหารนั้น เมื่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อหรือการยืดเหยียดกล้ามเนื้อไปถึงตำแหน่งที่ต้องการ โดยหยุดนิ่งค้างไว้ 15-20 วินาทีซึ่งควรปฏิบัติการเล่นไหวอย่างช้าๆ ไม่กระตุกหรือกระชาก

2. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (dynamic stretching) การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว เป็นการปฏิบัติที่จะช่วยเพิ่มระยะหรือมุมการเคลื่อนไหวมากขึ้น ซึ่งความรุนแรงที่เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อมีมากกว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่ง ในการปฏิบัติหากจะให้เกิดผลดีควรปฏิบัติภายหลังจากที่ได้มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งแล้ว

3. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อโดยใช้ผู้ช่วย (passive partner stretching) เป็นการปฏิบัติโดยใช้ผู้ช่วยในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อให้ (partner) การยืดเหยียดกล้ามเนื้อโดยใช้แรงจากผู้อื่นเป็นผู้กระทำนี้ สามารถช่วยเพิ่มระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่ออย่างได้ผลดีที่สุด

4. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ PNF (proprioceptive neuromuscular facilitation) เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ได้รับการพัฒนามาจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อโดยใช้ผู้อื่นช่วยกระทำ โดยผู้ที่ทำหน้าที่ในการยืดเหยียดจะต้องเป็นผู้ที่มีทักษะและความเข้าใจเทคนิคในการยืดเป็นอย่างดี

ขณะที่ Bob (1990) กล่าวว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อจะมีเทคนิคพื้นฐานอยู่ 5 ประเภท คือ

1. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching) เป็นวิธีการยืดกล้ามเนื้ออย่างช้า

โดยที่กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการหดตัวออกแรงทำงานหดตัวในขณะที่กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้ามผ่อนคลายและถูกยืดออก เมื่อถึงในตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนไหวให้หยุดค้างไว้ในตำแหน่งนั้น 10-30 วินาที จึงกลับสู่ท่าเดิมหรือท่าเริ่มต้นควรผ่อนคลายกล้ามเนื้อประมาณ 5 วินาที จึงเริ่มปฏิบัติในครั้งต่อไป

2. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อจากแรงภายใน (active stretching) การยืดเหยียดกล้ามเนื้อลักษณะนี้สามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีหลักๆ คือ การยืดเหยียดอย่างอิสระ (free active) และการยืดเหยียดโดยมีการใช้แรงต้าน (resistive) การยืดเหยียดอย่างอิสระจะเกิดขึ้นเมื่อกำลังกล้ามเนื้อมีการเคลื่อนไหวโดยปราศจากแรงต้านจากภายนอก ขณะที่การยืดเหยียดแบบมีการใช้แรงต้าน นักก็จะใช้การหดตัวของกล้ามเนื้อออกแรงต้านกับแรงที่มากระทำ

3. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอก (passive stretching) เป็นเทคนิคที่ก่อให้เกิดการผ่อนคลายและช่วยให้ยืดเหยียดกล้ามเนื้อได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหวจากแรงภายนอกที่มากระทำ เช่น ด้วยมือหรือเครื่อง การยืดเหยียดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอกจะถูกนำมาใช้เมื่อความยืดหยุ่นตัวของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันถูกจำกัดการเคลื่อนไหวโดยกล้ามเนื้อมัดตรงข้าม (antagonist) และสำหรับกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ภายใต้สภาพการฟื้นฟูสภาพ

4. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยเคลื่อนไหว (ballistic stretching) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความตึงของร่างกายหรือแขนขาจากความพยายามของแรงโดยการปฏิบัติโดยการทำซ้ำๆ กัน โดยให้ส่วนของร่างกายที่เคลื่อนไหวได้ยืดออกในช่วงของการเคลื่อนไหวที่กว้าง เช่น การกระโดดแยกขา แขน ขณะลอยอยู่ในอากาศ เป็นต้น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบนี้ไม่อยู่กับที่นี้เป็นที่นิยมในหมู่นักกีฬาคนมาก ในขณะที่เดียวกันผู้ฝึกสอนกีฬาจำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้ทางการเคลื่อนไหวที่ดีพอสมควร

5. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (proprioceptive neuromuscular facilitation หรือเรียกอีกอย่างว่า PNF method) เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อโดยอาศัยแรงจากผู้อื่น และเป็นวิธีการที่ใช้กับผู้ป่วยที่ต้องการฟื้นฟูและผู้ฝึกการในการเคลื่อนไหว ผู้ช่วยปฏิบัติต้องมีความรู้พื้นฐานในการทำงานของระบบประสาท และกล้ามเนื้อเป็นอย่างดี เช่น นักกายภาพบำบัด หรือแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านนี้ โดยเฉพาะการยืดเหยียดกล้ามเนื้อมีวิธีการที่แตกต่างอย่างหลากหลาย ดังที่กล่าวมาข้างต้น

ประโยชน์ของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

1. กล้ามเนื้อเกิดการคลายตัว เนื่องจากความตึงตัวลดลง
2. เพิ่มช่วงกว้างในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อและข้อต่อ
3. ช่วยให้มีการประสานงานกันระหว่างกล้ามเนื้อและระบบประสาทดีขึ้น กล้ามเนื้อหดตัวได้เร็วและราบเรียบ ทำให้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างสะดวกและคล่องตัวขึ้น
4. ช่วยให้การไหลเวียนเลือดสะดวกขึ้น
5. เพิ่มการกระตุ้นปลายประสาทบริเวณข้อต่อต่าง ๆ ที่คอยบอกช่วง และทิศทางที่ข้อต่อเคลื่อนไหว โดยเฉพาะปลายประสาทที่พันอยู่รอบๆ ไยกล้ามเนื้อ (muscle spindle) และปลายประสาทที่อยู่บริเวณเอ็นที่ยึดระหว่างกล้ามเนื้อและกระดูก (golgi tendon organ) ซึ่งจะมีผลในการเปลี่ยนแปลงความยาวและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้ประสาทสามารถควบคุมช่วงกว้างในการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้นจากการยืดเหยียดมากเกินไปของกล้ามเนื้อ (ศิริรัตน์, 2536)

ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

การยืดเหยียดของเส้นใยกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นที่ซาร์โคเมอร์ ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังที่ Bompas and Cormacchia (1998) กล่าวว่าไว้ว่า เมื่อซาร์โคเมอร์หดตัวทำให้เกิดการซ้อนกันระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหนา (thick) และชนิดบาง (thin) จะเพิ่มขึ้น ตรงกันข้ามเมื่อมีการยืดเหยียด การซ้อนกันของซาร์โคเมอร์ ในกล้ามเนื้อจะลดลง เพื่อยอมให้เส้นใยกล้ามเนื้อยืดยาวออกไป และหากการซ้อนกันของซาร์โคเมอร์มีระยะการยืดยาวออกในช่วงเหมาะสม (optimal length) หรือมีความยาวเท่ากับความยาวขณะพัก (resting length) กล้ามเนื้อจะมีแรงหดตัวได้ดีที่สุด แต่ถ้าความยาวกล้ามเนื้อสั้นไปกว่านี้จะหดตัวได้แรงน้อย และเมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดออกไปอีกก็จะหดตัวได้ไม่ดี ถ้ายืดเกิน 30% ของความยาวปกติจะหดกลับเข้าที่เดิมไม่ได้ แต่หากการยืดยาวออกมีมากเกินไปเกิน 50% จะฉีกขาดเพราะเกินขีดจำกัดของความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดออก เนื้อเยื่อที่ยึดอยู่ในกล้ามเนื้อนั้นจะถูกยืดออกไปด้วย จึงทำให้ความตึงของ

กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ตามปกติกล้ามเนื้อที่อยู่ในร่างกาย เ็นของกล้ามเนื้อยึดติดกับกระดูก จึงทำให้กล้ามเนื้อยึดเล็กน้อยอยู่ตลอดเวลา ความยาวช่วงนี้เรียกว่า ความยาวช่วงพัก ความตึงของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อถูกยืดออกจนเมื่อความยาวของกล้ามเนื้อเพิ่มถึง 200% ของความยาวสมดุล กล้ามเนื้อจะหมดความสามารถในการมีความตึงจากการยืดอีกต่อไป

ผลการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในรูปแบบใดก็ตามสามารถแบ่งออกเป็นผลระยะสั้นหรือเฉียบพลัน (short term or acute effects) และผลระยะยาว (long term or chronic effects) โดยส่วนใหญ่พบในรูปแบบของการฝึก 4 สัปดาห์ 8 สัปดาห์หรือมากกว่า และ มักถูกนำมาใช้ในช่วงของการเตรียมความพร้อมร่างกายก่อนทำการฝึกซ้อมหรือการแข่งขัน อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อขณะเตรียมร่างกายนั้น บางครั้งนักกีฬาที่ไม่ได้คำนึงถึงช่วงความเหมาะสมของความหนัก ระยะเวลา (duration) จำนวนครั้ง (repetition) หรือแม้กระทั่งรูปแบบใด วิธีการใด ควรจะนำมาใช้กับการยืดเหยียดมัดกล้ามเนื้อใด จึงทำให้นักกีฬาส่วนใหญ่ที่เตรียมความพร้อมร่างกายที่ไม่ถูกวิธีต้องเกิดการสูญเสียความแข็งแรงหรือแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อไปโดยที่นักกีฬาเองไม่รู้จึงทำให้มีนักวิจัยหลายคนพยายามสืบค้น ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีผลต่อความแข็งแรงในกล้ามเนื้อ ดังที่ Zakas *et al.* (2005) กล่าวว่า ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ส่งผลให้ช่วงการเคลื่อนไหว (ROM) เพิ่มขึ้นและผลระยะเฉียบพลันการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ อาจส่งผลทำให้ความแข็งแรง (muscle strength) และกำลัง (power) ในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ถูกยืดลดลงได้ 5 -30% (Cramer *et al.*, 2004 Cornwell *et al.* 2001) สอดคล้องกับ Power *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ใช้ช่วงเวลาการยืดนาน (long duration) คือ ยืด 6 ครั้ง ๆ ละ 45 วินาทีเวลารวม 270 วินาที พบว่า แรงหดตัวไอโซเมตริกกล้ามเนื้อสูงสุด (maximal isometric force) ของต้นขาด้านหน้าลดลง 9.5% แต่ไม่พบว่ามีผลต่อความสามารถในการกระโดด (jumping performance) ดังนั้นจึงพบว่านักวิจัยหลายคนที่น่าสนใจศึกษาผลของรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันที่มีต่อแรงการหดตัวกล้ามเนื้อสูงสุดในที่นี้เป็น คือ แรงเชิงมุมสูงสุด ดังนั้นแบ่งตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อดังต่อไปนี้

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เป็นการปฏิบัติโดยใช้หลักการท่าแบบเบา ๆ ยืดกล้ามเนื้ออย่างช้า ๆ และให้ยืดจนถึงช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนไหว จนไม่สามารถเคลื่อนไหว

ต่อไปได้อีก หรือยืดจนถึงจุดที่มีอาการตึงของกล้ามเนื้อ และค้างไว้ในท่านั้น ๆ ประมาณ 10-30 วินาที จึงกลับสู่ท่าเดิมแล้วผ่อนคลายกล้ามเนื้อ แล้วจึงปฏิบัติในครั้งต่อไปหลาย ๆ ครั้งวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่นี้ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะสามารถทำได้ง่ายปลอดภัย ไม่จำกัดสถานที่ สามารถทำได้ด้วยตนเอง

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

Anonymous (2004) ได้ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ที่มีต่อความแข็งแรงกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดขา (Leg extensor) วิธีการ คือ ยืดเหยียด จำนวน 4 ครั้ง ๆ ละ 30 วินาที ทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุด โดยเครื่องไอโซคิเนติกที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 240 องศาต่อวินาที ผลการวิจัยพบว่า ค่าแรงเชิงมุมสูงสุดลดลงที่ระดับความเร็วเชิงมุมดังกล่าว การลดลงดังกล่าวนี้ยังไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่ผ่านมาในเร็วนี้มีข้อแนะนำว่า อาจมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของกล้ามเนื้อ (mechanical properties) หรืออาจเป็นเพราะการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งเป็นตัวสนับสนุนทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง

Zakas *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ด้วยระยะเวลาแตกต่างกัน ในนักกีฬาฟุตบอลที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดขา (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 0.01 ถึง 0.001 ดังนั้นผู้วิจัยแนะนำว่าการยืดเหยียดหนึ่งครั้ง (single stretch) ใช้เวลา 30 วินาที ไม่ทำให้แรงเชิงมุมสูงสุดมีการเปลี่ยนแปลง (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 องศาต่อวินาที ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่าเวลาการยืดเหยียดรวม 60 วินาที ไม่ทำให้แรงเชิงมุมสูงสุดเปลี่ยนแปลง ขณะที่ใช้เวลารวม 8 นาที พบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.001 ดังนั้นผู้วิจัยแนะนำว่าผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดอยู่กับที่ในช่วงเวลาที่สั้น (short duration) เป็นการเตรียมความพร้อมของร่างกายที่ดีสำหรับนักฟุตบอล เนื่องจากไม่ทำให้สูญเสียแรงเชิงมุมสูงสุดไป เมื่อเทียบกับการยืดเหยียดหลายครั้ง (multiple stretches) ที่ใช้ช่วงเวลานาน (long duration) ถึง 8 นาที

จากการค้นพบของนักวิจัยถึงการยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ผลระยะเฉียบพลัน (acute static stretching) ทำให้ค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อนักกีฬาตกลง เมื่อใช้ช่วงเวลากการยืดเหยียดนาน (long duration) และมีจำนวนหลายครั้ง (multiple stretches) เช่น จำนวนครั้งการยืดเหยียด 10 - 32 ครั้ง โดยใช้เวลารวม มากกว่า 60 วินาที ขึ้นไป แต่การยืดเหยียดโดยใช้ช่วงเวลาที่สั้น (short duration) เช่น 15-60 วินาที หรือจำนวนการยืดเพียงหนึ่งครั้ง (single stretch) จะไม่ทำให้สูญเสียความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไป ดังนั้นการที่นักกีฬาหรือโค้ชจะนำวิธีการ การยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่มีผลระยะเฉียบพลัน ไปประยุกต์ใช้กับการเตรียมพร้อมร่างกายก่อนฝึกซ้อมหรือการแข่งขันนั้นควรคำนึงถึงช่วงเวลา (duration) และจำนวนครั้ง (repetition) ของการปฏิบัติ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพต่อความสามารถด้านความแข็งแรงกล้ามเนื้อของนักกีฬาในโอกาสต่อไป

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่หรือ ballistic stretching เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ไม่มีการหยุดอยู่กับที่ เป็นการปฏิบัติโดยใช้หลักการซ้ำ ๆ กัน เคลื่อนไหวเป็นจังหวะ โดยให้มีการกระแทกแล้วกระดอนกลับ จังหวะการเคลื่อนไหวเร็ว ใช้แรงมากกว่าการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ และทำในช่วงสั้น ๆ ใช้การเคลื่อนไหวของลำตัวหรือแขนขา เพื่อเป็นแรงช่วยในการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว เช่น การกระโดดแยกขาการเหวี่ยงแขน เป็นต้น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่นี้ เป็นที่นิยมกันพอสมควรแต่มีข้อจำกัด คือ ผู้ปฏิบัติจะต้องมีพื้นฐานการเคลื่อนไหวที่ดี เพราะ

การปฏิบัติซ้ำ ๆ กันหลายครั้งอาจทำให้กล้ามเนื้อยึดมากเกินไป ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บได้ ดังนั้น ควรจะปฏิบัติหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ เพื่อให้ร่างกายได้รับการกระตุ้นเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อและข้อต่อก่อน เป็นการป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้ (เจริญ, 2538)

Papadopoulos *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ ที่มีต่อความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซคิเนติก (maximal isokinetic strength) ของกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข้าและงอเข้า (knee extensor and flexor) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักพลศึกษา จำนวน 32 คน อายุ 19-22 ปี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีรูปแบบที่ต่างกันต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขา ดังกล่าว โดยเครื่องไอโซคิเนติกที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 180 องศาต่อวินาที ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า ค่าแรงเชิงมุมของกล้ามเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 เมื่อมีการเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ งานวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่มีแนวโน้มว่าค่าแรงเชิงมุมสูงสุดในกล้ามเนื้อ มีการลดลงขณะที่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ไม่พบว่าส่งผลต่อค่าแรงเชิงมุมสูงสุด

Unick *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาถึงผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑาเพศหญิง จำนวน 16 คน วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลแบบเฉียบพลันของการยืดเหยียดของกล้ามเนื้อที่มีรูปแบบต่างกันมีผลต่อความสามารถในการกระโดด ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถด้านความแข็งแรง (strength performance) ของกล้ามเนื้อ และผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าแนวโน้มจากแบบเคลื่อนที่ ส่งผลดีกว่า ถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการยืดเหยียดทั้งสองรูปแบบว่ามีผลต่อความสามารถในการกระโดด

จะเห็นได้ว่าการยืดเหยียดแบบเคลื่อนที่ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับนักกีฬามากทีเดียว เนื่องจากนักกีฬาสามารถที่จะปฏิบัติด้วยตนเอง สามารถทำได้ง่ายและไม่สลับซับซ้อน (สนธยา, 2547) จากรายงานข้างต้นพบว่าวิธีการดังกล่าวนี้ไม่ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการสูญเสียความแข็งแรงและการแสดงความสามารถทางการกีฬา (performance) ลดลง แต่อย่างไรก็ตามการยืดเหยียดแบบเคลื่อนที่ อาจจะทำให้กล้ามเนื้อยึดมากเกินไป ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บได้

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ

ยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อเป็นเทคนิคที่มีการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาท โดยกระตุ้นผ่านทางระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อ สามารถเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว นิยมใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาของระบบประสาทที่มาควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อผิดปกติ ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดยนักกายภาพบำบัดหรือแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ในการกีฬามากขึ้น

นิตา (2549) ได้ศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท ที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง ความอ่อนตัว และความแข็งแรง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาแบดมินตันและนักเทนนิส เพศชาย อายุ 12-16 ปี จำนวน 44 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบง่าย (simple random sampling) และจัดเข้ากลุ่ม 4 กลุ่ม โดยกลุ่มควบคุมฝึก SS และแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่มแต่ละกลุ่มฝึกการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิคที่ต่างกัน ได้แก่ hold-relax (HR) contract-relax (CR) และ slow-reversal-hold-relax (SRHR) ตามลำดับ ทำการฝึก 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังจากการฝึก 8 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง ความอ่อนตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในกลุ่มทดลองที่ 1 (HR) มีค่าสูงที่สุด

Ferber (2002) ได้ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อในการงอเข่า โดยศึกษาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เปรียบเทียบกับยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax และ agonist contract-relax ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและช่วงการเคลื่อนไหว พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาททั้งสองส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการทำงานและช่วงการเคลื่อนไหวมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

จากการศึกษาวิจัยส่วนใหญ่ของผลระยะเฉียบพลัน (acute effects) ของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อพบว่าค่าแรงเชิงมุมสูงสุดหรือความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง จากการยืดเหยียดแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงตั้งแต่ 4.5-28 % โดยใช้เวลาในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อโดยรวม ตั้งแต่ 120-3600 วินาที ซึ่งการยืดเหยียดที่ใช้เวลานาน (total long duration)

อาจจะเป็นสาเหตุของการลดลงของค่าแรงเชิงมุมสูงสุดดังกล่าว (Rubini *et al.* 2007) สอดคล้องกับ Zakas *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ พบว่า ที่เวลายืดเหยียดรวม 60 วินาที (4 x 15) ไม่ทำให้ค่าแรงเชิงมุมลดลง ขณะที่ใช้เวลา 8 นาที (32 x 15) มีการลดลงของค่าแรงเชิงมุมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.001 และมีข้อเสนอแนะว่า การเตรียมความพร้อมร่างกายส่งผลดีต่อกกล้ามเนื้อสำหรับการใช้ช่วงเวลาดสั้นๆ (short duration) เมื่อเปรียบเทียบกับ การยืดเหยียดที่ใช้เวลานาน (long duration) และสอดคล้องกับ Mello and Gomes (2005) ทำการศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS และ PNF ที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา พบว่าการใช้ช่วงเวลาดสั้นในการยืดเหยียด (short-duration) ที่ 15 และ 30 วินาที ไม่ส่งผลต่อแรงเชิงมุมสูงสุดหรือความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อมีรูปแบบและวิธีการที่แตกต่างกัน ไปอย่างหลากหลาย ดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งในแต่ละวิธีมีข้อได้เปรียบเสียเปรียบแตกต่างกัน สามารถสรุปได้ว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching) เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมาก และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อโดยใช้ช่วงเวลาดสั้น (short duration) เช่น 15 - 60 วินาที หรือเพียงหนึ่งครั้ง (single stretch) ซึ่งถือว่าเป็นช่วงเวลาที่มีความเหมาะสมซึ่งไม่ทำให้กล้ามเนื้อสูญเสียความแข็งแรงในการหดตัวไป เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ช่วงเวลาดการยืดเหยียดนาน (long duration) และมีจำนวนหลายครั้ง (multiple stretches) เช่น จำนวนครั้งของการยืดเหยียด 10 - 32 ครั้ง โดยใช้เวลารวม มากกว่า 60 วินาทีขึ้นไป ส่วนการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (ballistic stretching) เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีลักษณะของการกระดอนกลับ (bouncing) และไม่มี การหยุดนิ่งในจังหวะสุดท้ายของการเคลื่อนไหวจึงอาจเสี่ยงต่อการบาดเจ็บกล้ามเนื้อได้ แต่วิธีการนี้มีความสอดคล้องกับประเภทการเคลื่อนไหวและการแสดงทักษะทางกีฬา มากกว่าวิธีอื่น ดังจะเห็นจากงานวิจัยดังกล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อในลักษณะนี้ไม่ส่งผลเสียต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscle strength) และความสามารถในการแสดงทักษะทางกีฬา เช่น การกระโดด เป็นต้น ขณะที่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อในด้านสมรรถภาพความแข็งแรง และช่วงการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น

ดังนั้นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ จึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการออกกำลังกายและเล่นกีฬาเป็นความสามารถในการเพิ่มหรือรักษาความแข็งแรงและมุมในการเคลื่อนไหวให้ได้มากที่สุด ด้วยการเหยียดออกและการคลายตัวของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ข้อต่อเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงของการเคลื่อนไหว เป็นการเตรียมความพร้อมของร่างกาย เป็นการป้องกันอาการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้น

ระหว่างการออกกำลังกายทั้งยังช่วยในการฟื้นตัวของร่างกายจากภาวะเครียดในการทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายอีกวิธีหนึ่งด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั้น มีหลายเทคนิค ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ จะเห็นได้ว่า ประโยชน์ของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั้น หากนำไปใช้อย่างเหมาะสมกับนักกีฬา ในการยืดกล้ามเนื้อและข้อต่อ จะช่วยเพิ่มมุมในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ เช่น ข้อเข่า ส่งผลให้นักกีฬาสามารถออกแรงได้อย่างเต็มที่ กล้ามเนื้อและข้อต่อมีความยืดหยุ่นตัวดี ทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพสูงขึ้น นอกจากนั้นยังช่วยป้องกันการบาดเจ็บหรือการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ ที่อาจจะเกิดขึ้นในขณะที่นักกีฬาฝึกซ้อมหรือแข่งขัน ส่งผลให้นักกีฬามีความพร้อมทั้งในขณะทำการฝึกซ้อมหรือแข่งขันได้อย่างสูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าโดยเครื่องไอโซคิเนติก (isokinetic) ยี่ห้อ ไบโอดีกซ์ (biodex) รุ่น system 3
2. ไบบันทึกลงผลการทดลอง
3. โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า เป็นโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบโปรแกรม แบ่งเป็น
 - 3.1 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching, SS)
 - 3.2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching, DS)
 - 3.3 การยืดเหยียดแบบกระตุ้นระบบประสาท ด้วยเทคนิค contract-relax (PNF-CR)

วิธีการ

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตพลศึกษา เพศชาย จำนวน 60 คน ที่มีอายุระหว่าง 18 - 21 ปี ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนิสิตพลศึกษา เพศชาย จำนวน 30 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จากกลุ่มประชากร

ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนดำเนินการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ใบบันทึกผลการทดลอง และเอกสารอธิบายรายละเอียดของโครงการวิจัยเพื่อแสดงต่อกลุ่มตัวอย่าง
2. ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการฝึก รวมถึงความเสี่ยงและประโยชน์ต่างๆ ที่กลุ่มตัวอย่างอาจได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย
3. เมื่อกลุ่มตัวอย่างรับทราบรายละเอียดและยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย จึงให้กลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองลงนามยินยอม
4. กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย (warm up) โดยการปั่นจักรยาน (cycle ergo meter) เป็นเวลา 5 นาที ความหนักที่ 60% HRR
5. จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับการทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขา (ทดสอบขาข้างขวา) แบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหว ที่ระดับความเร็วเชิงมุม ที่ระดับ 60 และ 120 องศาต่อวินาที จำนวน 3 และ 6 ครั้งตามลำดับ จากนั้นให้หยุดพัก 2 วัน
6. กลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ซึ่งก่อนการยืดเหยียด กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะต้องทำการจับฉลากเพื่อสุ่มหาวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจาก ทั้ง 3 แบบ คือ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบหุ่นระบบประสาทกล้ามเนื้อ ด้วยเทคนิค contract-relax และหลังจากนั้นให้ปฏิบัติตาม ข้อที่ 4 และเข้ารับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพียงหนึ่งแบบ / คน / วัน จากการจับฉลากได้ โดยทั้ง 3 แบบ ใช้เวลา 15 วินาที และจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) ใช้เวลารวม 45 วินาที และหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในแต่ละแบบให้หยุดพัก 2 วัน
7. ทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่างหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในแต่ละแบบสิ้นสุดลงเป็นเวลา 3 นาที ใช้การยืดเหยียดและการทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อด้วยขาขวา

8. การพัก (rest) ของกลุ่มตัวอย่างใช้เวลาหยุดพัก 2 วัน หลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในแต่ละวิธี เพื่อให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว (recovery) ภายหลังจากทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุด

วิธีการทดลอง

1. การวัดค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า กลุ่มตัวอย่างเข้าทดสอบค่าขณะที่ไม่มีการยืดเหยียด และภายหลังจากยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 วิธี โดยผู้ทดสอบทำการเซทอุปกรณ์จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบเข้าประจำที่นิ่งและติดตั้งอุปกรณ์ให้เรียบร้อยจากนั้นใส่ข้อมูลของผู้ถูกทดสอบ โดยตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม (angular velocities) ที่ระดับ 60 และ 120 องศาต่อวินาที จำนวน 3 ครั้ง และ 6 ครั้งตามลำดับ จากนั้นตั้งค่าตำแหน่งของขาและทำการชั่งน้ำหนักขา โดยให้ผู้ทดสอบลองเคลื่อนไหว จากนั้นเริ่มการทดสอบและบันทึกผลการทดสอบ แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์

2. โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

2.1 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching, SS) เป็นวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า โดยที่กล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกช้าๆ เมื่อถึงตำแหน่งสุดท้ายของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อให้ค้างไว้ 15 วินาที และจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) เวลารวม 45 วินาที

2.2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching, DS) เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าที่ไม่มีการหยุดอยู่กับที่ เป็นการปฏิบัติโดยใช้หลักการซ้ำ ๆ กัน เคลื่อนไหวเป็นจังหวะ โดยให้มีการกระแทกแล้วกระดอนกลับ จังหวะการเคลื่อนไหวเร็ว ใช้แรงมากกว่าการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ และทำในช่วงสั้น ๆ ใช้การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อต้นขา เพื่อเป็นแรงช่วยในการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว เป็นเวลา 15 วินาที และจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) เวลารวม 45 วินาที

2.3 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax (PNF-CR) หมายถึง การยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่เริ่มจากผู้ถูกทดสอบออกแรงยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเอง (active move) จนสุดช่วงการเคลื่อนไหว จากนั้นเมื่อผู้ช่วยปฏิบัติ ให้สัญญาณว่า “เกร็งกล้ามเนื้อ” ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงต้านในทิศทางตรงข้ามกับผู้ช่วยปฏิบัติเป็นเวลา 7 วินาที

ผู้ช่วยปฏิบัติให้สัญญาณว่า “คลายกล้ามเนื้อ” จึงผ่อนคลายการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นเวลา 1 วินาที จากนั้นผู้ช่วยปฏิบัติจะออกแรงยืดกล้ามเนื้อเพิ่มไปยังตำแหน่งใหม่เมื่อกำลังยืดค้างไว้ 8 วินาที ซึ่งจะเป็นการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหวให้มากขึ้น โดยเทคนิคดังกล่าวใช้เวลารวม 15 วินาที และจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) เวลา รวม 45 วินาที

การใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปจากคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการทดลองวัดซ้ำแบบมิติเดียว (one way analysis of variance with repeated measures) ของค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ
3. ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการทดลองวัดซ้ำแบบมิติเดียว หากพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ Tukey
4. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัยครั้งนี้ คือ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เริ่มตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ – เดือนมีนาคม 2551 เวลา 16.00 - 19.00 น.

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางทำให้นักกีฬาเกิดความแข็งแรงสูงสุดระยะเฉียบพลัน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่อไป
2. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจในการศึกษาค้นคว้าวิจัยและทดลองเกี่ยวกับการผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อแรงเชิงมุมสูงสุดและสมรรถภาพทางกายด้านอื่นๆ ของกล้ามเนื้อต่อไป

แหล่งทุนสนับสนุน

แหล่งทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ คือ ทุนตัวเอง

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตพลศึกษา เพศชาย ของคณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่มีอายุ ระหว่าง 18-21 ปี เพศชาย จำนวน 30 คน บันทึกลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยา ทดสอบแรง เจริญสูงสุดที่ความเร็วเจริญ 60 และ 120 องศาต่อวินาที ตามลำดับ ด้วยเครื่องไอโซคิเนติก Biodex system 3 กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบคนละ 4 ครั้ง คือ จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ ได้แก่ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลแรงเจริญสูงสุดของกล้ามเนื้อ ผลการวิจัยจะนำเสนอ เป็น 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยา แรงเจริญสูงสุดที่ความเร็วเจริญ 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR ของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานแรง เจริญสูงสุดที่ความเร็วเจริญ 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่ม ตัวอย่าง จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR และอัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละของแรงเจริญสูงสุด

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยา แรง
เชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ ของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยา
ของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยา	กลุ่มตัวอย่าง(n=30)
Age (year)	20.00 ± 0.14
Height (cm)	172.60 ± 0.01
Body mass (kg)	64.03 ± 0.91
BMI (kg.m ⁻²)	21.51 ± 0.34
% Body fat	16.23 ± 0.48
RHR (beat.min ⁻¹)	66.13 ± 0.69
60 % HRR(beat.min ⁻¹)	146.45 ± 0.77
Systolic Blood Pressure (mmHg)	113.67 ± 1.49
Diastolic Blood Pressure (mmHg)	75.00 ± 0.94

หมายเหตุ แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm S.E.$)

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพ
และสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง ที่ประกอบด้วย อายุ 20.00 ± 0.73 ปี ส่วนสูง 172.60 ± 0.01 cm
น้ำหนักตัว 64.03 ± 0.91 kg อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก 66.13 ± 0.69 beat.min⁻¹ ดัชนีมวลกาย
21.51 ± 0.34 kg.m⁻² เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย 16.23 ± 0.48 และ ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการ
เต้นหัวใจสำรอง 146.45 ± 0.77 beat.min⁻¹ และความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว 113.67 ± 1.49
mmHg ขณะหัวใจคลายตัว 75.00 ± 0.94 mmHg จากข้อมูลลักษณะทางกายภาพ และสรีรวิทยาของ
กลุ่มตัวอย่างนั้นมีความใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว เชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	แรงเชิงมุมสูงสุด (Nm)
Non Stretching (NS)	196.97 ± 5.99
Static Stretching (SS)	209.93 ± 5.76
Dynamic Stretching (DS)	225.17 ± 5.19
PNF Contract-Relax (PNF-CR)	213.15 ± 5.26

หมายเหตุ แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm S.E.$)

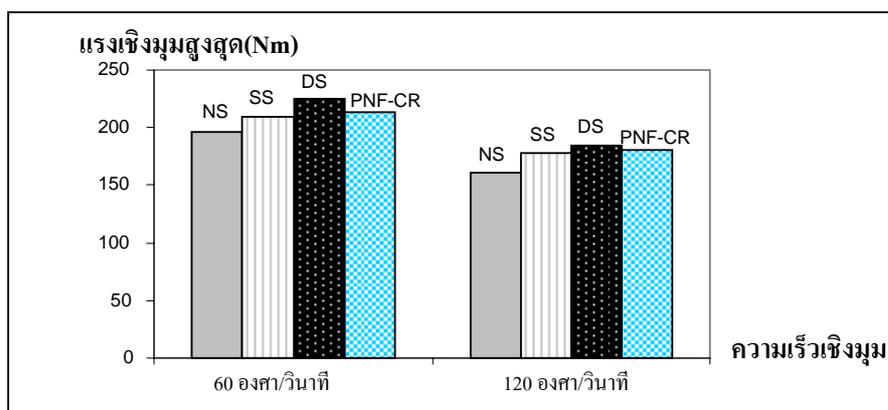
จากตารางที่ 2 พบว่า การทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว เชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า การยืดเหยียดแบบ DS มีค่าแรงเชิงมุมสูงสุดมากที่สุด รองลงมาเป็นแบบ PNF-CR จากนั้นเป็นแบบ SS และแบบ NS มีค่าแรงเชิงมุมสูงสูดน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อเรียงลำดับจากค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 225.17 ± 5.19 Nm, 213.15 ± 5.26 Nm, 209.93 ± 5.76 Nm และ 196.97 ± 5.99 Nm ตามลำดับ (รูปภาพที่ 2)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว เชิงมุม 120 องศาต่อวินาที จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	แรงเชิงมุมสูงสุด (Nm)
Non Stretching (NS)	160.40 ± 5.99
Static Stretching (SS)	177.73 ± 4.58
Dynamic Stretching (DS)	185.20 ± 4.87
PNF Contract-Relax (PNF-CR)	180.58 ± 5.29

หมายเหตุ แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm S.E.$)

จากตารางที่ 3 พบว่า การทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS มีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นแบบ PNF-CR ถัดไปแบบ SS และแบบ NS มีค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดเรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุด เท่ากับ $185.20 \pm 4.87 \text{ Nm}$, $180.58 \pm 5.29 \text{ Nm}$, $177.73 \pm 4.58 \text{ Nm}$ และ $160.40 \pm 5.99 \text{ Nm}$ ตามลำดับ (รูปภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของแรงเชิงมุมสูงสุด ที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อ จากแบบไม่มีการยืดเหยียด และภายหลังการยืดเหยียดทั้ง 3 แบบ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ และอัตราเปลี่ยนแปลง (%) แรงเชิงมุมสูงสุด

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำมิติเดียวของค่าเฉลี่ยของแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	94036.34	29	3242.63		
ภายในสมาชิก	25706.89	90	285.63		
ระหว่างแบบการยืดเหยียด	12096.48	3	4032.16	25.77	.000*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และแบบการยืดเหยียด	13610.40	87	156.441		
รวม	119743.23	119			

* $p < 0.05$ ($F_{4,87} = 2.53$)

จากตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ พบว่า การทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า แรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อจากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS แบบ DS และแบบ PNF-CR มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงว่า การทดสอบหาค่าแรงเชิงมุมสูงสุดจะมีวิธีการแบบใดแบบหนึ่ง ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างจากวิธีการแบบอื่นๆ

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศา ต่อวินาที ของกล้ามเนื้อ จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ

(หน่วย : นิวตันเมตร)

แบบการยืดเหยียด	\bar{X}	แบบ NS	แบบ SS	แบบ DS	แบบ PNF-CR
แบบ NS	196.97	-	-12.97*	-28.20*	-16.18*
แบบ SS	209.93		-	-15.24*	-3.22*
แบบ DS	225.17			-	12.02*
แบบ PNF-CR	213.15				-

หมายเหตุ เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบว่า การทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อที่วัดได้จากแบบ NS แตกต่างจากภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS แตกต่างจากแบบ DS และแบบ PNF-CR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดแบบ DS มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากที่สุด และระหว่างการยืดเหยียดแบบ SS กับแบบ PNF-CR พบว่า แบบ PNF-CR มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดมากกว่า แบบ SS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และพบว่า ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR มีค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า แบบ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำมิติเดียวของค่าเฉลี่ยของแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	71202.91	29	2455.27		
ภายในสมาชิก	28578.31	90	317.53		
ระหว่างแบบการยืดเหยียด	10558.44	3	3519.48	25.77	.000*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และแบบการยืดเหยียด	18019.86	87	207.12		
รวม	99781.22	119			

* $p < 0.05$ ($F_{4,87} = 2.53$)

จากตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ พบว่า การทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า แรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อจากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดแบบ SS แบบ DS และแบบ PNF-CR มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงว่า การทดสอบหาค่าแรงเชิงมุมสูงสุดจะมีวิธีการแบบใดแบบหนึ่ง ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างจากวิธีการแบบอื่นๆ

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อ จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียด ทั้ง 3 แบบ

(หน่วย : นิวตันเมตร)

แบบการยืดเหยียด	\bar{x}	แบบ NS	แบบ SS	แบบ DS	แบบ PNF-CR
แบบ NS	160.40	-	-17.33*	-24.80*	-20.18*
แบบ SS	177.73		-	-7.47*	-2.48
แบบ DS	185.20			-	4.63*
แบบ PNF-CR	180.58				-

หมายเหตุ เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

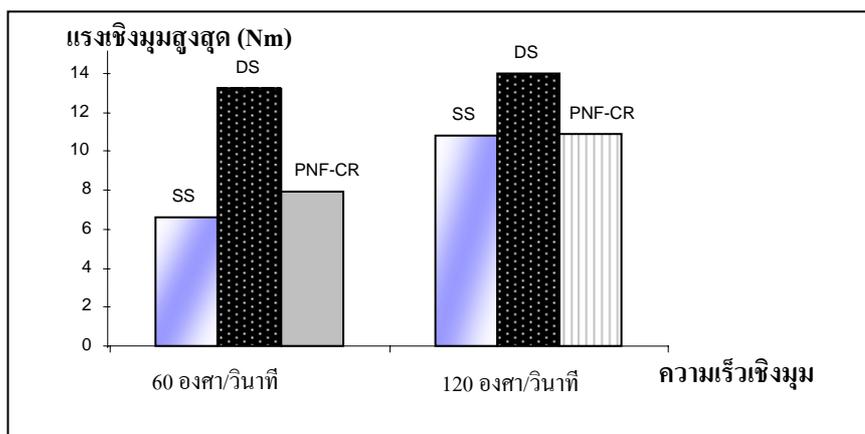
จากตารางที่ 7 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบว่า การทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อที่วัดได้จากแบบ NS แตกต่างจากภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS แตกต่างจากแบบ DS และแบบ PNF-CR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดแบบ DS มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากที่สุด และระหว่างการยืดเหยียดแบบ SS กับแบบ PNF-CR พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และพบว่า ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR มีค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า แบบ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ตารางที่ 8 อัตราการเปลี่ยนแปลง (%) ของค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุด ที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ภายหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ เปรียบเทียบกับ แบบ NS

(หน่วย: ร้อยละ)

Stretching Protocol	PT at 60 °/s	PT at 120 °/s
Non Stretching (NS)	-	-
Static Stretching (SS)	6.58	10.80
Dynamic Stretching (DS)	13.19	13.95
PNF Contract-Relax (PNF-CR)	7.90	10.90

จากตารางที่ 8 ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลง (%) ค่าแรงเชิงมุมที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ภายหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ เปรียบเทียบกับแบบ NS พบว่า ค่าแรงเชิงมุมสูงสุด ที่ความเร็วเชิงมุม 60 °/s มีการเปลี่ยนแปลงร้อยละจากการยืดเหยียดแบบ DS มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 13.19 รองลงมาเป็นแบบ PNF-CR เท่ากับ ร้อยละ 7.90 และแบบ SS เท่ากับ ร้อยละ 6.58 ส่วนค่าแรงเชิงมุมสูงสุด ที่ความเร็วเชิงมุม 120 °/s มีการเปลี่ยนแปลง ร้อยละจากการยืดเหยียดแบบ DS มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 13.95 รองลงมาเป็น แบบ PNF-CR เท่ากับ ร้อยละ 10.90 และแบบ SS เท่ากับ ร้อยละ 10.80



ภาพที่ 3 แผนภูมิแท่งแสดง (%) การเปลี่ยนแปลงแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็ว 60 °/s และ 120 °/s จากการยืดเหยียด ทั้ง 3 แบบ เปรียบเทียบกับ แบบ NS

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR ที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุด ที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ตามลำดับ ก่อนการทดสอบค่าแรงเชิงมุมทุกครั้ง กลุ่มตัวอย่างจะต้องทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการปั่นจักรยานเวลา 5 นาที ที่ความหนัก 60 % HRR จากนั้นทำการทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุด จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดทั้งสองความเร็วเชิงมุมของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังนั้น การที่จะทำให้ค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นนั้น จำเป็นต้องมีรูปแบบวิธีการและระยะเวลาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยความเหมาะสมจึงจะทำให้ได้ผลจากการหดตัวสร้างแรงหดตัวกล้ามเนื้อสูงที่สุด โดยผู้วิจัยขอวิจารณ์ผลการวิจัยการทดลองดังนี้

- ลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยา
- แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที
- แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที

ลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยา

จากผลการวิจัยเมื่อพิจารณาข้อมูลค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm S.E.$) ของลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง (ตารางที่ 1) อายุ 20.00 ± 0.73 ปี ส่วนสูง 172.60 ± 0.01 cm น้ำหนักตัว 64.03 ± 0.91 kg อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก 66.13 ± 0.69 beat.min⁻¹ ดัชนีมวลกาย 21.51 ± 0.34 kg.m⁻² เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย 16.23 ± 0.48 และที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง 146.45 ± 0.77 beat.min⁻¹ และความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว 113.67 ± 1.49 mmHg ขณะหัวใจคลายตัว 75.00 ± 0.94 mmHg จากข้อมูลลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นเหตุผลของการเลือกกลุ่มตัวอย่างเพศชายและช่วงอายุดังกล่าว เนื่องมาจากการที่พิจารณาจากเหตุผลของลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกายที่มีระหว่างเพศ ซึ่งสอดคล้องกับ ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่า เพศชายจะมีพัฒนาการทางร่างกายที่ระดับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงสุด เมื่ออายุประมาณ 20 ปี และ

เพศชายจะมีความแข็งแรงมากกว่าเพศหญิง เนื่องจากมีระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (testosterone) สูงกว่า ทำให้เพศชายมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวนมาก จึงมีมวลกล้ามเนื้อมากกว่าเพศหญิง ซึ่งโดยเฉลี่ยเพศหญิงมีความแข็งแรงเป็น 2/3 ของเพศชาย โดยที่มีจำนวนของกล้ามเนื้อเป็น 2/3 เช่นกัน และความแตกต่างทางธรรมชาติของทั้งสองเพศ เช่นการมีประจำเดือนในเพศหญิง ฮอร์โมนมีการเปลี่ยนแปลงทำให้ส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและตลอดจนการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันของเพศหญิงต่างจากเพศชาย เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อดูผลระยะเฉียบพลัน จากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยวิธีการแตกต่างกันที่มีค่าแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที จึงเป็นเหตุผลช่วยในการสนับสนุนว่าผลที่เกิดจากการทดลองในครั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น คือ โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันเป็นหลัก

แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{x} \pm S.E.$) ของแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR (ตารางที่ 2) มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ $196.97 \pm 5.99 \text{ Nm}$, $209.93 \pm 5.76 \text{ Nm}$, $225.17 \pm 5.19 \text{ Nm}$ และ $213.15 \pm 5.26 \text{ Nm}$ ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อ จากการทดสอบทั้ง 4 แบบ (ตารางที่ 4) พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ (ตารางที่ 5) พบว่า ระหว่างการยืดเหยียดแบบ SS และแบบ DS มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยการยืดเหยียดแบบ DS มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นมากกว่า และระหว่างแบบ SS และแบบ PNF-CR พบว่า แรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยที่แบบ PNF-CR มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นมากกว่า และระหว่างแบบ DS กับแบบ PNF-CR พบว่า แรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยที่การยืดเหยียดแบบ DS มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นมากกว่า และเมื่อทำการเปรียบเทียบจากการยืดเหยียดทั้ง 3 แบบ กับแบบ NS พบว่า ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อมากกว่า แบบ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และคิดเป็นร้อยละการเปลี่ยนแปลงของแรงเชิงมุมสูงสุด

เปรียบเทียบกับแบบ NS ที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที จากการยืดเหยียดแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR เท่ากับ 6.58% , 13.19 % และ 7.90 % ตามลำดับ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 3)

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า มีความสอดคล้องกับ Ferber (2002) ได้ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อในการงอเข้า โดยศึกษาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เปรียบเทียบกับการยืดเหยียดแบบ PNF ด้วยเทคนิค contract-relax (CR) และ agonist contract-relax (ACR) ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและช่วงการเคลื่อนไหว พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ PNF ทั้งสองแบบส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการทำงานและช่วงการเคลื่อนไหวมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

นอกจากนี้ Unick *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาเรื่องการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑา เพศหญิง จำนวน 16 คน วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลแบบเฉียบพลันของการยืดเหยียดของกล้ามเนื้อที่มีรูปแบบต่างกันมีผลต่อความสามารถในการกระโดด ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถความแข็งแรง (strength performance) ของกล้ามเนื้อ และผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าแนวโน้มจากแบบเคลื่อนที่ส่งผลดีกว่าถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการยืดเหยียดทั้งสองรูปแบบว่ามีผลต่อความสามารถในการกระโดด

การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงเชิงมุมสูงสุด ที่ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากการทดสอบทั้ง 4 แบบ พบว่า จากการยืดเหยียดแบบ DS มีค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า มากกว่า แบบ PNF-CR, แบบ SS และแบบ NS ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แบบ DS และแบบ PNF-CR กล้ามเนื้อได้ทำงานคล้ายคลึงกับการเคลื่อนไหวจริงของกล้ามเนื้อ คือ มีการหดตัวและคลายตัวของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลัก (agonist) ในการเคลื่อนไหว สลับกับกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้าม (antagonist) การเคลื่อนไหวส่งผลให้เกิดการกระตุ้นที่ตัวรับรู้ความรู้สึกจากกล้ามเนื้อและข้อต่อมากกว่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS ซึ่งเป็นการยืดกล้ามเนื้อของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลักในการเคลื่อนไหวโดยตรงเพียงอย่างเดียว แต่ขณะเดียวกันการที่ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แบบ PNF-CR มีค่าแรงเชิงมุมต่ำกว่า แบบ DS อาจเป็นไปได้ว่า กล้ามเนื้อมีการที่เมื่อยล้าจากการยืดเหยียด เพราะการยืดเหยียดแบบ PNF-CR จะ มีการเกร็งของกล้ามเนื้อ ด้านแรงของผู้ช่วยปฏิบัติ และน่าจะเป็นอีกเหตุผลที่ค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อ น้อยกว่า แบบ DS ส่วนการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งค้างไว้ในแต่ละท่าการบริหารนั้น เมื่อเคลื่อนไหวของข้อต่อหรือการยืด

เหยียดกล้ามเนื้อไปถึงตำแหน่งที่ต้องการ และการทดสอบแบบ NS จะมีการเตรียมพร้อมกล้ามเนื้อด้วยการปั่นจักรยานเพียงอย่างเดียวเท่านั้นและไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ จึงอาจทำให้การเพิ่มปริมาณการไหลเวียนเลือดเกิดขึ้นเฉพาะส่วนเท่านั้น ในทางตรงข้ามการการยืดเหยียดแบบ DS และ แบบ PNF-CR มีการไหลเวียนของเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่ได้รับการยืดเพิ่มขึ้นมากกว่า แบบ SS และการเพิ่มขึ้นของการไหลเวียนเลือดนั้น Woods *et al.* (2007) กล่าวว่า จะทำให้เพิ่มความเร็วและความแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (speed and force) โดยการสันดาปพลังงานเพิ่มขึ้นและการลดความหนืดในกล้ามเนื้อลง (viscosity) สอดคล้องกับ เจริญ (2538) กล่าวว่า การเพิ่มปริมาณเลือดที่จะไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ รวมถึงกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อส่งสารอาหารและออกซิเจนไปกับเลือดที่จะนำไปใช้ผลิตเป็นพลังงานต่อเนื่องต่อไปได้ ทำให้อุณหภูมิจากของร่างกายหรือกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นและมีผลให้อัตราเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากความหนืดในกล้ามเนื้อลดลงอันเป็นผลมาจากอุณหภูมิจากของร่างกายเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงของแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อนั้น อาจจะมีสาเหตุมาจากความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ เป็นไปได้ว่า ภายหลังการยืดเหยียดแบบ DS มีเส้นใยกล้ามเนื้อในช่วงความยาวที่ถูกยืดออกอย่างเหมาะสม (optimal sarcomere length) ทำให้โปรตีนแอกติน และ ไมโอซิน ในเส้นใยกล้ามเนื้อหนาและบาง มีระยะการจับและการสไลด์ตัวเข้าหากัน (cross bridge) อย่างเหมาะสม คือ ช่วงการจับตัวกันของโปรตีนทั้งสองไม่แคบและห่างกันเกินไป (over lap) จึงทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัวมากขึ้นสามารถสร้างแรงหดตัวได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นแบบ PNF-CR, แบบ SS และแบบ NS ตามลำดับ (ภาพที่ 1) สอดคล้องกับ Bompa and Cormacchia (1998) กล่าวว่า เมื่อมีการสร้างแรงหดตัวของกล้ามเนื้อทำให้ซาร์โคเมียร์หดตัว จะเกิดการซ้อนกันระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหนา และชนิดบาง (thin) จะเพิ่มขึ้น ตรงกันข้ามเมื่อมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อการซ้อนกันของซาร์โคเมียร์ในกล้ามเนื้อจะลดลง เพื่อยอมให้เส้นใยกล้ามเนื้อยืดยาวออกไป และหากการซ้อนกันของซาร์โคเมียร์มีระยะการยืดยาวออกในช่วงเหมาะสมหรือมีความยาวเท่ากับความยาวขณะพักกล้ามเนื้อจะมีแรงหดตัวได้ดีที่สุด สอดคล้องกับ Cornwell *et al.* (2001) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของการสร้างแรงเชิงมุมหรือแรงหดตัวของกล้ามเนื้อ (force or torque production) อาจจะมีสาเหตุมาจากความสัมพันธ์ของความยาวและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (length-tension relationship) อย่างไรก็ตามขณะที่องค์ประกอบความยืดหยุ่นกล้ามเนื้อ (series elastic component, SEC) และพลังงานความยืดหยุ่น (elastic energy) เป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่สำคัญในการช่วยสนับสนุนถึงเปลี่ยนแปลงค่าแรงเชิงมุมสูงสุด จากการยืดเหยียดแบบ DS ที่มีค่ามากกว่า แบบ PNF-CR, แบบ SS และแบบ NS ตามลำดับ และสอดคล้องกับ

Alter (2004) ได้กล่าวไว้ว่า ลักษณะพิเศษของการยืดเหยียด แบบ DS นั้น มีผลขององค์ประกอบของความยืดหยุ่นกล้ามเนื้อเข้ามามีบทบาทเกี่ยวข้องมากกว่าการยืดเหยียดแบบ PNF และแบบ SS ซึ่งมีการศึกษาได้กล่าวไว้ว่า องค์ประกอบของความยืดหยุ่นกล้ามเนื้อมีส่วนสำคัญในการเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว (fast movements) ดังนั้น ประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับผู้ที่นำไปฝึกหรือนักกีฬา ก็คือ จะทำให้พลังงานยืดหยุ่นเก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อและสามารถที่จะนำมาใช้เพื่อเพิ่มความสามารถสูงสุดในการทำงานของกล้ามเนื้อ และวิธีการฝึกปฏิบัติกิจกรรมดังกล่าวจึงต้องทำด้วยความตั้งใจและระมัดระวัง เพราะจะช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้นได้ (Woods *et al.*, 2007)

แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm S.E.$) ของแรงเชิงมุมสูงสุด ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR (ตารางที่ 3) มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ $160.40 \pm 5.99\text{Nm}$, $177.73 \pm 4.58\text{Nm}$, $185.20 \pm 4.87\text{Nm}$ และ $180.58 \pm 5.29 \text{ Nm}$ ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแรงเชิงมุมสูงสุดกล้ามเนื้อ จากการทดสอบทั้ง 4 แบบ (ตารางที่ 6) พบว่า ค่าเฉลี่ยของแรงเชิงมุมสูงสุด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ (ตารางที่ 7) พบว่า ระหว่างแบบ SS และแบบ DS มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 0.05 โดยการยืดเหยียดแบบ DS มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นมากกว่า และระหว่างการยืดเหยียดแบบ SS กับแบบ PNF - CR พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนระหว่างการยืดเหยียดแบบ DS และแบบ PNF-CR มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่าการยืดเหยียดแบบ DS มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดมากกว่า และเมื่อทำการเปรียบเทียบจากการยืดเหยียดทั้ง 3 แบบ กับแบบ NS พบว่า ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อมากกว่า แบบ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และคิดเป็นร้อยละการเปลี่ยนแปลงของแรงเชิงมุมสูงสุด เปรียบเทียบกับแบบ NS ที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที จากการยืดเหยียดแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR เท่ากับ 10.80%, 13.95 % และ 10.90 % ตามลำดับ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 3)

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า มีความสอดคล้องกับ Cornelius (1992) ได้ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อเปรียบเทียบกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่จากช่วงการทำงานของข้อสะโพก โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง 120 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับการยืดเหยียดแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ มีช่วงการทำงานของกล้ามเนื้อมากกว่า การยืดเหยียดแบบอยู่กับที่

Papadopoulos *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ที่มีต่อความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซคิเนติก (maximal -isokinetic strength) ของกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่า (knee extensor and flexor) ผลการทดสอบพบว่า ค่าแรงเชิงมุมของกล้ามเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 เมื่อมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แต่ในขณะที่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ไม่พบว่าส่งผล แสดงให้เห็นว่า ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดแบบเคลื่อนที่ ไม่ส่งผลเสียต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อเมื่อเทียบกับการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่

การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงเชิงมุมสูงสุด ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากการทดสอบทั้ง 4 แบบ พบว่าการยืดเหยียดแบบ DS มีค่าแรงเชิงมุมสูงสุด มากกว่า ทั้ง 3 แบบ (PNF-CR, SS และ NS) และพบว่าจากการยืดเหยียดแบบ PNF-CR และแบบ SS มีค่าแรงเชิงมุมสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ภายหลังจากการยืดเหยียดสิ้นสุดลงในระยะเฉียบพลัน แสดงว่า สำหรับการปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ต่อเนื่องยาวนานขึ้น หรือสมรรถภาพทางกายด้านความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อ วิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้งสองแบบ สามารถที่จะเลือกใช้วิธีการแบบใดก็ได้ส่งผลต่อค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน ขณะที่แบบ NS ส่งผลต่อค่าแรงเชิงมุมน้อยกว่าเมื่อเทียบกับทั้ง 3 แบบ (DS, SS และ PNF-CR) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่ส่งผลต่อค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อ เนื่องมาจากเหตุผลทางสรีรวิทยา เช่นเดียวกับผลที่เกิดกับสมรรถภาพทางกายด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อดังที่กล่าวมาในข้างต้น คือ ความสัมพันธ์ของความยาวและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (Bompa and Cormacchia, 1998) มีการไหลเวียนเลือดที่เพิ่มขึ้นและการลดความหนืด (viscosity) กล้ามเนื้อทำให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวที่เร็วและแรงขึ้น (Woods *et al.* 2007) และการยืดเหยียดแบบ DS ส่งผลต่อสมรรถภาพด้านนี้ดีกว่าทั้ง 3 แบบ เพราะว่าการทำงานของกล้ามเนื้อมีบทบาทขององค์ประกอบความยืดหยุ่นและพลังงานความยืดหยุ่น (Alter, 2004)

ดังนั้นการยืดเหยียดแบบ DS เป็นวิธีการเตรียมพร้อมกล้ามเนื้อที่จะใช้ความแข็งแรงในระยะเฉียบพลันสำหรับกลุ่มผู้ที่มีการทำกิจกรรมเคลื่อนไหวทางกายอย่างสม่ำเสมอ เช่น นักพลศึกษา หรือบุคคลที่มีร่างกายแข็งแรง จึงจะส่งผลต่อการออกแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดได้อย่างเหมาะสมสูงสุด เมื่อเทียบกับ แบบ PNF-CR, แบบ SS และแบบ NS ซึ่งมีค่าแรงเชิงมุมน้อยที่สุด (ตามลำดับ) แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS จะมีความเหมาะสมและเป็นที่ยอมรับแต่ยังมีข้อจำกัด คือ สำหรับคนทั่วไปหรือผู้ที่มีพื้นฐานการเคลื่อนไหวที่ไม่ดี ควรจะปฏิบัติหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ เพื่อให้ร่างกายได้รับการกระตุ้น เตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อและข้อต่อก่อน เป็นการป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้ เพราะการปฏิบัติซ้ำ ๆ กันหลายครั้งจากแบบ DS อาจทำให้กล้ามเนื้อยึดมากเกินไป ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บได้ (เจริญ, 2538)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตพลศึกษา เพศชาย ของคณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่มีอายุระหว่าง 18-21 ปี จำนวน 30 คน ผู้วิจัยได้บันทึกลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยา และจัดโปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ จากนั้นทดสอบหาค่าแรงเชิงมุมสูงสุด ที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ตามลำดับ ด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ยี่ห้อ Biodex system 3 และการทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกลุ่มตัวอย่างจะได้ทดสอบคนละ 4 ครั้ง คือ จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR จากผลการวิจัยพอสรุปได้ดังนี้

1. แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ พบว่า แรงเชิงมุมสูงสุด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่า ระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS กับแบบ DS มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่า แบบ DS มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดมากกว่า และระหว่างแบบ SS กับแบบ PNF-CR พบว่า แรงเชิงมุมสูงสุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่า แบบ PNF-CR มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดมากกว่า และระหว่างแบบ DS กับแบบ PNF-CR พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดแบบ DS มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า และเมื่อทำการเปรียบเทียบจากการยืดเหยียดทั้ง 3 แบบ กับแบบ NS พบว่า ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อมากกว่า แบบ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

2. แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงอดทนกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่า ระหว่างแบบ SS กับแบบ DS มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่า แบบ DS มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดมากกว่า ขณะที่ระหว่างแบบ SS กับแบบ PNF-CR พบว่า ไม่มี

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และระหว่างแบบ DS กับแบบ PNF-CR พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่า แบบ DS มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดมากกว่า และเมื่อทำการเปรียบเทียบจากการยืดเหยียดทั้ง 3 แบบ กับแบบ NS พบว่า ภายหลังจากยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อมากกว่า แบบ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้

ควรมีการให้ความสำคัญกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมทางกายระหว่างและ ภายหลังเลิกชั้นเรียนของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อจัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดการล้าของ กล้ามเนื้อเพราะอาจมีผลต่อการวัดค่าแรงเชิงมุมสูงสุดและควรมีการวัดค่าความอ่อนตัวหรือช่วงการ เคลื่อนไหวของข้อต่อร่วมด้วยเพื่อให้การศึกษามีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลภายหลังจากยืดเหยียดระยะเฉียบพลันทั้ง 3 แบบ ที่มีผลต่อ สมรรถภาพด้านอื่นร่วมด้วย เช่น ความอ่อนตัว ความเร็ว กำลัง ความคล่องแคล่วว่องไว เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา.(2544).โปรแกรมการทดสอบสมรรถภาพ และ เกณฑ์สมรรถภาพ
ทางกาย ประชาชนไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา. 2536. สรีรวิทยา. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

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

ชูศักดิ์ และ กัญญา ปาละวิวัฒน์. 2536. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 4.
ธรรมมลการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

นิตา รัตนครอง. 2549. ผลการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท ด้วยเทคนิคต่างกัน ที่
มีต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง ความอ่อนตัว และความแข็งแรง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชิต ภูติจันทร์. 2535. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. โอ เอส ปรีนติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

มงคล แผลงสาเคน. 2541. วิทยาศาสตร์การกีฬา. สำนักพิมพ์ศิลปาบรรณาคาร, กรุงเทพฯ.

ราตรี สุดทรวง. 2542. สรีรวิทยาพื้นฐาน. ภาควิชาสรีรวิทยา, คณะแพทยศาสตร์,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วุฒิพงษ์ ปรมัตถากร. 2536. การออกกำลังกาย. สำนักพิมพ์โอเดียนส โตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. 2534. การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายและทางกีฬา. คณะแพทยศาสตร์ศิริราช
พยาบาล. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

_____.2536. กีฬาเวชศาสตร์พื้นฐาน. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. 2544. **ชีวกลศาสตร์การกีฬา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การกีฬา. มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.
- สนธยา สีละมอด .2547. **หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อนันต์ อัดชู. 2538. **หลักการฝึกกีฬา**. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.
- อภิสิทธิ์ เทียนทอง. 2549. **การฝึกด้วยน้ำหนักเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Alter, M. J. 1998. **Sport Stretch**. 2nd ed. Human kinetics. Champaign, Illinois.
- _____. 2004. **Science of Flexibility**. 2nd ed. Human Kinetic, Illinois.
- Anonymous. 2004. **The Effect of Static Stretching on Muscle Strength**, n.p.
- Bob A. 1990. **Stretching**. Polham Books, London
- Bompa, T.O. 1996. **Periodization of Strength, the new wave in strength training**. 3rd ed. Vertas Publishing Inc. Toronto, Canada.
- Bompa, T. O. and L J Cornacchia. 1998. **Serious Strength Training**. Human Kinetics, Champaign, Illinois.
- Bishop, D., D.J. Jenkins, L. Mackinon, M.F. Carey and McEniery. 1997. **Performance in female and Exercise**. 29(5): 1502
- Bishop, D. 2003. Performance changes following active warm up and within the 15 minutes immediately prior to the ac- how to structure the warm up. **Medicine Science of Sport**

Exercise. 33 (6): 1026 - 1032.

Cornelius, W.L. 1992. The effects of cold application and modified PNF stretching technique on hip joint flexibility in college males. **Res Q Exerc Sport.** 63: 311-314.

Cornwell, A., Nelson, A.G., Heise, G.D., Sidaway, B. 2001. Acute Effects of Passive Muscle Stretching on Vertical Jump Performance. **European Journal of Applied Physiology.** 86(5): 428-434

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.

Deones L.V., C.S. Wiley and T. Worrell. 1994. Assessment of quadriceps muscle performance by a hand –held dynamometer and an isokinetic. **Journal Ortho and Sport Physical Therapy.** 20: 154 – 661.

Ferber, R.L. 2002. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. **Journal Electromyogr Kinesiol.** 12: 391-397.

Fleck S. J. and Kraemer W.J. 1997. **Designing Resistance Training Programs.** 2nd ed. Human Kinetic, United States of America.

Foss L.M. and Keteyian J.S. 1998. **Fox's Physiological Basic for Exercise and Sport.** 6th ed. McGraw-Hill, Boston.

Gordon, A.M., A.F. Huxley, and F.J. Julian. 1966. The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres. **Journal of Physiology.** 184(1):170-192

Woods, K., Bishop, P., and Jones, E. 2007. **Warm-Up and Stretching in the Prevention of Muscular Injury.** Sports Medicine. 37(12): 1089-1099

Maud J.P. and Foster C. 1995. **Physiological assessment of human fitness.** Human kinetics, New York.

Papadopoulos, G., Siatras, Th and Kellis S. 2005. The Effect of Static and Dynamic Stretching Exercises on the Maximal Isokinetic Strength of the Knee Extensors and Flexors. **Isokinetic and Exercise Science.** 14: 285-291

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. 36(8): 1389-1396.

Robert, A. and O.R. Scott. 1997. **Exercise physiology.** St. Lois Mosby, Illinois.

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. **Journal of Strength Conditionn.** 19(1): 206–212.

Wilmore, J.H., and L.C. David. 1994. **Physiology of Sport and Exercise.** Human kinetics, Champaign, Illinois.

Wrigley T.M. 2000. **Assessment for Football: Soccer, Australian Rules, and American, Isokinetics in Human Performance.** Haman Kinetics. Champaign, Illinois.

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. Sports Physiology. 10(2): 89-95

Zakas , A., 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. 14(4): 357-362

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจโปรแกรมการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจโปรแกรมการยึดเหยียดกล้ามเนื้อ

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1. ผศ.อภิสิทธิ์ เทียนทอง | <p>อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน</p> |
| 2. ผศ.ถาวร กมุตศรี | <p>วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา
มหาวิทยาลัยมหิดล</p> |
| 3. ผศ.สนธยา สีละมาด | <p>อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์</p> |
| 4. อาจารย์เอกวิทย์ แสงผล | <p>ผู้ฝึกสอนกรีฑา สมาคมกรีฑาแห่งประเทศไทย
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต</p> |
| 5. อาจารย์ชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล | <p>นักพัฒนาการกีฬา 8ว กลุ่มวิจัยและพัฒนา สำนัก
วิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักงานพัฒนาการกีฬาและ
นันทนาการ กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา</p> |

ภาคผนวก ข

โปรแกรมการขีดเขียนคกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่
และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ

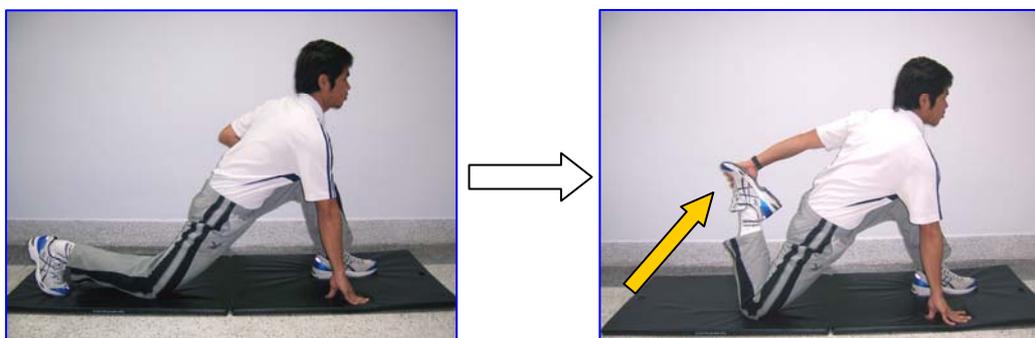
โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

วัตถุประสงค์ ยืดกล้ามเนื้อ Quadriceps

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ : ให้ก้าวเท้าซ้ายไปด้านหน้าวางฝ่าเท้าบนเบาะแล้วแอ่นข้อเข่าและสะโพก (ข้างไม่ถูกยืด) ส่วนขาขวา (ข้างถูกยืด) ให้เหยียดไปด้านหลัง โดยดันขาสะโพก และลำตัวเป็นแนวเดียวกัน ทำมุมกับพื้น 45 องศา ขณะที่เข่าและปลายเท้าวางบนเบาะ

วิธีปฏิบัติ

1. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” ให้ผู้ทดสอบงอเข่า ฝ่าเท้าหันเข้าหาลำตัว
2. ผู้ทดสอบใช้มือซ้ายจับที่ฝ่าเท้าขวา ออกแรงดึงให้ต้นขาเหยียดไปด้านหลังพร้อมกับงอเข่า (hip extension with knee flexion) จนรู้สึกตึงต้นขาด้านหน้า ค้างไว้ 15 วินาที
3. เมื่อครบแล้วให้ผู้ทดสอบคลายกล้ามเนื้อกลับสู่ท่าเริ่มต้น
4. ทำซ้ำข้อ 1-3 จำนวน 3 ครั้ง และพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



ท่าเริ่มต้น

ยืดค้างไว้ 15 วินาที

ภาพผนวกที่ ข1 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่เคลื่อนที่

วัตถุประสงค์ ยืดกล้ามเนื้อ Quadriceps

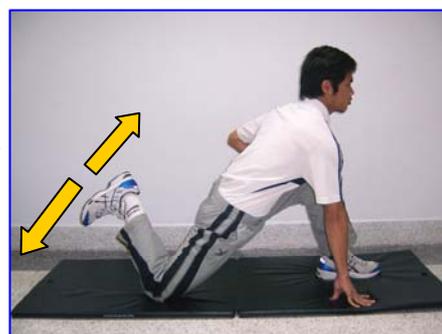
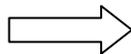
ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ : ให้ก้าวเท้าซ้ายไปด้านหน้าวางฝ่าเท้าบนเบาะแล้วแอ่นขาและสะโพก (ข้างไม่ถูกยืด) ส่วนขาขวา (ข้างถูกยืด) ให้เหยียดไปด้านหลัง โดยดันขาสะโพก และลำตัวเป็นแนวเดียวกัน ทำมุมกับพื้น 45 องศา ขณะที่เข้าและปลายเท้าวางบนเบาะ

วิธีปฏิบัติ

1. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” ให้ผู้ทดสอบงอขา ฝ่าเท้าหันเข้าหาลำตัว จากนั้นให้เหยียดข้อเท้าปลายเท้าวางบนเบาะ
2. ผู้ถูกทดสอบจะต้องเคลื่อนไหวด้วยการงอและเหยียดข้อเท้า (knee flexion and extension) อย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 15 วินาที
3. เมื่อครบแล้วให้ผู้ถูกทดสอบคลายกล้ามเนื้อกลับสู่ท่าเริ่มต้น
4. ทำซ้ำข้อ 1-3 จำนวน 3 ครั้ง และพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



ท่าเริ่มต้น



เคลื่อนไหวขึ้น-ลง

ภาพผนวกที่ ข2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่เคลื่อนที่อยู่

โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยเทคนิค Contract Relax

วัตถุประสงค์ ยืดกล้ามเนื้อ Quadriceps

ท่าเริ่มต้น ผู้ถูกทดสอบ : นอนหงาย โดยที่สะโพกชิดขอบเตียง

ผู้ช่วย : อยู่ด้านขาที่ทำการยืด

วิธีปฏิบัติ

1. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” ให้ผู้ทดสอบยืดกล้ามเนื้อเอง (active move) ด้วยการงอเข่า จนกระทั่งสุดช่วงการเคลื่อนไหวแล้วค้างไว้
2. จากนั้นผู้ช่วยปฏิบัติ ให้สัญญาณว่า “เกร็งกล้ามเนื้อ” ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ด้านแรงในทิศทางตรงข้ามกับผู้ช่วย เป็นเวลา 7 วินาที
3. ผู้ช่วยปฏิบัติ ให้สัญญาณว่า “คลายกล้ามเนื้อ” ให้ผู้ทดสอบคลายกล้ามเนื้อจากการเกร็ง
4. จากนั้นผู้ช่วยปฏิบัติจะออกแรงยืดกล้ามเนื้อเพิ่มไปยังตำแหน่งใหม่ โดยให้สะโพกเหยียดตรงไปข้างหลังพร้อมทั้งงอเข่า จนผู้ถูกทดสอบรู้สึกตึงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าให้ค้างไว้ 8 วินาที
5. เมื่อครบแล้วให้ผู้ถูกทดสอบคลายกล้ามเนื้อกลับสู่ท่าเริ่มต้น
6. ทำซ้ำข้อ 1-3 จำนวน 3 ครั้ง และพักระหว่างครั้ง 15 วินาที



active move

“เกร็งกล้ามเนื้อ”

ยืดกล้ามเนื้อเพิ่ม

ภาพผนวกที่ ข3 การยืดเหยียดแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ

ภาคผนวก ค

ใบบันทึกผลการตรวจสอบเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

ใบบันทึกผลการตรวจสอบเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

เรื่อง ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่และ
แบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

โดย นายกรกต ศรีทวีเพชรรัตน์

ผู้เชี่ยวชาญ

โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

ผ่าน

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่

ผ่าน

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยเทคนิค Contract Relax

ผ่าน

ไม่ผ่าน

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

()

ภาคผนวก ง
แบบบันทึกค่าแรงเชิงมุมสูงสุดและ
ใบบันทึกรายละเอียดการปรับท่าทางการนั่งบนเครื่องไอโซคิเนติก

แบบบันทึกค่าแรงเชิงมุมสูงสุด

ผู้ทดสอบ _____ เพศ ____ ส่วนสูง _____ ซม.
 น้ำหนัก _____ กก. ข้อต่อที่ทดสอบ ข้อเข่า กลุ่มกล้ามเนื้อ Qaudriceps Muscle
 วิธีการทดสอบ Isokinetic Unilateral รูปแบบการทดสอบ Concentric / Concentric
 ระยะเวลาพัก 60 วินาที

Stretching Method	NS	
Angle Velocity	60 °/s	120 °/s
# of Reprs.	3	6
Peak Torque(Nm)		

Stretching Method	SS		DS		PNF-CR	
Angle Velocity	60 °/s	120 °/s	60 °/s	120 °/s	60°/s	120 °/s
# of Reprs.	3	6	3	6	3	6
Peak Torque(Nm)						

ใบบันทึกรายละเอียดการปรับท่าทางการนั่งบนเครื่องไอโซคิเนติก

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	สูง (ซม.)	นน.ขา (กก.)	ฐาน	สูง	เบาะนั่ง	Dynamo	Arm
ตำแหน่งการปรับ				1	2	3	4	5
1								
2								
3								
↓								
28								
29								
30								



ภาพผนวกที่ ๑1 เครื่องไอคิเนติก (Biodex system3)

ภาคผนวก จ

เอกสารชี้แจงข้อมูลและหนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เอกสารชี้แจงข้อมูล

ชื่อโครงการ	ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า Acute Effects of Static, Dynamic, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Peak Torque of Quadriceps Muscle
ผู้วิจัย	นายกรกต ศรีกวีเพชรรัตน์
สถานที่วิจัย	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
บุคคลและวิธีการติดต่อ	นายกรกต ศรีกวีเพชรรัตน์ โทร.08-0220-5992
ผู้สนับสนุนการวิจัย	ใช้ทุนส่วนตัว

ความเป็นมาของโครงการ

จากการที่ผู้ฝึกสอน นักกีฬาและผู้ที่เกี่ยวข้องทางกีฬาพยายามหาวิธีการคงไว้ซึ่งระดับของค่าแรงเชิงมุม(Torque) หรือสมรรถภาพด้านความแข็งแรงกล้ามเนื้อนั้นย่อมส่งผลดี เนื่องจากทำให้นักกีฬาสามารถแสดงทักษะทางกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในขณะทำการฝึกซ้อมและตลอดช่วงการแข่งขัน และวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั้นจำเป็นยิ่งในขั้นการเตรียมพร้อมร่างกายที่จะให้กล้ามเนื้อใช้งานและออกแรงหดตัวสูงสุด และงานวิจัยในไทยนั้นผู้วิจัยส่วนใหญ่ทำการศึกษาผลของการฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีต่อสมรรถภาพทางกายด้านอื่นนอกเหนือจากความแข็งแรงที่เป็นผลโดยตรงกับกล้ามเนื้อ และการศึกษาดังกล่าวเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการฝึกในระยะยาว (long term) แต่การตรวจสอบประเมินแรงสูงสุดที่เป็นผลมาจากระยะเฉียบพลัน (acute effect) ของการให้โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ นั้นยังมีการศึกษาน้อย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาผลที่จะเกิดขึ้นกับการสร้างแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยเชื่อว่าผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างกัน ทั้งนี้

เพื่อนำผลการวิจัยครั้งนี้ไปเป็นแนวทางทำให้เกิดความแข็งแรงสูงสุดระยะเฉียบพลัน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชนิดกีฬาที่ต้องออกแรงสูงๆ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลระยะเฉียบพลันจากแบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
2. เพื่อหาความแตกต่างของแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าระยะเฉียบพลัน จากแบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ

สมมติฐาน

แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าระยะเฉียบพลันจากแบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตพลศึกษา เพศชาย จำนวน 60 คน ที่มีอายุระหว่าง 18 - 21 ปี ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
2. ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จากกลุ่มประชากร จาก 60 คนให้เหลือ 30 คน
3. ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการฝึก รวมถึงความเสี่ยงและประโยชน์ต่างๆ ที่กลุ่มตัวอย่างอาจได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย
4. เมื่อกลุ่มตัวอย่างรับทราบรายละเอียดและยินดียใจเข้าร่วมโครงการวิจัย จึงให้กลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองลงนามยินยอม
5. กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย (warm up) โดยการปั่นจักรยาน (cycle ergometer) เป็นเวลา 5 นาที ความหนักที่ 60% HRR
6. จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับการทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขา (ทดสอบขาข้างขวา) ขณะที่ไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ(non-stretching, NS) ตั้งค่าช่วงการ

เคลื่อนไหว ที่ระดับความเร็วเชิงมุม (angular velocities) ที่ระดับ 60 และ 120 องศาต่อวินาที จำนวน 3 ครั้งและ 6 ครั้งตามลำดับ จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างหยุดพัก 2 วัน

7. กลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ซึ่งก่อนการยืดเหยียด ให้ปฏิบัติตามข้อที่ 4 จากนั้นและเข้าตามโปรแกรมการยืดเหยียด คือ โปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching, SS) การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching, DS) และแบบกระตุ้นระบบประสาท ด้วยเทคนิค contract-relax (PNF-CR) โดยทั้ง 3 แบบ ใช้เวลา 15 วินาที และจำนวน 3 ครั้ง (3 x 15)

8. ทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในกลุ่มตัวอย่างทันทีหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในแต่ละวิธี ใช้การยืดด้วยขาด้านขวา ที่ความเร็วเชิงมุม (angular velocities) ที่ระดับ 60 และ 120 องศาต่อวินาที จำนวน 3 ครั้งและ 6 ครั้งตามลำดับ จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างหยุดพัก 2 วัน

9. การพัก (rest) ของกลุ่มตัวอย่างใช้เวลาหยุดพัก 2 วัน หลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในแต่ละวิธี เพื่อให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว (recovery) ภายหลังการทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุด

10. สถานที่และระยะเวลาสำหรับทำการวิจัยครั้งนี้ คือ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เริ่มตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2551 เวลา 16.00 - 18.00 น.

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางทำให้นักกีฬาเกิดความแข็งแรงสูงสุดระยะเฉียบพลัน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่อไป
2. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สนใจในการศึกษาค้นคว้าวิจัยและทดลองเกี่ยวกับการผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อแรงเชิงมุมสูงสุดและสมรรถภาพทางกายด้านอื่นๆ ของกล้ามเนื้อต่อไป

ผลข้างเคียงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับผู้เข้าร่วมการวิจัย

เกี่ยวกับโปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เนื่องจากในแต่ละโปรแกรมนั้นมีความแตกต่างกันในรายละเอียดและวิธีการปฏิบัติ ข้อพึงระวังได้แก่ การจัดทำทาง (แบบ SS) กระดอนและกระชาก (แบบ DS) การออกแรงเกร็งด้านผู้ช่วยปฏิบัติ (แบบ PNF-CR) และผู้ถูกยืดทำด้วยความพยายามสูงสุด จึงทำให้มีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บต่อผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ รวมไปถึงการวัดแรงเชิงมุมสูงสุดผู้ถูกทดสอบต้องออกแรงของกล้ามเนื้อด้วยความพยายามสูงสุด ทั้งนี้อาจทำ

ให้เกิดการระบมขึ้นกับกล้ามเนื้อ ดังนั้นการพัก (rest) การงดทำกิจกรรมอย่างหนัก และการปฏิบัติตามวิธีการอย่างถูกต้องตลอดช่วงเวลาร่วมงานวิจัยนั้นจึงเป็นการหลีกเลี่ยงและ โอกาสเสี่ยงจากการบาดเจ็บ การระบมของกล้ามเนื้อก็จะลดน้อยลง

หนังสือยินยอมและเต็มใจเข้าร่วมการวิจัยโดยได้รับทราบรายละเอียดของโครงการอย่างชัดเจน
(Informed Consent Form)

โครงการ ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
Acute Effects of Static, Dynamic, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Peak Torque of Quadriceps Muscle

ผู้วิจัย นายกรกต ศรีทวีเพชรรัตน์

ผู้เข้าร่วมการวิจัย.....

คำยินยอมของผู้ถูกทำวิจัย

ข้าพเจ้า.....ได้รับทราบรายละเอียดของโครงการศึกษาวิจัยตลอดจน ประโยชน์และความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อข้าพเจ้าจากผู้วิจัยแล้วอย่างชัดเจนโดยไม่มีสิ่งใดปิดบังซ่อนเร้น และข้าพเจ้ารู้ว่าถ้าเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยเกิดขึ้น ข้าพเจ้าสามารถสอบถามผู้วิจัยได้และข้าพเจ้าสามารถไม่เข้าร่วมโครงการเมื่อใดก็ได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลเฉพาะตัวข้าพเจ้าไว้เป็นความลับ การเปิดเผยข้อมูลจะกระทำได้เฉพาะกรณีจำเป็นด้วยเหตุผลทางวิชาการเท่านั้น ทั้งนี้โดยไม่ระบุชื่อข้าพเจ้า

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมการวิจัย

ลงชื่อ.....พยาน

ลงชื่อ.....พยาน

วันที่...../...../.....

คำอธิบายของผู้วิจัย

ข้าพเจ้าได้อธิบายรายละเอียดของโครงการตลอดจนประโยชน์ของการวิจัย รวมถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นแก่ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบแล้วอย่างชัดเจน โดยไม่มีสิ่งใดปิดบังซ่อนเร้น

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

วันที่...../...../.....

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

- ชื่อ –นามสกุล : นายกรกต ศรีกีวีเพชรรัตน์
- วัน เดือน ปี ที่เกิด : 19 เมษายน 2526
- สถานที่เกิด : จังหวัดอุบลราชธานี
- ประวัติการศึกษา : ปี พ.ศ.2540 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนสหราษฎร์สามัคคี
จังหวัดอุบลราชธานี
- : ปี พ.ศ.2542 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.2)
โรงเรียนสหราษฎร์ศึกษา จังหวัดอุบลราชธานี
- : ปี พ.ศ.2545 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น – มัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนกีฬา จังหวัดอุบลราชธานี
- : ปี พ.ศ.2549 ระดับปริญญาตรี คณะศึกษาศาสตร์
(วิทยาศาสตร์บัณฑิต - วิทยาศาสตร์การกีฬา)
เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์