



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนักที่ต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลง
ของกล้ามเนื้อ

The Effects of Training Muscle by using Different Resistant Intensity via Rubber Chain
Detected by Striated Muscle Morphologic Changes

นามผู้วิจัย จำสืบเอกเวชสิทธิ์ สุขสุมิตร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์เจริญ กระจวนรัตน์, ค.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(นายแพทย์ สุชาติ พุทธิเจริญรัตน์, M.D.FRCPC)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิมนทกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการฝึกด้วยแรงต้านโดยยางยืดในระดับความหนักที่ต่างกัน
ต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ

The Effects of Training Muscle by using Different Resistant Intensity via Rubber
Chain Detected by Striated Muscle Morphologic Changes

โดย

จำสืบเอกเวชสิทธิ์ สุขสุมิตร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการกีฬา)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เวชสิทธิ์ สุขสุมิตร, จำปีเอก 2553: ผลของการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนัก
ที่ต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์เจริญ กระบวนรัตน์, ค.ม. 91 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษา และหาความแตกต่างของการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดระดับ
ความหนักต่างกันที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของมวลกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา กลุ่มตัวอย่าง
เป็นพลทหาร ประจำการปี 2552 ผลัดที่ 2 เหล่าแพทย์ อายุระหว่าง 21 ปี จำนวน 40 คน ที่สมัครใจเข้าร่วม
การวิจัย แล้วทำการสุ่มตัวอย่างแบบ Simple random sampling เพื่อจัดเข้ากลุ่ม 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน โดยใช้วิธี
ทดสอบหาค่ามวลกล้ามเนื้อขา ด้วยเครื่อง Inbody 720 ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระบบไอโซไคนติก
และทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของแรงเหยียดขา ด้วยเครื่อง Leg dynamometer คือ กลุ่มควบคุม
กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยแรงต้านในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM จำนวน 12 ครั้งต่อการปฏิบัติ
1 เซต กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกด้วยแรงต้านในระดับความหนักที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM จำนวน 8 ครั้งต่อ
การปฏิบัติ 1 เซต และกลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกด้วยแรงต้านในระดับความหนักที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM จำนวน
4 ครั้งต่อการปฏิบัติ 1 เซต กลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มใช้ท่า Half Squat ในการฝึก ระยะเวลาในการฝึก 8 สัปดาห์
ละ 3 วัน วันละ 3 เซต ระยะเวลาพักระหว่างเซต 3 นาที โดยใช้วิธีทดสอบหาค่ามวลกล้ามเนื้อขา ด้วยเครื่อง
Inbody 720 ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระบบไอโซไคนติก และทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
ของแรงเหยียดขา ด้วยเครื่อง Leg dynamometer ทั้ง 4 กลุ่ม ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ นำ
ผลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว โดยใช้
(one-way analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธีของ Tukey ทำการ
เปรียบเทียบภายในกลุ่ม โดยใช้ matched pair t-test ซึ่งกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยของมวลกล้ามเนื้อขา และความแข็งแรงของ
กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่พบว่า ความแข็งแรง
ของกล้ามเนื้อขาในแรงเหยียดขา กลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกระดับความหนัก 90 % ของ 1RM จำนวน 4 ครั้งต่อการ
ปฏิบัติ 1 เซต และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกระดับความหนัก 70 %
ของ 1RM จำนวน 12 ครั้งต่อการปฏิบัติ 1 เซต มีความแตกต่างกันกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ที่ ระดับ 0.05

Vetchasit Suksumie, Sergeant major 1 st calls (SM1) 2010: The Effects of Training Muscle by using Different Resistant Intensity via Rubber Chain Detected by Striated Muscle Morphologic Changes. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Charoen Krabuanrat, M.Ed. 91 pages.

The purpose of this investigation was to study and examine the effects of training with different resistance on leg muscle mass and strength. Subjects are 40, Private first class, 21-year- old men. The Inbody 720 was chosen to evaluate leg muscular mass value. The leg muscular strength in isokinetic system and leg stretch strength was evaluated via Leg dynamometer. Simple random sampling was used to divide the subjects into 4 groups (10 subjects per group). There were control, 1,2 and 3 groups. Group I was trained with 70% resistant weight of RM, 12 times /set. Group 2 was trained with 80% resistant weight of 1 RM, 8 times/set. Group 3 was trained with 90% resistant weight of 1 RM, 4 times /set. All groups were trained in Half Squat position, for 8 weeks (3 times /week, 3 sets /time,3 minute rest after each set) All 4 groups were evaluated the leg muscular mass value (by Inbody 720), the leg muscular strength in isokinetic system and leg stretch strength (by Leg dynamometer) before and after 8 weeks of experiment. The results were statically analyzed by mean, standard deviation value and one-way analysis of variance (ANOVA). Comparing different pair, Turkey Method was used. Comparison in each group matched pair-test ($p < 0.05$) was performed

After 8 weeks of experiment, results showed that the average leg muscular mass and foreleg muscular strength of 4 groups were not different ($p < 0.05$). But leg stretch strength of group 3 (trained with 90% resistance weight of 1 RM, 4 times/set) and back-leg muscular strength of group 1 (trained with 70% resistance weight of 1 RM, 12 time/set) were statistically different from control group ($p < 0.05$).

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี เนื่องด้วยความเมตตากรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์เจริญ กระบวนรัตน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ นายแพทย์ สุชาติ พุทธิเจริญรัตน์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ชี้แนะแนวทาง ในการเขียนงานวิจัยให้เหมาะสม ให้คำปรึกษา แนะนำ และ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อย่างดียิ่งตลอดมา จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์และมีคุณค่าทางวิชาการ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์พันเอก ไพลีฐ์ เพื่อกสกันท์ รองศาสตราจารย์ สาลี สุภาภรณ์ (ผู้ทรงคุณวุฒิ) อาจารย์บุญธรรม ลิ้มปิยะพันธ์ (ผู้อำนวยการพิเศษ กลุ่มสอบเทียบ เครื่องมือวัดวิเคราะห์ทดสอบ กรมวิทยาศาสตร์บริการ) และคณะครูและคณาจารย์ทุกท่าน และ ที่ได้ประสิทธิประสาทถ่ายทอดวิชาความรู้ พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือในการศึกษาด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง พันตรีกรรณันท์ แก้วประไพ ผู้บังคับกองร้อยพลเสนารักษ์ ข้าราชการหมวดฝึก และพลทหารกองประจำการปี 2552 ผลัดที่ 2 กองร้อยพลเสนารักษ์ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลตลอดมา จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกคนที่ให้อำนาจใจเป็นอย่างดี พร้อมทั้งขอขอบคุณผู้บังคับบัญชา ข้าราชการกองพยาธิวิทยา สถาบันพยาธิวิทยา ศูนย์อำนวยการแพทย์พระมงกุฎเกล้า ที่ให้การสนับสนุนและให้โอกาสทางการศึกษาแก่ผู้วิจัยตลอดมา

เวชสิทธิ์ สุขสุมิตร
พฤษภาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
สัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	27
ผลและวิจารณ์	33
ผล	33
วิจารณ์	42
สรุปและข้อเสนอแนะ	48
สรุป	48
ข้อเสนอแนะ	49
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	50
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืด	55
ภาคผนวก ข โปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืด ในท่า Half Squat	57
ภาคผนวก ค การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพื่อปรับน้ำหนัก	63
ภาคผนวก ง การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา	66
ภาคผนวก จ การทดสอบหาค่าน้ำหนัก หรือหาค่าแรงต้านของยางยืด	69
ภาคผนวก ฉ การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซไคนेटิก	73
ภาคผนวก ช การทดสอบหาค่ามวลกล้ามเนื้อขา	80
ภาคผนวก ซ การอบอุ่นร่างกาย คลายอุ่นร่างกาย และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	85

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงจุดมุ่งหมายและเกณฑ์การพิจารณาความหนักในการฝึกด้วยแรงต้าน	26
2	ลักษณะทางกายภาพของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง กลุ่มควบคุม และ กลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม	33
3	ลักษณะทางกายภาพของดัชนีมวลกาย มวลกล้ามเนื้อ ไขมันร่างกาย กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม	34
4	วิเคราะห์ความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อของ กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง	35
5	วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่มของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง	36
6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยของมวลกล้ามเนื้อขา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง	37
7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยของแรงเหยียดขา (กิโกรัมต่อน้ำหนักตัว) ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลอง	38
8	การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา แรงเหยียดขา (กิโกรัมต่อน้ำหนักตัว) ของกลุ่มควบคุม และ กลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง	39
9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (นิวตัน/เมตร) ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง	40
10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (นิวตัน/เมตร) ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง	41

สารบัญตาราง (ต่อ)

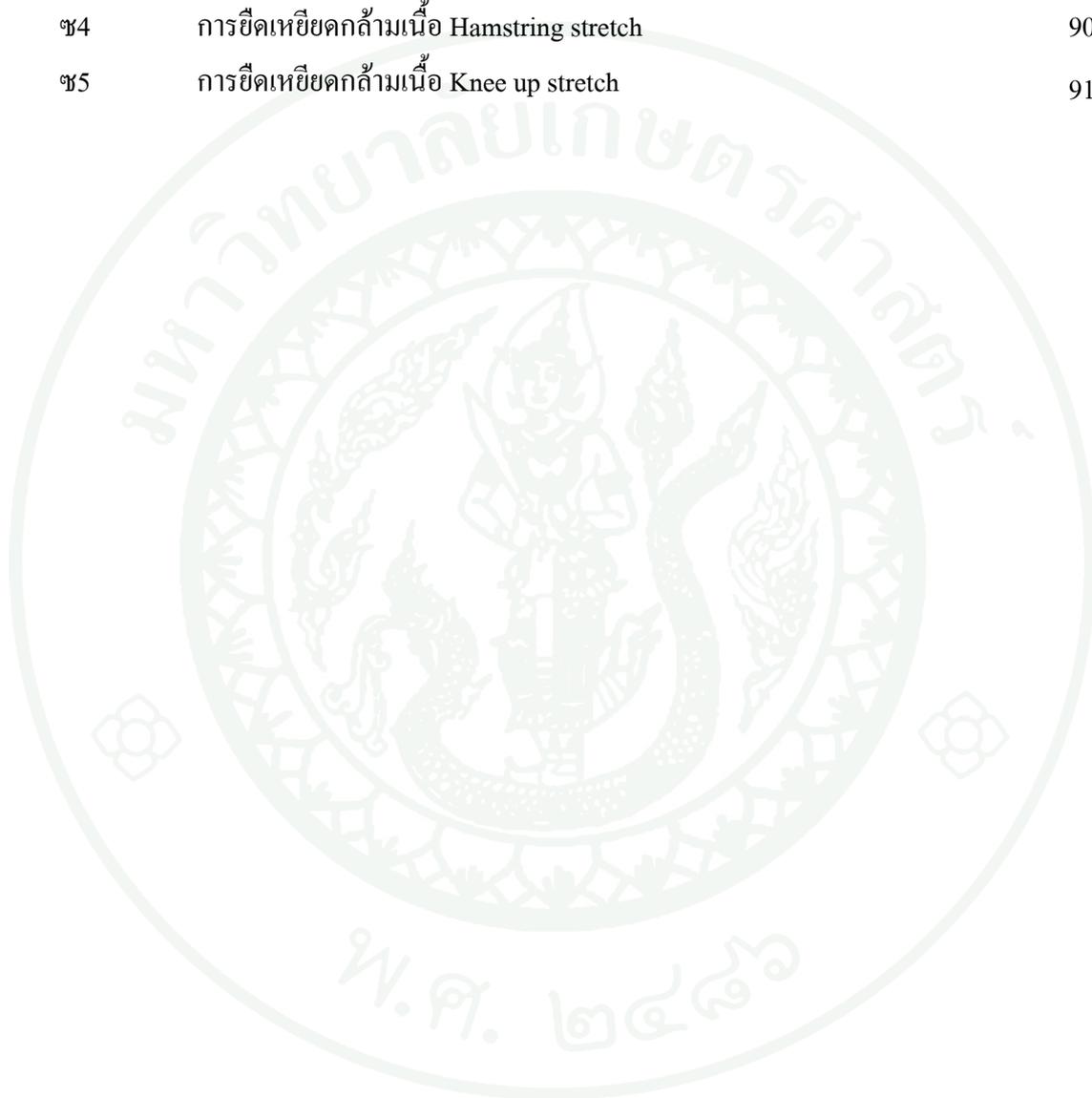
ตารางที่		หน้า
11	การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา ด้านหลัง ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	42
ตารางผนวกที่		
ข3	การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา ด้านหลัง ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	60
ข1	การอบอุ่นร่างกาย การคลายอบอุ่นร่างกาย และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	86

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อขา	43
2	อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของแรงเหยียดขา	43
3	อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นด้านหน้า ต่อน้ำหนักตัว	45
4	อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขา ด้านหลังต่อน้ำหนักตัว	45
ภาพผนวกที่		
ข1	ท่าเริ่มต้นการฝึก Half Squat	59
ข2	ท่าจบการฝึก Half Squat	60
ค1	ท่าเริ่มต้นการทดสอบ Dumbbell Squat	64
ค2	ท่าจบการทดสอบ Dumbbell Squat	65
ง1	เครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg dynamometer)	68
ง2	การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา	68
จ1	อุปกรณ์หาค่าน้ำหนัก ยางยืด (ดัมเบลล์ แผ่นน้ำหนัก)	71
จ2	อุปกรณ์หาค่าน้ำหนัก ยางยืด (ยางยืด (Rubber Chine)	71
จ3	อุปกรณ์หาค่าน้ำหนัก ยางยืด (ดรัมเบล และสายวัด)	72
จ4	อุปกรณ์หาค่าน้ำหนัก ยางยืด(เครื่องชั่งแบบสปริง)	72
ฉ1	การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าด้วยเครื่องมือระบบไอโซโค เนติก ไดนาโมมิเตอร์	79
ช1	การทดสอบหาค่ามวลกล้ามเนื้อขา (Leg lean muscle mass)	83
ช2	ไบโอแสดงผลของการวัดจากเครื่อง Inbody 720	84
ซ1	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อท่า Forward lunge stretch	87
ซ2	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Quadriceps stretch	88
ซ3	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Butterfly stretch	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ช4	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Hamstring stretch	90
ช5	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Knee up stretch	91



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

\bar{X}	= ค่าเฉลี่ย (mean)
S.D.	= ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
*	= ภายในกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
†	= ระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
df	= ระดับของความเป็นอิสระ (degree of freedom)
P	= โอกาสของความน่าจะเป็น (probability)
MS	= ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนกำลังสอง (mean squares)
SS	= ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบน (sum of squares)
F	= ค่าสถิติที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างจะใช้เทียบกับค่าจากตาราง

ผลของการฝึกด้วยแรงต้านโดยที่ยึดในระดับความหนักที่ต่างกัน ต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ

The Effects of Training Muscle by using Different Resistant Intensity via Rubber Chain Detected by Striated Muscle Morphologic Changes

คำนำ

กล้ามเนื้อมนุษย์เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเส้นใยที่ทำหน้าที่ต่างๆ หลายชนิด การผสมผสานระหว่างเส้นใยต่างชนิดกันนี้ทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้หลายรูปแบบ นอกจากนี้ กล้ามเนื้อยังสามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายวิภาคตามการกระตุ้นของสิ่งเร้าเฉพาะได้ สำหรับการฝึกด้วยแรงต้านมักทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงและขนาดกล้ามเนื้อ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกด้วยแรงต้าน เช่น จำนวนเซต ระยะเวลาพักในแต่ละเซตของแต่ละท่า ความหนัก และน้ำหนักที่ใช้ส่งผลต่อกกล้ามเนื้อที่ต่างกัน ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์เฉพาะระหว่างการกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายและการปรับตัวของกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายและการแสดงความสามารถทางการกีฬาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทำให้ร่างกายได้เคลื่อนไหวและออกแรงกระทำต่อแรงภายนอก ซึ่ง Bloomfield *et al.* (1994) ได้กล่าวว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หมายถึง ปริมาณของแรงที่กล้ามเนื้อสามารถออกแรงเพื่อเอาชนะแรงต้านด้วยความพยายามอย่างเต็มที่ การฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกแบบมีแรงต้าน เป็นการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อนั้น เป็นผลมาจากการฝึกความแข็งแรงสูงสุด และความแข็งแรงแบบยืดหยุ่น มากกว่าการฝึกความแข็งแรงแบบอดทน Heyward (1991) กล่าวว่า ีผลของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจากการฝึกด้วยน้ำหนัก และการฝึกแบบมีแรงต้าน คือ ลักษณะรูปร่างของกล้ามเนื้อ ระบบประสาททางชีวเคมีเพิ่ม ซีพี และ เอทีพี ซึ่งสอดคล้องกับ เจริญ (2551) กล่าวว่า สิ่งที่เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงการปรับสภาพของเส้นใยกล้ามเนื้ออันเป็นผลเนื่องมาจากการฝึกความแข็งแรงคือ เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Hypertrophy) ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขนาดของเส้นใยเล็กๆ (Myofibrils) ที่รวมตัวกันเป็นมัดกล้ามเนื้อ หรืออีกนัยหนึ่งคือ เป็นการเพิ่มจำนวนของ Actin และ Myosin ซึ่งทำ

หน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดของแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ จะได้รับการพัฒนาให้มีขนาดใหญ่และแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วยโปรแกรมการฝึกความแข็งแรงที่ถูกต้อง ระหว่างจำนวนครั้งที่ยกกับความหนักหรือแรงต้านที่ใช้ในการฝึก แนวทางในการฝึกความแข็งแรงที่ให้ผลดีที่สุดคือ น้ำหนักที่ใช้ในการฝึกจะต้องมากจำนวนครั้งที่ยกน้อย

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาผล และความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคของกล้ามเนื้อในการตอบสนองต่อโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยั้ง 3 โปรแกรม ที่มีต่อมวลกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งการศึกษาของทศพล (2550) ได้ศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง โดยใช้ยางในรถจักรยานยนต์ พบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังก่อนและภายหลังการฝึกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับรุ่งนภา (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Elastic Weight Training ที่ส่งผลต่อกล้ามเนื้อแขนโดยได้ศึกษากับกลุ่มนักเรียน พบว่า Elastic Weight Training ทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นแขนของนักเรียนเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาของ Swensen et al.(1993) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยน้ำหนักปานกลางที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยฝึกในวันจันทร์ พุธ ศุกร์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากการทดสอบพบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นทุกคนโดยเฉลี่ย 20 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาวิจัยที่กล่าวมา ผู้วิจัยเชื่อว่ายางยัดนั้นสามารถใช้เป็นอุปกรณ์ในการฝึกสามารถตอบสนองต่อมวลกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ ซึ่งหาง่าย มีความปลอดภัย สะดวกในการพกพา ผู้ที่นำไปใช้สามารถออกกำลังกายได้ทุกที่ ความรู้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะได้นำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่รักการออกกำลังกาย นักกีฬา ผู้ฝึกสอนกีฬา และผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นแนวทางการเลือกวิธีการฝึกด้วยแรงต้าน เพื่อพัฒนาการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างเหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์ , 80 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 RM ต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ
2. เพื่อหาค่าความแตกต่างของผลการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์ , 80 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 RM ต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ

สมมติฐาน

การฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์, 80 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 RM ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลของการวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลให้แก่ผู้ฝึกสอนกีฬาที่มีการฝึกด้วยน้ำหนัก และผู้ที่สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
2. เป็นแนวทางในการนำไปพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิธีการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬา และผู้ที่สนใจให้มากที่สุด

ขอบเขตการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์, 80 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 RM ต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ

1. กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พลทหารหมวดฝึก กองร้อยพลเสนารักษ์ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า กรุงเทพฯ มีอายุ 21 ปี จำนวน 120 คน

2. การทำวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์, 80 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 RM ต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ เพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

3. ระยะเวลาในการวิจัย ใช้เวลา 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน โดยทำการฝึกในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ ระยะเวลา 16.00 – 17.00 น.

4. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ประกอบด้วย

4.1 ตัวแปรอิสระ (Independent variable) คือ การฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์, 80 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 RM

4.2 ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

มวลกล้ามเนื้อขา (Leg lean muscle mass) หมายถึง กล้ามเนื้อขาที่ปราศจากไขมัน

ความแข็งแรงกล้ามเนื้อขา (Leg muscle strength) หมายถึง กลุ่มกล้ามเนื้อขา ซึ่งทำหน้าที่หลักในการเหยียดขา

ความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstrings) ในการหดตัวออกแรงได้เต็มความสามารถหน่วยเป็นนิวตันเมตร ทำหน้าที่หลักในการเหยียดขา และงอขา

การฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืด หมายถึง การฝึกเพื่อเสริมสร้างกล้ามเนื้อ โดยใช้อุปกรณ์ยางยืดเป็นแรงต้านเพื่อให้กล้ามเนื้อต้องออกแรงเพิ่มมากขึ้นในการเคลื่อนไหว ในท่านั่งย่อ (Half Squat) ที่มุม 90 องศา

1 RM (One repetition maximum) หมายถึง ความสามารถสูงสุดของกล้ามเนื้อที่สามารถออกแรงยกน้ำหนักได้ 1 ครั้ง โดยครั้งต่อไปไม่สามารถยกได้อีก

การตรวจเอกสาร

ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของกล้ามเนื้อลาย
2. ความสำคัญของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
3. การเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่หน้าตัดเส้นใยกล้ามเนื้อ ที่มีความสัมพันธ์ต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
4. หลักการฝึกด้วยแรงต้านเพื่อความแข็งแรง
5. หลักการและเทคนิคการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยั้งยืน

ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของกล้ามเนื้อลาย

ซัยเลียส (2540) กล่าวว่า ใยกล้ามเนื้อลายทั้งหมดประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อจำนวนมากเรียงตัวอยู่รวมกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอื่น ๆ องค์ประกอบของเซลล์กล้ามเนื้อมีทั้งส่วนที่เป็นโปรตีนและส่วนที่ไม่ใช่โปรตีนส่วนที่เป็นโปรตีน ได้แก่ โปรตีนโครงสร้าง เช่น actin, myosin ซึ่งเป็นโปรตีนที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (contractile protein) และเอ็นไซม์ต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นในกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์

ส่วนประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตซึ่งส่วนมากจะเป็น glycogen ไขมัน เกลือแร่ต่าง ๆ และสารเคมีอื่น ๆ เช่น creatine phosphate และ adenosine triphosphate (ATP) ซึ่งเป็นสารสำคัญที่เซลล์กล้ามเนื้อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการหดตัว

ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของกล้ามเนื้อลาย เฉพาะในส่วนที่ใช้ช่วยในการทำความเข้าใจการทำงานของกล้ามเนื้อมีดังนี้

กล้ามเนื้อมัดหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยกลุ่มเส้นใย (muscle fasciculus) หลายกลุ่ม กลุ่มเส้นใยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อ หรือเซลล์กล้ามเนื้อรูปทรงกระบอกจำนวนมากเรียงตัวขนานกัน เส้นใยกล้ามเนื้อลายแต่ละเส้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-80 μm มีนิวเคลียสหลายอันกระจายอยู่ที่ผิวเซลล์ ไม่มีทางติดต่อกันระหว่างเซลล์ (syncytial bridge) เยื่อผนังเซลล์กล้ามเนื้อลายเรียก sarcolemma แต่ละเซลล์จะมีปลายประสาทมาเลี้ยงหนึ่งเส้น ภายในแต่ละเส้นใยกล้ามเนื้อประกอบด้วย myofibril จำนวนมาก แต่ละ myofibril ประกอบด้วย myofilament สองชนิด คือ myosin filament และ actin filament ซึ่งเป็น contractile protein ปลายทั้งสองของกล้ามเนื้อทั้งมัดจะรวมกลายเป็นเส้นเอ็นกล้ามเนื้อ (tendon) ทอดไปยึดติดกับส่วนของกระดูก แรงการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งมัดเกิดจากแรงการหดตัวของแต่ละเส้นใยที่เรียงตัวขนานกันมารวมกัน จึงขึ้นกับจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อหรือพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อมัดนั้น

องค์ประกอบภายในของเส้นใยกล้ามเนื้อลาย เช่น myofilament ต่าง ๆ รวมทั้ง sarcotubular system ซึ่งมีความสำคัญในการควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อ

Myosin filament

Myosin filament หรือ thick filament ประกอบด้วย myosin 200 โมเลกุล หรือมากกว่ามารวมกัน แต่ละโมเลกุลของ myosin ประกอบด้วยสาย polypeptide 2 ชนิด คือ heavy chain และ light chain heavy chain หนึ่งสายมีน้ำหนักโมเลกุล 200,000 heavy chain 2 สายจะพันกันเป็นเกลียว โดยที่ปลายด้านหนึ่งขดเป็นส่วนหัวและอีกปลายหนึ่งเป็นส่วนหาง สาย light chain (น้ำหนักโมเลกุล 20,000) จำนวน 4 สายประกอบเป็นส่วนหนึ่งอยู่ในส่วนหัวของสาย myosin thick filament หนึ่งสายจะมีความยาวประมาณ 1.6 μm การเรียงตัวของ myosin จะเรียงตัวโดยหันหัวไปทางเดียวกันและมีส่วนกลาง (body) และหาง (tail) รวมตัวกัน crossbridge ประกอบด้วยส่วนที่ยื่นจากส่วนกลางของสาย myosin ออกไปเป็นแขนสั้น ๆ และส่วนหัวของสาย myosin ทำหน้าที่สำคัญในการจับกับสาย actin ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อขึ้น ที่ส่วนต่อระหว่าง crossbridge กับส่วนกลางของ thick filament จะมีข้อต่อที่หมุนได้เรียกว่า hinge

Actin filament

Actin filament หรือ thin filament ประกอบด้วยโปรตีน 3 ชนิดด้วยกันคือ actin, tropomyosin และ troponin actin filament ประกอบด้วย F actin 2 สายพันกัน สาย F actin ประกอบด้วยโมเลกุลของ G actin ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 42,000 อยู่รวมกันเป็นสาย นอกจากนี้ actin filament ยังประกอบด้วย tropomyosin (น้ำหนักโมเลกุล 70,000) อีก 2 สายมาพันแทรกอยู่ thin filament หนึ่งสายมีความยาวประมาณ 1 μm ในขณะที่สาย tropomyosin จะบัง active site ของสาย actin ทำให้ขัดขวางการจับกันระหว่างหัวของ myosin กับ active site ของสาย actin

Troponin

เป็นโปรตีนที่มีลักษณะกลมประกอบด้วย 3 หน่วยย่อย คือ troponin T, troponin C และ troponin I ซึ่งเรียกรวมว่า troponin complex troponin T เป็นส่วนที่เชื่อม troponin complex เข้ากับ tropomyosin troponin C ทำหน้าที่จับ Ca^{2+} ส่วน troponin I จะเป็นตัวป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง actin กับ myosin

Sarcotubular system

ประกอบด้วย saroplasmic reticulum ซึ่งเป็นที่เก็บสะสม Ca^{2+} และ T system หรือ transverse tubule ซึ่งเป็นส่วนที่ติดต่อกับของเหลวภายนอกเซลล์ และยื่นเข้าไปในเซลล์กล้ามเนื้อ transverse tubule นี้จะอยู่ตรงบริเวณ terminal cisternae ของ saroplasmic reticulum transverse tubule 1 อันกับ terminal cisternae 2 อัน ถูกเรียกรวมว่า triad และจะอยู่ตรงบริเวณรอยต่อระหว่าง A-band กับ I-band พลังประสาทจะแพร่จากบริเวณผิวเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์กล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วทาง transverse tubule มีผลให้ Ca^{2+} ถูกปล่อยออกจาก terminal cisternae และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า เคมี เชนกกล และทางเมตะบอลิสม์

ชนิดของกล้ามเนื้อลาย

เส้นใยกล้ามเนื้อลายในร่างกายแบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ตามลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ และคุณสมบัติทางสรีรวิทยา ได้แก่

1. Slow fiber หรือ red fiber

เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้มีสีแดง เนื่องจากมี myoglobin, oxidative enzyme และ mitochondria จำนวนมาก มีความสามารถในการปลดปล่อย Ca^{2+} จาก sarcoplasmic reticulum ได้เร็วปานกลาง กล้ามเนื้อชนิดนี้จะหดตัวช้า ระยะเวลาหดตัวยาว และมีอาการเหนื่อยช้า สามารถปรับตัวต่อการหดตัวนาน ๆ ได้ กล้ามเนื้อเหล่านี้จึงเหมาะสำหรับการทำงานที่เป็นแบบ phasic สามารถทำงานได้นาน ๆ ตัวอย่างเช่น กล้ามเนื้อกะบังลมที่ใช้ในการหายใจ และกล้ามเนื้อ soleus ที่ใช้ในการรักษาการทรงตัวของร่างกาย เป็นต้น

2. Fast fiber หรือ white fiber

เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้มีสีไม่แดงจัด เช่น กล้ามเนื้อชนิดแรก มีจำนวน myoglobin, oxidative enzyme และ mitochondria ค่อนข้างต่ำ แต่มีการเจริญทางระบบ glycolytic enzyme มาก สามารถให้พลังงานช่วงสั้น ๆ ได้ กล้ามเนื้อชนิดนี้มีความสามารถในการปลดปล่อย Ca^{2+} จาก sarcoplasmic reticulum ได้เร็วมาก จะหดตัวเร็วและมีอาการเหนื่อยเร็ว จึงเหมาะสำหรับการหดตัวแบบ phasic ที่ทำให้เกิดแรงมาก ๆ ในช่วงสั้น ๆ ตัวอย่างกล้ามเนื้อประเภทนี้ เช่น gastrocnemius หรือกล้ามเนื้อที่ได้มีการพัฒนาอย่างจำเพาะเพื่อทำหน้าที่ที่ต้องการทักษะ หรือมีความละเอียดอ่อนในการทำงานอย่างมาก เช่น กล้ามเนื้อมือ และกล้ามเนื้อควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตา (extraocular muscle) เป็นต้น

กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย

กระแสประสาทกระตุ้นกล้ามเนื้อ โดยที่กระแสประสาทแพร่กระจายไปตามเส้นประสาทจนถึงบริเวณ motor end plate และเกิด end plate potential จากนั้นจะเกิด excitation-contraction coupling ซึ่งหมายถึงการที่ action potential แพร่กระจายไปตามผิวเซลล์กล้ามเนื้อลาย และเข้าไปในเซลล์โดยทาง T system ทำให้ Ca^{2+} หลั่งออกจาก sarcoplasmic reticulum เกิดปฏิกิริยาของโปรตีน และเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ (muscle twitch หรือ muscle contraction) ในที่สุด

ในขณะที่กล้ามเนื้อเริ่มถูกกระตุ้นด้วยกระแสประสาท จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงเชิงกลภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด แต่โดยทั่วไป การเปลี่ยนแปลงเชิงกลจะเกิดตามหลังการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า

End plate potential

เมื่อ action potential เดินทางมาตามเส้นประสาทจนถึงบริเวณ neuromuscular junction จะมีสาร neurotransmitter ได้แก่ acetylcholine หลั่งออกจากปลายประสาท ทำให้ acetylcholine-gate channel ที่ผิวของเซลล์กล้ามเนื้อในบริเวณนั้น ๆ เปิด ยังผลให้ Na^+ ไหลเข้าสู่เซลล์เป็นจำนวนมาก ทำให้ membrane potential มีค่าเป็นบวกมากขึ้นจากเดิมประมาณ 50 – 70 mV และก่อให้เกิด local potential หรือที่เรียกว่า end plate potential ขึ้น โดยปกติแล้วการเพิ่มขึ้นของ membrane potential อย่างรวดเร็วประมาณ 20 – 30 mV ก็เพียงพอที่จะทำให้เกิด positive feedback ของการกระตุ้น Na channel และเกิด action potential ตามมา

Muscle twitch

เมื่อเซลล์กล้ามเนื้อถูกกระตุ้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าขึ้นก่อน action potential ซึ่งแพร่ไปตามผิวเซลล์และ T system ทำให้เกิด excitation-contraction coupling ยังผลให้เกิดการหดตัวและการคลายตัวของกล้ามเนื้อในระยะเวลาต่อมา การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อนี้ เรียกว่า muscle twitch โดยทั่วไป โดยทั่วไปกล้ามเนื้อลายเริ่มหดตัวหลังจากเซลล์กล้ามเนื้อถูก depolarize ไปแล้วประมาณ 2 ms และก่อนที่ depolarization ของเซลล์กล้ามเนื้อจะเสร็จสิ้นลง ระยะเวลาของการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อลายจะมีช่วงสั้น หรือยาวนาน ขึ้นกับชนิดของกล้ามเนื้อพวกที่เป็น fast fiber อันได้แก่ กล้ามเนื้อซึ่งทำงานที่ละเอียดอ่อน ต้องการความเร็วและความแม่นยำ จะมีระยะการหดตัวสั้น อาจจะสั้นเพียง 7.5 ms ส่วน slow fiber อันได้แก่ กล้ามเนื้อซึ่งทำงานที่ไม่ต้องการความละเอียดอ่อน แต่ต้องการความแข็งแรง ความแรงและความคงทน จะมีระยะการหดตัวยาวนาน ซึ่งอาจจะนานถึง 100 ms

กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อในระดับโมเลกุล

การหดตัวของกล้ามเนื้อในระดับโมเลกุล (molecular mechanism of muscle contraction) สามารถอธิบายได้โดยอาศัยกลไกการเลื่อนซ้อนกันของ myofilament (sliding filament mechanism) การเลื่อนซ้อนกันของ myofilament นี้ เกิดขึ้นจากวงจรของการจับกันระหว่าง actin และ myosin ทำให้เกิดการดึงของ myofilament เกิดการหดตัว ตามด้วยการปล่อย actin และ myosin ออกจากกันและเข้าวงจรการจับ-ดึง-ปล่อย อีกตลอดระยะเวลาการหดตัวของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อที่อยู่ในขณะพัก troponin I จะจับกับ actin และ tropomyosin ทำให้ตำแหน่ง active site บนสาย actin ถูกปิดไว้ เมื่อ action potential แพร่กระจายผ่านเซลล์ทาง T tubule จะกระตุ้น dihydropyridine receptor ซึ่งเป็น voltage-gated Ca channel อยู่ที่ T tubule membrane ทำให้ Ca^{2+} หลั่งออกมาจาก terminal cisternae ของ sarcoplasmic reticulum Ca^{2+} ที่หลั่งออกมานี้จะจับกับ troponin C บนสาย actin ทำให้สาย tropomyosin เกิดการเลื่อนตัวและเปิด active site บนสาย actin ที่ส่วนหัวของสาย myosin มีเอ็นไซม์ adenosine triphosphatase (ATPase) ซึ่งสลาย ATP เป็น ADP และ inorganic phosphate (P_i) มาจับอยู่ที่ส่วนหัวของ myosin ทำให้ myosin มี affinity ต่อ active site ของสาย actin สูงขึ้น และมีการจับกันของ myosin กับ actin เกิดเป็น actomyosin complex ส่วนหัวของ myosin จะเคลื่อนตัวโดยการงอที่ hinge และดึงสาย actin จะเห็น Z-line วิ่งเข้าหา M-line ทำให้การหดสั้นยาวของ sarcomere ขึ้นตอนนี้เรียกว่า power stroke และต้องอาศัยพลังงานจากการสลาย ATP ดังกล่าวข้างต้น หลังจาก myosin จับกับ actin แล้ว ADP กับ P_i จะถูกปล่อยออกจากส่วนหัวของสาย myosin ทำให้ ATP โมเลกุลใหม่สามารถเข้าไปจับแทน affinity ของ myosin ต่อ actin จะลดลง ยังผลให้ myosin และ actin แยกออกจากกัน และส่วนหัวของ myosin พร้อมทั้งจะทำปฏิกิริยากับ ATP โมเลกุลใหม่และเกิดวงจรการสลาย ATP เกิด actomyosin complex เกิด power stroke และการแยกออกจากกันของ actin กับ myosin ซ้ำอีก เรียกววงจรนี้ว่า crossbridge cycle

การคลายตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นเมื่อ Ca^{2+} ถูก pump กลับเข้าไปเก็บใน sarcoplasmic reticulum อีกครั้งหนึ่ง โดยกระบวนการ active transport ซึ่งต้องอาศัยพลังงานจาก ATP เช่นกันเมื่อระดับความเข้มข้นของ Ca^{2+} ใน cytosol ลดต่ำลงมากพอ กระบวนการทางเคมีระหว่าง actin กับ myosin จะหยุดลง กล้ามเนื้อจะคลายตัว

ในภาวะที่ขาดพลังงานทั้ง ATP และ creatine phosphate การคลายตัวของกล้ามเนื้อจะไม่เกิดขึ้น พบว่าหัวของ myosin จับแน่นกับ actin เนื่องจากไม่มี ATP ที่จำเป็นในการสลายการจับกันของ actin กับ myosin อีกทั้งการขนส่ง Ca^{2+} กลับเข้า sarcoplasmic reticulum จะถูกยับยั้ง กล้ามเนื้อมีอาการหดเกร็งหรือหดตัวค้าง เรียกภาวะนี้ว่า rigor ปรากฏการณ์นี้ถ้าเกิดในคนตาย เรียกว่า rigor mortis ซึ่งจะเกิดหลังเสียชีวิตประมาณ 4-6 ชั่วโมง

การหดตัวของกล้ามเนื้อโดยรวม จึงเกิดจากการสลับกันจับ - ดึงแล้วปล่อยระหว่างส่วนหัวของ myosin และ active site บนสาย actin ในจุดถัด ๆ ไป ในขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวขนาดของ A-band จะคงที่ แต่ขนาดของ I-band จะหดสั้นลง เนื่องจาก Z-line เคลื่อนเข้าหากันและขนาดของ sarcomere หดสั้นลง การจับและปล่อยแต่ละรอบ กล้ามเนื้อจะหดสั้นลงประมาณ 1% จะเห็นได้ว่ากระบวนการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อล้วนจำเป็นต้องอาศัยพลังงานทั้งสิ้น

คุณสมบัติเชิงกลของกล้ามเนื้อ

องค์ประกอบที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ได้แก่ contractile protein ทั้งหมด ซึ่งเรียกว่า contractile element ส่วนองค์ประกอบที่ไม่ได้ใช้ในการหดตัว เรียกรวม ๆ ว่า elastic element เช่น connective tissue เส้นเอ็น เส้นเลือด เส้นประสาท เป็นต้น จะแทรกกระจายอยู่ในมัดกล้ามเนื้อ โดยอาจเรียงตัวขนานหรือเรียงตัวเป็นอนุกรมกับ contractile element ก็ได้พวกที่เป็น parallel elastic element จะทำหน้าที่ต่อต้านการดึงยืดของกล้ามเนื้อ และมีส่วนทำให้เกิดแรงดึงตัว (tension) ของกล้ามเนื้อในระยะพัก ส่วนที่เป็น series elastic element จะทำหน้าที่ต่อต้านการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ในขณะที่กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นและมีปฏิกิริยาการจับ-ดึง-ปล่อย ของ actin กับ myosin ทำให้มีการหดสั้นตัวของ sarcomere นั้น tension ของกล้ามเนื้อทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แต่ความยาวโดยรวมของกล้ามเนื้อทั้งหมดยังคงเท่าเดิมอยู่ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการที่ contractile element หดสั้นเข้า ทำให้เกิดแรงดึงให้ series elastic element (เช่น เส้นเอ็นกล้ามเนื้อตรงปลายทั้งสองด้านของมัดกล้ามเนื้อ) ยึดตึงขึ้น มีผลให้ tension หรือแรงดึงตัวรวมของกล้ามเนื้อสูงขึ้น แต่ความยาวของกล้ามเนื้อโดยรวมยังเท่าเดิมอยู่ การหดตัวของกล้ามเนื้อในภาวะนี้เรียกว่า isometric contraction

เมื่อ contractile element หดสั้นเข้าไปเรื่อย ๆ และถึง series elastic element ให้ยืดยาวออกจนยืดออกไปอีกไม่ได้แล้ว ถึงตอนนี้ tension ของกล้ามเนื้อทั้งหมดจะคงที่ แต่ความยาวของกล้ามเนื้อทั้งหมดเริ่มหดสั้นลง การหดตัวของกล้ามเนื้อในระยะหลังนี้เรียกว่า isotonic contraction

ลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย

การตอบสนองต่อการกระตุ้นของระบบกล้ามเนื้อในร่างกายเกิดจากการทำงานประสานกันของ motor unit หลาย ๆ หน่วยในกล้ามเนื้อมัดเดียวกัน และยังมีการทำงานประสานกับกล้ามเนื้อมัดอื่น ๆ อีกด้วย การทำงานของกล้ามเนื้อลายในร่างกายจึงเป็นแบบ graded response มี summation of contraction และมี body mechanics ที่ทำให้กล้ามเนื้อทำงานอย่างได้เปรียบเชิงกล อย่างไรก็ตาม ถ้ากล้ามเนื้อทำงานหนักติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ อาจทำให้เกิดอาการล้า (muscle fatigue) เมื่อระบบประสาทที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อลายนั้นถูกทำลายไป (denervation) ไม่ว่าจะด้วยสาเหตุประการใดก็ตาม การทำงานของกล้ามเนื้อมัดนั้นจะผิดปกติสามารถตรวจได้โดยการบันทึกคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อที่เรียกว่า electromyography

Motor Unit

การทำงานของกล้ามเนื้อลายในร่างกาย โดยปกติจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทยนต์ โดยที่ motor area ในสมองจะส่งพลังประสาทมาตามเส้นประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งถูกถ่ายทอดต่อไปยังระบบประสาทส่วนปลาย และไปยังระบบกล้ามเนื้อโดยผ่านทาง motor unit ซึ่งถือเป็นหน่วยย่อยที่สุดของระบบกล้ามเนื้อที่สามารถทำงานได้ motor unit ประกอบด้วย motor neuron 1 เซลล์และเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวนหนึ่งที่นิวรอนนั้นไปเลี้ยง เมื่อ motor neuron หนึ่งถูกกระตุ้น เส้นใยกล้ามเนื้อทุกเส้นใยที่ถูกเลี้ยงโดยนิวรอนนั้นจะตอบสนองโดยการหดตัวทั้งหมด อัตราส่วนของจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อต่อ motor neuron 1 เซลล์นั้น จะขึ้นกับลักษณะความละเอียดอ่อนและความแม่นยำของการทำงานของกล้ามเนื้อนั้น ๆ เช่น ในกล้ามเนื้อควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตา หรือในกล้ามเนื้อมือซึ่งต้องการความละเอียดอ่อนและความแม่นยำสูง จะมีจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อเพียง 3 – 6 เส้นใยต่อ motor neuron 1 เซลล์ แต่ในกล้ามเนื้อขาหรือหรือกล้ามเนื้อบริเวณหลังซึ่งไม่ต้องการความละเอียดอ่อนหรือความแม่นยำในการเคลื่อนไหว จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อต่อ 1 motor unit อาจมีมากมายร้อยเส้นใย

โดยทั่วไป spinal motor neuron จะไปเลี้ยงเส้นในกล้ามเนื้อที่มีลักษณะเดียวกัน ซึ่งหมายความว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ใน motor unit เดียวกัน จะมีคุณสมบัติเป็น slow หรือ fast fiber อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น โดยทั่วไป slow muscle fiber จะถูกเลี้ยงโดย spinal motor neuron ที่มีขนาดเล็ก และมีความเร็วในการสื่อกระแสประสาทช้า ในขณะที่ fast muscle fiber จะถูกเลี้ยงโดย spinal motor neuron ที่มีขนาดใหญ่ และมีความเร็วในการสื่อกระแสประสาทเร็ว พบว่ากล้ามเนื้อใหญ่ ๆ ของแขนและขาจะทำงานด้วย slow unit ก่อนเป็นส่วนใหญ่ slow unit นี้ทนทานต่อการเหนื่อยล้า ส่วน fast unit จะเริ่มทำงานเมื่อแขนขานั้นต้องเคลื่อนไหวแรงขึ้น fast unit จึงมีอาการล้าเร็ว

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและแหล่งพลังงาน

กล้ามเนื้อต้องการพลังงานทั้งในขณะหดตัวและคลายตัว แหล่งพลังงานที่กล้ามเนื้อนำมาใช้นี้อยู่ในรูปของ ATP ซึ่งเป็น organic phosphate ที่ได้มาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร (intermediary metabolism หรือ phosphorylation)

Phosphorylation โดยปกติ ATP จะถูกสร้างขึ้นโดยการรวมกันของสาร adenosine diphosphate (ADP) กับ inorganic phosphate โดยอาศัยพลังงานจากการสลายสารคาร์โบไฮเดรต เช่น กลูโคส นอกจากนี้ภายในเซลล์กล้ามเนื้อเองยังมีสารประกอบ phosphate อีกชนิดหนึ่งซึ่งให้พลังงาน เรียกว่า phosphoryl creatine หรือ creatine phosphate (CP) เมื่อ CP ถูก hydrolyze จะสลายกลายเป็น creatine, phosphate และพลังงาน ในขณะพัก ATP บางส่วนในกล้ามเนื้อจะถูกใช้ไปในการสร้าง CP และเก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อ ขณะออกกำลังกาย CP จะถูกนำไปสร้าง ATP และ ATP จะถูกนำไปใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อต่อไป

การสร้าง CP ถูก catalyze โดยเอนไซม์ creatine phosphokinase ใน mitochondria ในขณะที่ยังมีการ hydrolysis ของ CP ต้องอาศัยเอนไซม์ creatine phosphokinase ที่ส่วนหัวของ myosin

การสลายสาร carbohydrate พลังงานส่วนใหญ่ที่สะสมในรูป CP และ ATP นั้นได้มาจากการสลายกลูโคสให้กลายเป็น carbon dioxide และน้ำ นอกจากกลูโคสแล้ว ภายในเซลล์กล้ามเนื้อและตับยังเก็บสะสมกลัยโคเจนซึ่งเปลี่ยนเป็นกลูโคสได้อีกด้วย

ในขณะที่ร่างกายมี oxygen เพียงพอ กลูโคสจะถูกสลายให้ pyruvate ซึ่งเข้าสู่กระบวนการใน tricarboxylic acid cycle ถูก metabolize จนกลายเป็น carbon dioxide และน้ำ เรียกกระบวนการทั้งหมดนี้ว่า respiratory enzyme pathway หรือ aerobic glycolysis

ถ้าร่างกายมี oxygen ไม่เพียงพอ pyruvate จะถูก reduce กลายเป็น lactate (แทนที่จะเข้ากระบวนการ tricarboxylic acid cycle) กระบวนการนี้เรียกว่า anaerobic glycolysis ซึ่งจะได้จำนวนพลังงานน้อยกว่าการสลายแบบที่ใช้ oxygen

นอกจากนี้ เซลล์กล้ามเนื้อยังสามารถ oxidize free fatty acid (FFA) ในกระแสเลือดได้ carbon dioxide น้ำ และพลังงานใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เชื่อกันว่า FFA นี้ เป็นสารต้นกำเนิดที่ให้พลังงานแก่กล้ามเนื้อในขณะที่พักและในช่วงระยะพักฟื้นหลังการหดตัว

ความสำคัญของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อเป็นส่วนของร่างกายซึ่งทำหน้าที่สำคัญ โดยเปลี่ยนแปลงพลังงานที่เก็บอยู่ในรูปสารเคมีไปเป็นพลังงานกล ทำให้อวัยวะต่างๆของร่างกายเคลื่อนไหวได้ ก่อให้เกิดงาน และทำให้ร่างกายดำรงชีวิตอยู่ได้ การเคลื่อนไหวเป็นธรรมชาติของมนุษย์ ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญของสมรรถภาพทางกาย ระบบการเคลื่อนไหวมีองค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน 3 ระบบ ได้แก่ ระบบโครงร่าง (Skeletal system) ทำหน้าที่เป็นแกนของคานในการเคลื่อนไหวของร่างกาย ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system) ทำหน้าที่หดตัวให้เกิดแรงดึงในการเคลื่อนไหวของกระดูก และระบบประสาท (Nervous system) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อและควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย ชัยเลิศ (2540) กล่าวว่าไว้ว่าขั้นตอนการทำงานของกล้ามเนื้อลายในร่างกาย

1. กล้ามเนื้อลายถูกกระตุ้นด้วยกระแสประสาทจากเส้นประสาทยนต์
2. เกิดการแพร่กระจายของกระแสประสาทจากปลายเส้นประสาทผ่านทาง neuromuscular junction หรือ motor end plate ไปยังเซลล์กล้ามเนื้อเหนี่ยวนำให้เกิด end plate potential

3. เกิด action potential แพร่กระจายสู่เซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้มี Ca^{2+} หลั่งออกมาจาก sarcoplasmic reticulum

4. เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานกลและพลังงานความร้อนภายใน

5. myofilament ซึ่งเป็นส่วนประกอบย่อยของเซลล์กล้ามเนื้อ ยังผลให้กล้ามเนื้อหดตัว ในที่สุด

สอดคล้องกับ Heyward (1991) กล่าวว่า ผลทางสรีรวิทยาของการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกแบบมีแรงต้านโดยแบ่งตามปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ปัจจัยทางด้านลักษณะรูปร่างของกล้ามเนื้อ
2. ปัจจัยทางประสาท
3. ปัจจัยทางชีวเคมี
4. การเปลี่ยนแปลงอื่นๆ

ทศพล (2550) กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อลาย

1. การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทกล้ามเนื้อ
2. การลดลงของขนาด และจำนวนใยกล้ามเนื้อ
3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลายลดลง
4. การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน

5. การรับประทานอาหาร

6. ระดับของกิจกรรมทางกายภาพรวมถึงการดำเนินชีวิตประจำวันและการออกกำลังกาย

7. สิ่งแวดล้อม และมลภาวะ

การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดด้วยตาเปล่า กล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็กลง กล้ามเนื้อเปลี่ยนสีมีการเพิ่มขึ้นของไขมันและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในกล้ามเนื้อ การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างภายในขนาดของใยกล้ามเนื้อลดลง ไมโทคอนเดรียลดลง การลดลงของการสังเคราะห์โปรตีนที่ทำหน้าที่ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ สอดคล้องกับ Sydney (1937) กล่าวไว้ว่า การทำงานของแพทย์ทางคลินิก และพยาธิแพทย์มีความจำเป็นสำหรับประโยชน์สูงสุดของ muscle biopsy ในการวินิจฉัย neuromuscular และ systemic disease ความผิดปกติจะแสดงความสัมพันธ์กับอาการ ความเจ็บปวดและอ่อนแรง ซึ่งอาการเหล่านี้บ่งบอกถึงภาวะการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทกล้ามเนื้อและการลดลงของขนาด เส้นใยกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายทำให้ร่างกายได้เคลื่อนไหวและออกแรงกระทำต่อแรงภายนอก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อยังเป็นพื้นฐานในการแสดงความสามารถทางกีฬา Westcott (1993) รายงานว่าการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะช่วยพัฒนาบุคลิก ท่าทาง (Appearance) ความสามารถทางกาย การเผาผลาญและผลิตพลังงานในร่างกาย ช่วยลดไขมันที่สะสมในร่างกาย ช่วยเพิ่มกำลังความแข็งแรงและความหนาแน่นของกล้ามเนื้อ รวมทั้งเอ็นกล้ามเนื้อและกระดูกเพิ่มขึ้น

ซูซูกิ และกัลยา (2536) กล่าวว่า ความแข็งแรงเป็นความสามารถของร่างกายหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายที่จะทำงาน ซึ่งความแข็งแรงเป็นความสามารถของร่างกายที่เกิดจากการรวมของปัจจัย 3 อย่าง ดังต่อไปนี้เข้าด้วยกันคือ

1. แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อกลุ่มที่ต้องการให้ทำงาน (Agonists) ซึ่งหมายถึงผลรวมของแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ละชิ้น

2. ความสามารถของกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้าม (Antagonists) ทำหน้าที่ประสานกับกล้ามเนื้อกลุ่มที่ต้องการให้ทำงาน (Agonists)

3. อัตราส่วนทางเมคานิกส์ของการจัดระบบคาน (กระดูก) ที่เกี่ยวข้อง

เจริญ (2550) กล่าวไว้ว่า วัตถุประสงค์ของการออกกำลังกายได้ 4 ประการหลักคือ

1. การออกกำลังกายเพื่อบำบัดรักษามีจุดมุ่งหมายเพื่อการบำบัดรักษา ผู้ที่มีปัญหาสุขภาพหรืออาการเจ็บป่วยด้วยโรคที่ไม่ติดต่อ อาทิเช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคหอบหืด โรคความดันโลหิตสูง โรคอ้วน โรคภูมิแพ้ โรคเครียดและปวดหลัง ฯลฯ ซึ่งแพทย์ปัจจุบันให้การยอมรับและใช้วิธีการออกกำลังกายเป็นส่วนหนึ่งในการบำบัดรักษาอาการของโรคดังกล่าว เพื่อลดการใช้ยาให้น้อยลงและสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายให้สูงขึ้น เป็นการรักษาอาการของโรคควบคู่กับการใช้ยาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ด้วยการจัดโปรแกรมการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับอาการของโรคและเหมาะสมกับผู้ป่วยเป็นรายๆ ไป ภายใต้การควบคุมดูแลของแพทย์และผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัดอย่างใกล้ชิด

2. การออกกำลังกายเพื่อการฟื้นฟูสภาพร่างกาย การออกกำลังกายประเภทนี้จะกระทำต่อจากการบำบัดรักษาหรือภายหลังจากอาการเจ็บป่วยทุเลาลงจนกระทั่งหายเป็นปกติ เพื่อกระตุ้นให้ร่างกายที่เสื่อมสภาพหรือทรุดโทรมลงในช่วงที่เจ็บป่วย กลับฟื้นคืนสภาพที่แข็งแรงเป็นปกติ อาทิเช่น อาการเจ็บไข้มึนสลายโดยทั่วไปอาการเจ็บป่วยด้วยโรคภัยไข้เจ็บ อาการบาดเจ็บจากการเล่นกีฬาหรือการแข่งขันกีฬา อาการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุรวมทั้งอาการเสื่อมสภาพของร่างกายที่เกิดจากการขาดการออกกำลังกาย เป็นต้น ซึ่งภายหลังจากอาการเจ็บป่วยทุเลาหรือหายเจ็บป่วยแล้ว การออกกำลังกายที่ถูกต้องและเหมาะสม จะช่วยฟื้นฟูสภาพร่างกายให้แข็งแรงเป็นปกติได้เร็วขึ้น

3. การออกกำลังกายเพื่อการสร้างเสริมร่างกายให้แข็งแรงอดทน การออกกำลังกายประเภทนี้มุ่งสร้างเสริมสุขภาพร่างกายจากสภาวะที่เป็นปกติให้มีความสมบูรณ์แข็งแรงในองค์รวมของสุขภาพ และสมรรถภาพทางกายเพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความอดทนของระบบหายใจและไหลเวียนเลือด การสร้างเสริมความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัวและส่วนประกอบของร่างกาย ซึ่งจะส่งผลให้ร่างกายสามารถประกอบภารกิจในชีวิตประจำวันที่หนักและนานได้เป็นอย่างดี โดยที่ไม่รู้สึกอ่อนเพลียหรือมีอาการเหน็ดเหนื่อยง่าย

เป็นการสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานโรคให้กับร่างกายที่จะช่วยป้องกันมิให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บมาเบียดเบียน ทำให้สุขภาพร่างกายแข็งแรงเพิ่มขึ้น สามารถประกอบหน้าที่การงานและดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุข

4. การออกกำลังกายเพื่อพัฒนาขีดความสามารถสูงสุดของร่างกาย การออกกำลังกายประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นการออกกำลังกายที่มุ่งพัฒนาทักษะและสมรรถภาพทางกลไกการเคลื่อนไหวของร่างกายแต่ละบุคคลให้พัฒนาไปสู่ศักยภาพหรือความสามารถสูงสุดในแต่ละด้านที่ต้องการ อาทิเช่น ความแข็งแรง ความเร็ว กำลัง ความคล่องแคล่วว่องไว ความแม่นยำ ปฏิบัติการรับรู้สั่งการของสมอง ความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว และการทรงตัวที่ดี เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะทำให้มีความสุขกายที่สมบูรณ์แข็งแรงเหนือกว่าคนทั่วไปแล้ว ยังสามารถปฏิบัติทักษะการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกกำลังกายประเภทนี้จะใช้เฉพาะสำหรับนักกีฬาหรือบุคคลที่มีสุขภาพพื้นฐานแข็งแรง และมีการเตรียมความพร้อมทางด้านร่างกายอย่างเป็นระบบ โดยผู้ฝึกสอนกีฬาหรือผู้เชี่ยวชาญทางการฝึกสมรรถภาพเฉพาะด้านที่มีความสามารถ เช่น การออกกำลังกายหรือการฝึกซ้อมของนักกีฬาประเภทต่างๆ เป็นต้น

ดังนั้นการเคลื่อนไหวของร่างกายจึงต้องการความแข็งแรงเป็นพื้นฐาน เพื่อต่อสู้กับแรงต้าน ความแข็งแรงจึงเป็นส่วนประกอบของสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับกำลัง (Power) ความเร็ว (Speed) และความคล่องตัว (Agility) การเพิ่มความแข็งแรงจะทำให้กำลังเพิ่ม การมีกำลังยอมทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้ทันทีที่สามารถเคลื่อนไหวได้ง่าย และเร็วขึ้น รวมถึงการเคลื่อนไหวในการเปลี่ยนทิศทางได้คล่องแคล่วว่องไว เพราะร่างกายต้องการแรงมากเพื่อเร่งมวล หรือน้ำหนักของร่างกายให้เคลื่อนที่ จากเหตุผลดังกล่าวจึงสรุปได้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยหลักของกลไกการเคลื่อนไหว

การเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่หน้าตัดเส้นใยกล้ามเนื้อแนวขวางของกล้ามเนื้อ ที่มีความสัมพันธ์ต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

จุดมุ่งหมายของการฝึกซ้อมหรือการออกกำลังกายเพื่อ ปรับปรุงหน้าที่ทางสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อให้พัฒนาขึ้นตามการทำงานของชนิดกีฬา ความเข้าใจในพื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่การทำงานของกล้ามเนื้อในการหดตัวสร้างแรงจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ (สนธยา, 2547)

อนันต์ (2527) กล่าวไว้ว่า การทำงานของกล้ามเนื้อจึงเป็นตัวกระตุ้นให้กล้ามเนื้อขยายขนาดพร้อมกันนี้ยังมีความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัด (Cross Section) ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ถ้ากล้ามเนื้อมัดใดมีพื้นที่หน้าตัดมาก กล้ามเนื้อมัดนั้นจะมีความแข็งแรง เจริญ (2550) กล่าวว่า การออกกำลังกายเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะช่วยป้องกันและลดการเสื่อมสภาพของเซลล์และระบบการทำงานของอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกาย “เหมือนฝาอกอมสินสุขภาพ” สอดคล้องกับ การศึกษาของ Marko *et al.* (2006) พบว่า นักวิ่งอายุมาก ระหว่าง 53-77 ปี มีกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ขึ้นและแรงสูงสุดต่อพื้นที่หน้าตัดในระดับเส้นใยกล้ามเนื้ออยู่ในเกณฑ์ปกติ และลักษณะความแข็งแรงและแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อที่สูงกว่าคนปกติ การฝึกซ้อมวิ่งระยะไกลเป็นระบบจะช่วยกระตุ้นให้โครงสร้างและลักษณะการออกแรงของกล้ามเนื้อ

ชัยเลิศ (2540) ได้กล่าวว่า ภาวะที่กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนใหญ่เกิดจากการที่กล้ามเนื้อมีการทำงานด้วยความแรงสูงสุดหรือเกือบจะสูงสุดเป็นประจำ หรือจากการฝึกฝนกล้ามเนื้อให้ทำงานหนักเป็นประจำเป็นเวลานานติดต่อกันประมาณ 6-10 สัปดาห์ มีผลทำให้จำนวน actin และ myosin filament ภายในเซลล์กล้ามเนื้อลายเพิ่มขึ้น แต่จำนวนเซลล์กล้ามเนื้อลายยังเท่าเดิมอยู่ ในปัจจุบันยังไม่ทราบว่าการเพิ่มจำนวน myofibril เกิดขึ้นได้อย่างไร อย่างไรก็ตาม เมื่อกล้ามเนื้อเกิด hypertrophy ปริมาณของ glycolytic enzyme ในเนื้อกล้ามเนื้อจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ทำให้มีการสลายสารอาหารและให้พลังงานในการหดตัวได้มากขึ้น สอดคล้องกับ ชูศักดิ์ และกันยา (2536) ได้กล่าวว่า ผลของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะทำให้เกิด Hypertrophy คือ การเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อใหญ่ขึ้น แข็งแรงขึ้น แต่ถ้าไม่ได้รับการฝึก กล้ามเนื้อจะมีขนาดเล็กลง เรียกว่า Atrophy นอกจากนี้การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จะทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัวดี (tone) ซึ่งทำให้กล้ามเนื้อสามารถปรับตัวรับกับงานหนักในขณะที่แข่งขันได้ดีขึ้น เจริญ (2551) กล่าวไว้ว่า สิ่งที่เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงการปรับสภาพของเส้นใยกล้ามเนื้ออันเป็นผลเนื่องมาจากการฝึกความแข็งแรงคือ เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Hypertrophy) ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขนาดของเส้นใยเล็กๆ (Myofibrils) ที่รวมตัวกันเป็นมัดกล้ามเนื้อ หรือกล้ามเนื้ออีกนัยหนึ่งคือ เป็นการเพิ่มจำนวนของ Actin และ Myosin ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดของแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ สอดคล้องกับ Tim และคณะ (2004) ได้ศึกษาผลของการฝึกการหดตัวกล้ามเนื้อแบบความยาวมากขึ้น Isokinetic ด้วยความเร็วสูงและต่ำ ต่อความหนาตัวที่เพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อ Biceps brachii ในชาย อายุ 23 ปี พบว่า ค่าพื้นที่ตัดขวางเส้นใยกล้ามเนื้อทุกชนิดเพิ่มขนาดขึ้น

ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ จะได้รับการพัฒนาให้มีขนาดใหญ่และแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงที่ถูกต้อง ระหว่างจำนวนครั้งที่ยกกับความหนักหรือความต้านที่ใช้ในการฝึก แนวทางในการฝึกความแข็งแรงที่ให้ผลดีที่สุด คือ น้ำหนักที่ใช้ในการฝึกจะต้องมาก จำนวนครั้งที่ยกน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ Graves and Pollock (1993) กล่าวว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นจากการฝึกจะส่งผลให้ความอดทนของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย การเพิ่มความถี่ในการกระตุ้นหน่วยยนต์ (Motor unit firing) และจำนวนหน่วยยนต์ที่ถูกกระตุ้นเพิ่มขึ้น หลังจากฝึกไป 4-6 สัปดาห์ กล้ามเนื้อจะมีขนาดใหญ่ขึ้น (Muscle hypertrophy) ซึ่งเกิดจากการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อมากขึ้น และ Gerson et al.(2002) ได้ศึกษาโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน 3 โปรแกรมคือ (1) Low Rep, ที่ระดับ 3-5 ครั้ง ของ 1 RM จำนวน 4 เซต พักระหว่างเซต 3 นาที (2) Int Rep, ที่ระดับ 9-11 ครั้ง ของ 1 RM จำนวน 3 เซต พักระหว่างเซต 2 นาที (3) High Rep, ระดับ 20-28 ครั้งของ 1 RM จำนวน 2 เซต พักระหว่างเซต 1 นาที พบว่าพื้นที่ตัดขวางเส้นใย เฉพาะกลุ่ม (1) และ (2) กล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด (I, IIa, IIb) เพิ่มขึ้น การเพิ่มขนาดจึงเป็นผลจากอัตราการสร้างโปรตีนสูงขึ้น ซึ่งรวมถึงโปรตีนที่ทำหน้าที่หดตัวของกล้ามเนื้อ

ความสำคัญของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มีความสัมพันธ์ต่อขนาดพื้นที่หน้าตัด ได้มีการศึกษา และทำการวิจัยดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จากความสำคัญของการฝึกด้วยน้ำหนักได้มีการศึกษา และทำการวิจัยอีกครั้งนี้ ถาวร (2541) ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกยกน้ำหนักในระดับความหนักที่ต่างกันที่มีต่อกำลังของกล้ามเนื้อขา พบว่า กำลังของกล้ามเนื้อขาไม่แตกต่างกัน ภายหลังจากฝึกสัปดาห์ที่ 9 แต่มีกำลังของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้นจากก่อนการฝึก อับดุลหาดี (2542) ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกยกน้ำหนักในระดับความหนักที่ต่างกันที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาไม่แตกต่างกัน ภายหลังจากฝึกสัปดาห์ที่ 9 แต่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นจากก่อนการฝึก ชัชฎาพร (2542) ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกแบบพีระมิด 2 รูปแบบที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน ภายหลังจากฝึกสัปดาห์ที่ 8 แต่ในความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นจากก่อนการฝึก เอกพล (2550) ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกด้วยน้ำหนักที่ความเร็วแตกต่างกันต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างกัน ภายหลังจากฝึกสัปดาห์ที่ 9 ผลของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้น ขึ้นอยู่กับวิธีการฝึก

หลักการฝึกด้วยแรงต้านเพื่อความแข็งแรง

การฝึกโดยใช้น้ำหนัก (Weight training) หมายถึง การฝึกเพื่อเพิ่มพูนประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยใช้น้ำหนักช่วยนอกเหนือจากการฝึกมือเปล่า เช่น บาร์เบลล์ ดัมเบลล์ หรืออาจรวมไปถึงเครื่องมืออื่นๆ ในเครื่องรมน้ำหนัก (Multiple weight machines) (ธวัช, 2538)

วุฒิพงษ์ (2536) กล่าวว่าวิธีการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงนั้นมีอยู่หลายวิธีแต่ทุกวิธียึดหลักการอันเดียวกัน คือ จะต้องทำให้กล้ามเนื้อต่อสู้กับแรงต้านทานหรือน้ำหนักที่สูงแบบค่อยๆ เพิ่มน้ำหนักเป็นเวลาพอสมควร ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของการกำหนดการฝึกโดยยึดหลักการเกิน (Overload principle) การฝึกแบบนี้เป็นวิธีการฝึกที่ทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรงโดยใช้น้ำหนักหรือแรงต้านเกินความสามารถ สอดคล้อง Paulette (1991); เจริญ (2538) รายงานว่า การฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะต้องคำนึงถึง

1. หลักการเพิ่มความหนักในการฝึก (Overload principle) หมายถึง การเพิ่มพูนความเครียด (Stress) ให้กับกล้ามเนื้อมากกว่าสภาวะปกติขณะทำการฝึก เช่น ใช้น้ำหนักที่มากกว่าที่กำหนดให้ ซึ่งน้ำหนักนี้จะกระตุ้นให้ร่างกายเกิดปฏิกิริยาตอบสนองขึ้น ขนาดความหนักที่เหมาะสม (Optimal load) สำหรับการพัฒนาเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อควรจะอยู่ในระดับที่กล้ามเนื้อต้องออกแรงเกือบเต็มที่ในการฝึกแต่ละครั้ง จึงจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการเสริมสร้างความแข็งแรงและกำลังของกล้ามเนื้อได้มากที่สุด Bowerman and Freeman (1991) รายงานว่า การเพิ่มความหนักในการฝึกนั้น ขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคล และวัตถุประสงค์ในการฝึก ศิริรัตน์ (2536) รายงานว่า หลักของการเพิ่มความหนักในการฝึก (Overload principle) เป็นหลักที่สำคัญที่สุดในการฝึกยกน้ำหนัก (Weight training) เพราะน้ำหนักเป็นแรงต้านทำให้เซลล์กล้ามเนื้อทำงานมากกว่าสภาวะปกติในชีวิตประจำวัน น้ำหนักที่เกินจะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเจริญเติบโต แข็งแรงขึ้น หลักการฝึกเกินจึงต้องทำโดยการเพิ่มแรงต้านทานหรือน้ำหนักที่ยกเพิ่ม

2. การเพิ่มความต้านทานในการฝึก (Progressive resistance)

เจริญ (2538) กล่าวว่า หลักการฝึกที่ดีนั้น กล้ามเนื้อจะได้รับการฝึกให้ออกแรงกระทำกับความต้านทาน ความต้านทานในการฝึกจะต้องเป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสม และสัมพันธ์กับ

สภาพความสมบูรณ์แข็งแรงของร่างกาย จึงจะทำให้โปรแกรมการฝึกได้ผลและประสบความสำเร็จสูงสุด สอดคล้องกับ Paulette (1991) กล่าวว่า การเพิ่มความต้านทานในการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จะใช้ความต้านทานที่หนักมากจนถึงให้กล้ามเนื้อออกแรงเกือบถึงสูงสุดที่สามารถทำได้ (Near-maximum effort) จำนวนครั้งที่กระทำซ้ำต่อเซต (Repetition) เป็นองค์ประกอบรองลงมาในการพิจารณาจัดโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง

3. การฝึกที่เฉพาะเจาะจง (Specificity training)

Paulette (1991) กล่าวว่า ความเฉพาะเจาะจงของการฝึกความแข็งแรงนั้น จะต้องเลือกการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดความแข็งแรงและกำลังในกล้ามเนื้อส่วนที่ใช้ในการเล่นกีฬา และเป็น การออกกำลังกายที่ใช้พลังงานเช่นเดียวกับในการเล่นกีฬา ความเฉพาะเจาะจงของระบบพลังงานที่ ต้องการขึ้นอยู่กับ จำนวนครั้งที่กระทำต่อเซต และน้ำหนักที่ใช้ในการฝึก สอดคล้องกับ เจริญ (2544) ในการฝึกคุณภาพความแข็งแรงสูงสุดให้บังเกิดผลดีต่อกล้ามเนื้อนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยการเตรียมร่างกายพื้นฐานอย่างถูกต้องตามขั้นตอนของหลักและวิธีการฝึกวิ่งเริ่มจากเบาไปหาหนัก โดยค่อยๆ เพิ่มปริมาณงานหรือความหนัก (Intensity) ขึ้นทีละน้อยตามพื้นฐานของระดับความสามารถที่ค่อยๆ ได้รับการพัฒนาปรับตัวสูงขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งในการยกน้ำหนักเพื่อเสริมสร้าง ความแข็งแรงให้กล้ามเนื้อก็เช่นกัน จำเป็นต้องอาศัยการวางพื้นฐานด้วยการกำหนดความหนัก หรือสัดส่วนของขนาดความหนักที่จะทำการฝึกให้สัมพันธ์กับจำนวนครั้ง (repetitions) และจำนวน เซต (sets)

เจริญ (2550) กล่าวว่า iva สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการฝึกนั้นจะต้องประกอบด้วย

1. ความหนักในการฝึก (Intensity) ให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์
2. จำนวนเซตที่ฝึก (Sets) พิจารณาให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ของการฝึก การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อควรให้ความหนักที่ระดับ 70%-90% ของ 1 RM จำนวนครั้งที่ฝึก 3-4 เซต ต่อ 1 ท่าการฝึก

3. จำนวนครั้งที่ฝึก (Repetition) คือ จำนวนครั้งที่ยกในแต่ละเซต หากมุ่งเน้นพัฒนาความแข็งแรง น้ำหนักที่ใช้ในการฝึกมาก จำนวนครั้งที่ยกในแต่ละเซตน้อย ประมาณ 1-3 หรือ 3-6 ครั้ง หากมุ่งเน้นพัฒนาความอดทน น้ำหนักที่ใช้ในการฝึกเบา (น้อย) จำนวนครั้งที่ยกในแต่ละเซตมาก ประมาณ 15-20 หรือ 20-25 ครั้ง

4. ความถี่หรือความบ่อยครั้งในการฝึก (Frequency) ควรฝึกกล้ามเนื้ออกกลุ่มเดียวกัน 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ไม่ควรฝึกกล้ามเนื้ออกกลุ่มเดียวกันด้วยความหนักติดต่อกันทุกวัน

5. ระยะเวลาในการฝึก (Duration) ในการฝึกแต่ละครั้งควรใช้ระยะเวลาประมาณ 30-60 นาที และในแต่ละโปรแกรมฝึกควรใช้ระยะเวลาประมาณ 4-8 สัปดาห์

6. เวลาพัก (Recovery time) การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พักระหว่างเซต 60-120 วินาที แต่ถ้าเป็นการฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อ พักระหว่างเซต 30-60 วินาที เพื่อให้กล้ามเนื้อที่ใช้ในการฝึกได้มีเวลาในการเก็บสะสมพลังงานระบบ ATP-CP ในการฝึกเซตต่อไป สอดคล้องกับ Davis and Faculty (1991)

การเก็บสะสมพลังงานระบบ Phosphagen

เวลาในการพัก (วินาที)	การเก็บสะสมพลังงานระบบ Phosphagen ในกล้ามเนื้อ
10	10%
30	50%
60	75%
90	87%
120	93%
150	97%
180	99%
210	101%
240	102%

หลักการและเทคนิคการฝึกด้วยแรงต้านโดยยางยืด

ยางยืดนี้ได้รับรางวัล “การส่งเสริมสุขภาพดีเด่นระดับชาติ” “Health Promotion Award”

จากกระทรวงสาธารณสุขปี พ.ศ. 2546

ยางยืดเป็นหนึ่งในแนวคิดที่ถูกนำมาประยุกต์ดัดแปลงใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับออกกำลังกายแบบมีแรงต้านเป็นตัวกระตุ้น เพื่อช่วยพัฒนาเสริมสร้างความแข็งแรง และความอดทนของกล้ามเนื้อ

เจริญ (2544) กล่าวว่าไว้ว่าการฝึกด้วยน้ำหนักเป็นการออกกำลังกายที่เป็นไปตามกฎของการใช้และไม่ใช้ (Law of use and disuse) กล่าวคือ เมื่อมีการใช้ร่างกายหรือกล้ามเนื้อมัดใดในการฝึกกล้ามเนื้อมัดนั้นก็จะได้ผลของการฝึกด้วยน้ำหนัก เป็นการฝึกกล้ามเนื้อให้ทำงานต่อต้านกับแรงต้านทานที่สูงกว่าปกติ ทำให้กล้ามเนื้อต้องปรับสภาพภายในกล้ามเนื้อให้สามารถเอาชนะแรงต้านทานนั้น ผลของการฝึกคือกล้ามเนื้อมีความแข็งแรงความอดทนเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ Fox และ Mathews (1981) การฝึกทั่วไปจึงเป็นเงื่อนไขในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

เจริญ (2550) กล่าวว่าไว้ว่า ในการฝึกหรือการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาเสริมสร้างกล้ามเนื้อด้วยยางยืด มีหลักการที่ควรนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติดังนี้

1. กลุ่มกล้ามเนื้อหลักหรือกลุ่มกล้ามเนื้อ โครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของร่างกายทุกกลุ่ม ควรได้รับการฝึกเสริมสร้างความแข็งแรงหรือการบริหารเป็นประจำสม่ำเสมอ
2. ทำการบริหารในการฝึกหรือการออกกำลังกายแต่ละครั้ง ควรมีไม่น้อยกว่า 6 ท่า และไม่ควรเกิน 16 ท่า เพราะจะทำให้ร่างกายเหนื่อยล้ามากเกินไป ที่สำคัญการบริหารร่างกายควรครอบคลุมกลุ่มกล้ามเนื้อหลักที่เป็น โครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของร่างกายก่อน
3. ในการบริหารกล้ามเนื้อในแต่ละท่า การปฏิบัติแต่ละครั้งควรใช้ข้อต่อที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวจนสิ้นสุดมุมการเคลื่อนไหวด้วย การงอเหยียดหรือกางหุบอย่างเต็มที่ และต้องควบคุมท่าทางการเคลื่อนไหวให้ถูกต้อง

4. การหายใจในขณะที่ปฏิบัติภารกิจสุดลมหายใจเข้าในท่าเตรียมพร้อม ขณะออกแรงผลักหรือดึงขางให้ผ่อนลมหายใจออกและสุดลมหายใจเข้าเมื่อกลับสู่ท่าเริ่มต้นปฏิบัติเช่นนี้เรื่อยไปจนถึงสิ้นสุดการฝึกแต่ละเซต ไม่กั้นลมหายใจขณะออกแรง

5. ควรควบคุมจังหวะความเร็วในการออกแรงดึงหรือผลักคานขางแต่ละครั้งให้สม่ำเสมอไม่เร็วหรือช้ากว่าปกติ โดยพยายามปฏิบัติการเคลื่อนไหวให้เป็นธรรมชาติในแต่ละอิริยาบถ ของท่ากายบริหาร ควรหลีกเลี่ยงการใช้แรงในลักษณะกระตุกกระชากหรือเหวี่ยงในขณะที่ผลักคานหรือดึงขางในแต่ละท่ากายบริหาร

6. จำนวนครั้งของการปฏิบัติแต่ละเซตในระยะเริ่มแรกของการออกกำลังกาย ประมาณ 10 - 15 ครั้งต่อเซต โดยพยายามปฏิบัติ แต่ละครั้งอย่างต่อเนื่องซ้ำ ๆ

7. ความต้านทานของยางยืดหรือความหนักที่ใช้ในการฝึกจะต้องหนักพอที่จะทำให้กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้า ภายหลังจากการปฏิบัติครบ 10 - 15 ครั้งต่อเซต

8. ควรฝึกกล้ามเนื้อแต่ละส่วนอย่างน้อย 2 - 3 เซต และแต่ละเซตควรพักประมาณ 30 - 60 วินาที

9. ความถี่หรือความบ่อยครั้งในการฝึกควรฝึกหรือบริหารกล้ามเนื้อแต่ละส่วนด้วยยางยืดอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์

10. การปรับเพิ่มความก้าวหน้าในการฝึก ในกรณีที่ผู้ออกกำลังกายสามารถปฏิบัติครบทั้ง 15 ครั้ง ทั้ง 3 เซต โดยไม่รู้สึเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ ในการฝึกครั้งต่อไปควรปรับเพิ่มจำนวนครั้งเป็น 20 ครั้งหรือ 25 ครั้งต่อเซตตามลำดับ

11. เมื่อผู้ออกกำลังกายสามารถปฏิบัติการฝึกในแต่ละท่ากายบริหารได้ครบ 25 ครั้งต่อเซต ทั้ง 3 เซต โดยไม่รู้สึเมื่อยล้ากล้ามเนื้อส่วนที่ฝึกควรปรับเพิ่มจำนวนยางที่ใช้ร้อยแต่ละข้อจาก 5 เส้นเป็น 6 - 7 เส้นหรือจาก 6 เส้นเป็น 7 - 8 เส้น และจาก 8 เส้นเป็น 9 - 10 เส้นตามลำดับ ส่วนยาง (Rubber Chain) ที่ผลิตออกมาจำหน่ายจะมีให้เลือกแบบร้อย 2 เส้น 3 เส้น และ 4 เส้น เพื่อเพิ่ม

ความต้านทานให้กล้ามเนื้อต้องออกแรงมากขึ้น ซึ่งจะมีผลช่วยกระตุ้นให้กล้ามเนื้อและระบบประสาทกล้ามเนื้อได้รับการพัฒนาความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น

โปรแกรมการฝึกแบบใดที่สมควรจะนำมาใช้ในการฝึกนั้น ย่อมต้องขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการฝึกที่ต้องการเป็นสำคัญ ซึ่งจะช่วยให้การฝึกบรรลุผลสูงสุด ได้แสดงรายละเอียดในการกำหนดความหนักตามเกณฑ์ไว้ในตารางดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงจุดมุ่งหมายและเกณฑ์การพิจารณาความหนักในการฝึกด้วยแรงต้าน

จุดมุ่งหมาย	เปอร์เซ็นต์ความหนัก	จำนวนครั้ง	จำนวนเซต
เสริมสร้างความแข็งแรง	90%-100% สูงสุด	1 - 3	4 - 6
	80%-89% ปานกลาง	3 - 5	3 - 5
	70%-79% ต่ำ	5-10	3 - 4
เสริมสร้างกำลังความเร็ว	80%-90% สูงสุด	1 - 3	4 - 5
	70%-79% ปานกลาง	3 - 5	3 - 4
	60%-69% ต่ำ	5 - 8	2 - 3
เสริมสร้างความอดทน	60%-70% สูงสุด	10 - 15	3 - 5
	50%-59% ปานกลาง	15 - 20	3 - 4
	40%-49% ต่ำ	20 - 25	2 - 3

ที่มา: เจริญ (2545)

โปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรง โดยการฝึกความแข็งแรงในอัตราส่วน ตัวอย่างเช่น ปริมาณการฝึกทั้งหมดคิดเป็น 100% ควรจะทำการฝึกความแข็งแรง 70%-80% -90% ของน้ำหนักที่สูงสุดในการยกได้ 1 ครั้ง (1RM)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไบบันทิกผลการทดลอง
2. เครื่องมือหาค่าน้ำหนัก หรือแรงต้านของยางยืดในการฝึก (ดัมเบลล์ แผ่นน้ำหนัก และเครื่องชั่งแบบสปริง)
3. เครื่องมือหาค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Leg dynamometer)
4. เครื่องทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระบบไอโซโคเนติก ยี่ห้อ LIDO II
5. เครื่องมือฝึกกล้ามเนื้อโดยยางยืด (Rubber Chain) คิดค้น โดย รศ. เจริญ กระบวนรัตน์ อนุสิทธิบัตร เลขที่คำขอ 0703000438
6. เครื่องมือวัดองค์ประกอบของร่างกาย In Body 720
7. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิทัล ยี่ห้อ FBT
8. ตลับเมตร และสายวัด

วิธีการ

กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้มาโดยวิธี อาสาสมัครจากกลุ่มประชากร ซึ่งเป็นพลทหารผลัด 2 ปี 2552 หมวดฝึกทหารใหม่ กองร้อยเสนารักษ์ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ที่มีสุขภาพดี และไม่เคยออกกำลังกายด้วยแรงต้าน อายุ 21 ปี จำนวน 60 คน

1. นำมาสุ่มตัวอย่างแบบ Simple random sampling เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบ จำนวน 60 คน
2. ทดสอบหาค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในท่า Leg extension ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg dynamometer)
3. ทดสอบหาค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps muscle) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstrings) ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระบบไอโซไคเนติก ยี่ห้อ LIDO II
4. ทดสอบหาค่ามวลกล้ามเนื้อขา (Leg lean muscle mass) กล้ามเนื้อขาที่ปราศจากไขมัน ด้วยเครื่องมือวัดองค์ประกอบของร่างกาย ยี่ห้อ In Body 720
5. ทำการทดสอบข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบลักษณะการกระจายข้อมูล โดยวิธี Chi-Square goodness of fit test แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม โดยใช้วิธีแบ่งกลุ่มแบบสุ่ม จะได้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม ๆ ละ 10 คน ดังนี้

กลุ่มควบคุม ใช้ชีวิตประจำวัน โดยไม่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านโดยที่ยึด

กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยแรงต้านโดยที่ยึดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM

กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกด้วยแรงต้านโดยที่ยึดในระดับความหนักที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM

กลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกด้วยแรงต้านโดยที่ยึดในระดับความหนักที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านโดยที่ยึดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์ 80 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 RM ต่อการปฏิบัติ 1 ครั้ง ในท่า Half Squat โดยทำการฝึกดังต่อไปนี้

1. อบอุ่นร่างกาย 10 นาที โดยการวิ่งเหยาะ ๆ

ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที

ทำการฝึกด้วยแรงต้าน โดยมายืดในท่า Half Squat

กลุ่มทดลองที่ 1 ระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM 12 ครั้ง 3 เซต พักระหว่าง
เซต 3 นาที

กลุ่มทดลองที่ 2 ระดับความหนักที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM 8 ครั้ง 3 เซต พักระหว่าง
เซต 3 นาที

กลุ่มทดลองที่ 3 ระดับความหนักที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM 4 ครั้ง 3 เซต พักระหว่าง
เซต 3 นาที

2. คลายอบอุ่นร่างกาย 10 นาที โดยการวิ่งเหยาะ ๆ

3. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที

4. วันเวลาที่ทำการฝึกในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ ระยะเวลา 16.00 – 17.00 น.

หมายเหตุ: ทุกๆ 2 สัปดาห์ ทดสอบหาค่า 1 RM เพื่อปรับน้ำหนักที่ใช้ในการฝึก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. กำหนดวัน เวลา อุปกรณ์ สถานที่ และกลุ่มตัวอย่างในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการ เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ ที่ใช้ในการวิจัย

3. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ตารางการทดสอบ ใบบันทึกผลเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. ประชุม อธิบาย และชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของวิจัย ลำดับขั้นตอนการทดสอบและวิธีการ
5. ทดสอบหาค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในท่า Leg extension ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg dynamometer) ก่อนเข้าโปรแกรมการฝึก (Pre-test) ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม
6. ทดสอบหาค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps muscle) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstrings) ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระบบไอโซไคนेटิก ยี่ห้อ LIDO II ก่อนเข้าโปรแกรมการฝึก (Pre-test) ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม
7. ทดสอบหาค่ามวลกล้ามเนื้อขา (Leg lean muscle mass) ก่อนเข้าโปรแกรมการฝึก (Pre-test) ในกลุ่มผู้เข้ารับการฝึกทั้ง 4 กลุ่ม
8. ชี้แจงขั้นตอนวิธีการฝึกโดยละเอียดแก่ผู้เข้ารับการทดลอง
9. ทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึกทั้ง 3 กลุ่ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ๆ ละ 3 วัน คือ วันจันทร์, วันพุธ, วันศุกร์ เวลา 16.00 -17.00 น.

กลุ่มควบคุม

ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านโดยที่ยึด

กลุ่มที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยแรงต้านโดยที่ยึด ในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกด้วยแรงต้านโดยยางยืด ในระดับความหนักที่ 80 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM

กลุ่มที่ 3 กลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกด้วยแรงต้านโดยยางยืด ในระดับความหนักที่ 90 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM

10. ทดสอบหาค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในท่า Leg extension ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg dynamometer) ภายหลังเข้าโปรแกรมการฝึก (Post-test) ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม

11. ทดสอบหาค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps muscle) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstrings) ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระบบไอโซไคนेटิก ยี่ห้อ LIDO II ภายหลังเข้าโปรแกรมการฝึก (Post-test) ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม

12. ทดสอบหาค่ามวลกล้ามเนื้อขา (Leg lean muscle mass) ภายหลังเข้าโปรแกรมการฝึก (Post-test) ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม

13. นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ทางสถิติ

14. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาค่าสถิติ ดังนี้

1. คำนวณค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ใช้วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง มวลกล้ามเนื้อขา และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง 8 สัปดาห์

2. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อขาและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ โดยใช้ Matched pair t-test ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

3. วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ทดสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อขาและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ โดยใช้ (One-way analysis of variance: ANOVA) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

4. ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว หากพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยใช้วิธีการของ Tukey

สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย

สถานที่

หมวดฝึกทหารใหม่ กองร้อยพลเสนารักษ์ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

ระยะเวลาในการทำวิจัย

เริ่มตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2552 ถึง มกราคม 2553

ผลและวิจารณ์

ผล

ตอนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 4 กลุ่ม

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม

ตัวแปร	ก่อนการฝึก		หลังการฝึก 8 สัปดาห์	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
อายุ(ปี)				
กลุ่มควบคุม	21.20	0.20	21.40	0.20
กลุ่มทดลองที่ 1	21.70	0.37	21.90	0.37
กลุ่มทดลองที่ 2	21.90	0.60	22.10	0.60
กลุ่มทดลองที่ 3	21.70	0.70	21.90	0.70
น้ำหนัก (กก.)				
กลุ่มควบคุม	67.08	4.68	66.18	13.77
กลุ่มทดลองที่ 1	60.43	2.92	62.37	8.15*
กลุ่มทดลองที่ 2	63.99	3.94	63.80	10.26
กลุ่มทดลองที่ 3	58.56	2.66	58.75	7.36
ส่วนสูง(ซม.)				
กลุ่มควบคุม	172.80	1.46	172.80	1.46
กลุ่มทดลองที่ 1	171.80	0.94	171.80	0.94
กลุ่มทดลองที่ 2	174.00	2.23	174.00	2.23
กลุ่มทดลองที่ 3	169.60	2.27	169.60	2.27

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 2 แสดงว่า ก่อนการฝึกไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง แต่ภายหลังการฝึกพบว่า น้ำหนัก ของกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของดัชนีมวลกาย มวลกล้ามเนื้อ ไขมันร่างกาย กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม

ตัวแปร	ก่อนการฝึก		หลังการฝึก 8 สัปดาห์	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
ดัชนีมวลกาย				
กลุ่มควบคุม	22.46	1.52	22.16	4.44
กลุ่มทดลองที่ 1	20.49	1.00	21.14	2.79
กลุ่มทดลองที่ 2	20.95	0.81	20.94	1.94
กลุ่มทดลองที่ 3	20.33	0.80	20.40	2.11
มวลกล้ามเนื้อ (ร้อยละ)				
กลุ่มควบคุม	44.93	6.04	46.47	5.34*
กลุ่มทดลองที่ 1	46.86	4.28	47.97	3.65*
กลุ่มทดลองที่ 2	46.34	2.17	47.79	1.89*
กลุ่มทดลองที่ 3	46.14	2.08	47.53	1.42*
ไขมันร่างกาย (ร้อยละ)				
กลุ่มควบคุม	19.21	10.67	16.78	9.24*
กลุ่มทดลองที่ 1	15.60	7.33	14.22	6.11*
กลุ่มทดลองที่ 2	16.67	3.80	14.65	3.05*
กลุ่มทดลองที่ 3	16.60	4.29	14.59	2.86*

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 3 แสดงว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการฝึก ลักษณะทางกายภาพของดัชนีมวลกาย ร้อยละของมวลกล้ามเนื้อ และร้อยละไขมันร่างกาย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ภายหลังการฝึกพบว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกาย ร้อยละของมวลกล้ามเนื้อ และร้อยละไขมันร่างกาย มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อขา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อขา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง

ตัวแปร	ก่อนการฝึก		หลังการฝึก 8 สัปดาห์	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
มวลกล้ามเนื้อขา				
กลุ่มควบคุม	17.80	0.76	17.92	0.76
กลุ่มทดลองที่ 1	16.40	0.55	17.06	0.55
กลุ่มทดลองที่ 2	17.16	1.06	17.44	1.00
กลุ่มทดลองที่ 3	15.60	0.85	15.90	0.82

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 4 แสดงว่า ค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อขา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง

ตัวแปร	ก่อนการฝึก		หลังการฝึก 8 สัปดาห์	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
แรงเหยียดขา (กิโลกรัม)				
กลุ่มควบคุม	2.33	0.16	2.76	0.20*
กลุ่มทดลองที่ 1	2.48	0.16	3.25	0.16*
กลุ่มทดลองที่ 2	2.37	0.11	3.11	0.15*
กลุ่มทดลองที่ 3	2.53	0.13	3.52	0.18*†
ความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (นิวตัน/เมตร)				
กลุ่มควบคุม	2.62	0.19	3.06	0.16*
กลุ่มทดลองที่ 1	2.65	0.21	3.26	0.15*
กลุ่มทดลองที่ 2	2.83	0.10	3.34	0.11*
กลุ่มทดลองที่ 3	2.84	0.13	3.14	0.09
ความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (นิวตัน/เมตร)				
กลุ่มควบคุม	1.46	0.08	1.70	0.09*
กลุ่มทดลองที่ 1	1.73	0.12	2.04	0.10*‡
กลุ่มทดลองที่ 2	1.61	0.10	1.87	0.04*
กลุ่มทดลองที่ 3	1.60	0.08	1.97	0.09*

* $p < 0.05$

หมายเหตุ † ค่าเฉลี่ยแรงเหยียดขา (กิโลกรัม) ของกลุ่มทดลองที่ 3 แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

‡ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (นิวตัน/เมตร) ของกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

จากตารางที่ 5 จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเนื้อขาของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการฝึกและภายหลังการฝึก พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเนื้อขา แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ค่าเฉลี่ยของแรงเหยียดขา กลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกระดับความหนัก 90 % แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และค่าเฉลี่ยของแรงงอขา กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกระดับความหนัก 70 % แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อเนื้อขาและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเนื้อขาของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของมวลกล้ามเนื้อเนื้อขา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ก่อนการฝึก					
ระหว่างกลุ่ม	27.31	3	9.10	1.33	0.28
ภายในกลุ่ม	246.33	36	6.84		
รวม	273.64	39			
หลังการฝึก					
ระหว่างกลุ่ม	22.30	3	7.43	1.17	0.33
ภายในกลุ่ม	227.77	36	6.33		
รวม	250.07	39			

* $p < 0.05$ ($F_{3,35} = 3.35$)

จากตารางที่ 6 กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยของแรงเหยียดขา ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแรงเหยียดขา (กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว) ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ก่อนการฝึก					
ระหว่างกลุ่ม	0.27	3	0.09	0.45	0.72
ภายในกลุ่ม	7.28	36	0.20		
รวม	7.55	39			
หลังการฝึก					
ระหว่างกลุ่ม	3.02	3	1.01	3.36	0.03*
ภายในกลุ่ม	10.79	36	0.30		
รวม	13.80	39			

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 7 พบว่าก่อนการฝึก กลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยของแรงเหยียดขา ระหว่างกลุ่ม ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยของแรงเหยียดขา อย่างน้อย 1 กลุ่ม ต่างจากกลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นผู้วิจัยมีการเปรียบเทียบภายหลัง ของวิธีการ Tukey's

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา แรงเหยียดขา (กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว) ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง	\bar{X}	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มทดลอง
			ที่ 1	ที่ 2	ที่ 3
กลุ่มควบคุม	2.76	-	-0.49	-0.35	-0.76*
กลุ่มทดลองที่ 1	3.25		-	0.14	-0.27
กลุ่มทดลองที่ 2	3.11			-	-0.41
กลุ่มทดลองที่ 3	3.52				-

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 8 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธี ของ Tukey หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่าค่าเฉลี่ยแรงเหยียดขา กลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันกับกลุ่มทดลองที่ 3 ที่ระดับความหนัก 90 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยของแรงเหยียดขา มากกว่ากลุ่มควบคุม 0.76 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (นิวตัน/เมตร) ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ก่อนการฝึก					
ระหว่างกลุ่ม	0.41	3	0.14	0.51	0.68
ภายในกลุ่ม	9.58	36	0.27		
รวม	9.99	39			
หลังการฝึก					
ระหว่างกลุ่ม	0.44	3	0.15	0.87	0.47
ภายในกลุ่ม	6.08	36	0.17		
รวม	6.52	39			

* $p < 0.05$ ($F_{3,36} = 3.35$)

จากตารางที่ 9 พบว่าก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (นิวตัน/เมตร) ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ก่อนการฝึก					
ระหว่างกลุ่ม	0.35	3	0.12	1.24	0.31
ภายในกลุ่ม	3.44	36	0.10		
รวม	3.79	39			
หลังการฝึก					
ระหว่างกลุ่ม	0.67	3	0.22	3.18	0.04*
ภายในกลุ่ม	2.53	36	0.07		
รวม	3.20	39			

* $p < 0.05$ ($F_{3,36} = 3.35$)

จากตารางที่ 10 พบว่า ก่อนการฝึก กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่า มีค่าเฉลี่ยผลของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังอย่างน้อย 1 กลุ่ม ต่างจากกลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นผู้วิจัยมีการเปรียบเทียบภายหลัง ของวิธีการ Tukey's

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8

กลุ่มตัวอย่าง	\bar{X}	กลุ่มควบคุม	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
		1.70	2.04	1.87	1.97
กลุ่มควบคุม	1.70	-	-0.34*	-0.18	-0.27
กลุ่มทดลองที่ 1	2.04		-	0.17	0.07
กลุ่มทดลองที่ 2	1.87			-	-0.10
กลุ่มทดลองที่ 3	1.97				-

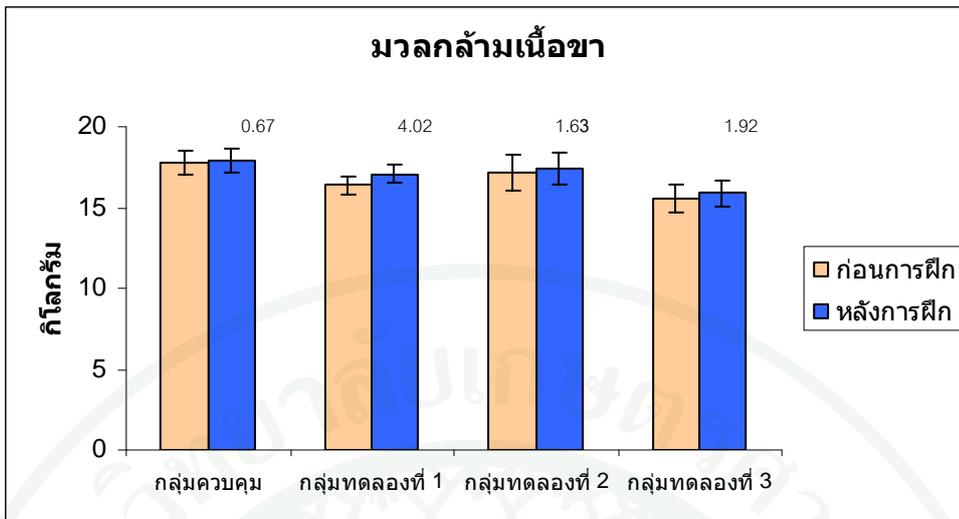
* $p < 0.05$

จากตารางที่ 11 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธี ของ Tukey หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง กลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกับกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกระดับความหนัก 70 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

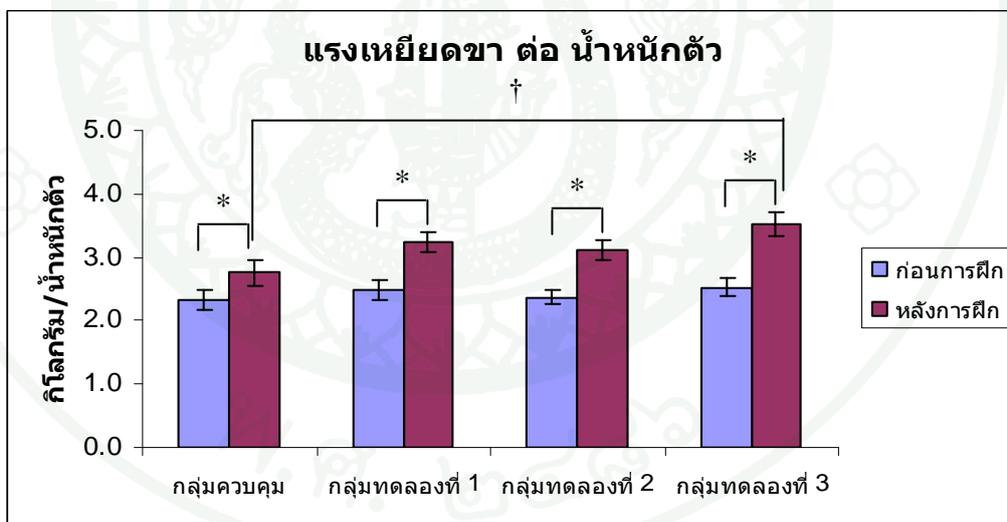
วิจารณ์

จากการศึกษา ผลของการฝึกด้วยแรงต้าน โดยที่ยึดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์, 80 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 RM ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของมวลกล้ามเนื้อขาและความแข็งแรงกล้ามเนื้อขา ก่อนการฝึกและภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ผลการทดลองมีดังนี้

1. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อขาและความแข็งแรงกล้ามเนื้อขาของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง 8 สัปดาห์

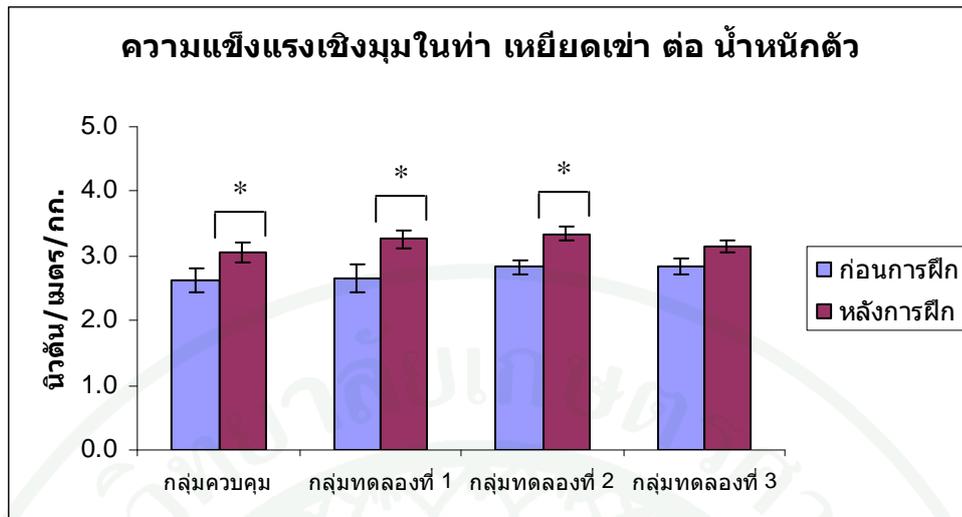


ภาพที่ 1 ภายหลังจากการฝึก 8 สัปดาห์ อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 0.67 ร้อยละ 4.02 ร้อยละ 1.63 และร้อยละ 1.92 ตามลำดับ

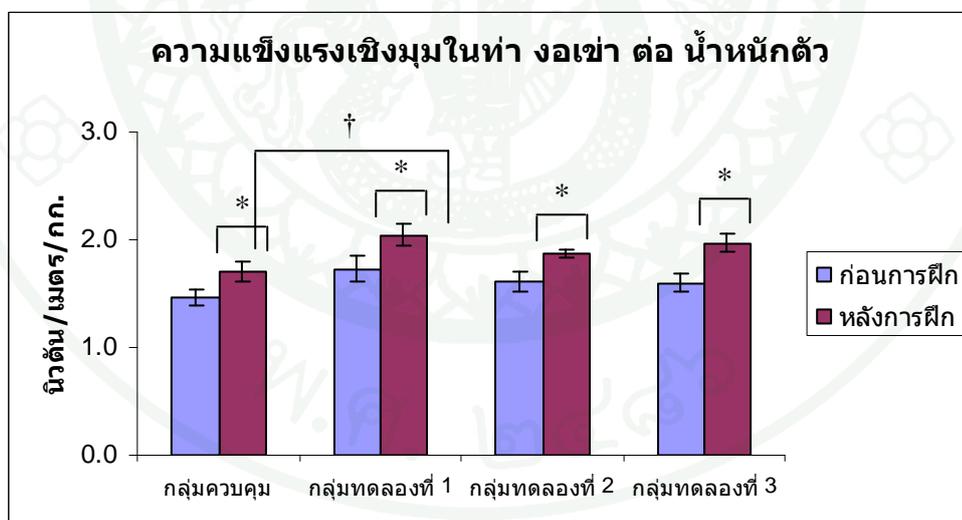


ภาพที่ 2 ภายหลังจากการฝึก 8 สัปดาห์ อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของแรงเหยียดขาของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 17.27 ร้อยละ 37.16 ร้อยละ 31.21 และร้อยละ 39.78 ตามลำดับ

อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของมวลกล้ามเนื้อขา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 กลุ่มทดลองที่ 3 ทั้ง 4 กลุ่ม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 0.67 ร้อยละ 4.02 ร้อยละ 1.63 และร้อยละ 1.92 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของแรงเหยียดขา ของกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 1 ฝึก 70% กลุ่มที่ 2 ฝึก 80% และกลุ่มที่ 3 ฝึก 90% เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 17.27 ร้อยละ 37.16 ร้อยละ 31.21 และร้อยละ 39.78 ตามลำดับ ดังแสดงของ (ภาพที่ 1 – 2) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีระเบียบปฏิบัติประจำของการบริหารร่างกายในกลุ่มกล้ามเนื้อขาเป็นประจำทุกวันในช่วง เช้า และเย็น แต่กลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีการเพิ่มการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน เป็นผลทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีการปรับสภาพตามความหนักของการออกกำลังกาย สอดคล้องกับ Heyward (1991) กล่าวว่า ีว่า ผลการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจากการฝึกด้วยน้ำหนัก และการฝึกแบบมีแรงต้าน คือ ลักษณะรูปร่างของกล้ามเนื้อ ระบบประสาท ทางชีวเคมีเพิ่ม ซีพี และ เอทีพี นอกจากนี้ เจริญ (2551) กล่าวว่า สิ่งที่เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงการปรับสภาพของเส้นใยกล้ามเนื้ออันเป็นผลเนื่องมาจากการฝึกความแข็งแรงคือ เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Hypertrophy) ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขนาดของเส้นใยเล็กๆ (Myofibrils) ที่รวมตัวกันเป็นมัดกล้ามเนื้อ หรืออีกนัยหนึ่งคือ เป็นการเพิ่มจำนวนของ Actin และ Myosin ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดของแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ จะได้รับการพัฒนาให้มีขนาดใหญ่และแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วยโปรแกรมการฝึกความแข็งแรงที่ถูกต้อง ระหว่างจำนวนครั้งที่ยกกับความหนักหรือแรงต้านที่ใช้ในการฝึก จึงทำให้ผลอัตราการเปลี่ยนแปลงมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของแรงเหยียดขาเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมที่มีการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 3 ภายหลังจากฝึก 8 สัปดาห์ อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรง กล้ามเนื้อต้นขาต้านหน้าต่อน้ำหนักตัว ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.79 ร้อยละ 23.02 ร้อยละ 18.02 และ ร้อยละ 10.56 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ภายหลังจากฝึก 8 สัปดาห์ อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรง กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อน้ำหนักตัว ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.44 ร้อยละ 17.92 ร้อยละ 16.15 และ ร้อยละ 23.13 ตามลำดับ

จากการทำงานของระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาทสร้างขึ้นมาทำหน้าที่ร่วมกันในการเคลื่อนไหว เช่น การเหยียดและการงอเข้า โดยที่กล้ามเนื้อกลุ่มเดียวกัน (Agonist) และกลุ่มตรงกันข้าม (Antagonist) จะต้องร่วมมือกันดี จึงจะทำให้การเคลื่อนไหวนั้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามความสัมพันธ์ที่เรียกว่า reciprocal relation นั่นคือ ขณะกลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกันทำงานก็จะยับยั้งกลุ่มตรงกันข้ามให้หยุดทำงาน การออกกำลังกายหลายอย่างจะต้องอาศัยการทำงานในรูปของรีเฟล็กซ์ (reflex) และรีแอ็คชั่น (reaction) ภาพที่ 3 - 4 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าต่อน้ำหนักตัว ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.79 ร้อยละ 23.02 ร้อยละ 18.02 และร้อยละ 10.56 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อน้ำหนักตัว ของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.44 ร้อยละ 17.92 ร้อยละ 16.15 และร้อยละ 23.13 ตามลำดับ การปรับตัวของระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งถูกถ่ายทอดไปยังประสาทส่วนปลาย และไปยังระบบกล้ามเนื้อโดยผ่านทาง motor unit กระตุ้นเส้นใยกล้ามเนื้อทุกเส้นใยที่ถูกเลี้ยง ที่ส่งผลต่อขนาดพื้นที่ของมวลกล้ามเนื้อ และการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ ชูศักดิ์ และกัลยา (2536) กล่าวว่า ความแข็งแรงเป็นความสามารถของร่างกายหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายที่จะทำงาน ซึ่งความแข็งแรงเป็นความสามารถของร่างกายที่เกิดจากการรวมของปัจจัย ดังต่อไปนี้เข้าด้วยกันคือ แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อกลุ่มที่ต้องการให้ทำงาน (Agonists) ซึ่งหมายถึงผลรวมของแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ละชิ้น ความสามารถของกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้าม (Antagonists) ทำหน้าที่ประสานกับกล้ามเนื้อกลุ่มที่ต้องการให้ทำงาน (Agonists) และอัตราส่วนทางเมคานิกส์ของการจัดระบบคาน (กระดูก) ที่เกี่ยวข้อง

2. วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงกล้ามเนื้อขาของแรงเหยียดขา และการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey กลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกับกลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกระดับความหนัก 90 % ภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 7) ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง และการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey กลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกับกลุ่มที่ 1 ฝึกระดับความหนัก 70 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 10) ขณะที่ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 ภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 (ตารางที่ 7 - 8) เมื่อพิจารณาถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงดังนี้ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 1 ฝึก 70% กลุ่มที่ 2 ฝึก 80% และกลุ่มที่ 3 ฝึก 90% เพิ่มขึ้นคิดเป็น

ร้อยละ 16.79 ร้อยละ 23.02 ร้อยละ 18.02 และร้อยละ 10.56 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการฝึกแรงต้านด้วยยางยืด มีการปรับตัวของระบบประสาทที่มีต่อการฝึกแรงต้านของยางยืด ทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ส่วนการปรับตัวของกล้ามเนื้อนั้น เส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้นใยจะมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้พื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น (Hypertrophy) และร่างกายมีการสะสมโปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อ (Filament) เพิ่มมากขึ้น เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast Twitch Fiber) จะมีการปรับตัวพัฒนาเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด II b เป็น II a ซึ่งสอดคล้องกับ Gerson et al.(2002) ได้ศึกษาโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน 3 โปรแกรมคือ (1) Low Rep, ที่ระดับ 3-5 ครั้ง ของ 1 RM จำนวน 4 เซต พักระหว่างเซต 3 นาที (2) Int Rep, ที่ระดับ 9-11 ครั้ง ของ 1 RM จำนวน 3 เซต พักระหว่างเซต 2 นาที (3) High Rep, ระดับ 20-28 ครั้ง ของ 1 RM จำนวน 2 เซต พักระหว่างเซต 1 นาที พบว่าความเปลี่ยนแปลงของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อจาก IIb เป็น IIa แต่กลุ่มออกกำลังกายจำนวนครั้งน้อยและปานกลางทำให้ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่ขึ้นกว่ากลุ่มออกกำลังกายจำนวนครั้งมาก จำนวนครั้งมากมีการปรับตัวของกล้ามเนื้อมากกว่า

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการวิจัยผลของการฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์, 80 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 RM ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนักที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM และกลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกด้วยแรงต้าน โดยยางยืดในระดับความหนักที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM ก่อนการฝึก และภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. วิธีการฝึกมีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาการฝึก ซึ่งมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ นั่นคือ วิธีการฝึกที่ต่างกันจะส่งผลให้มวลกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่างกันหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาการฝึก หรือระยะเวลาการฝึกที่ต่างกันจะส่งผลให้มวลกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่างกันหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับวิธีการฝึก
2. กลุ่มควบคุม สามารถเพิ่มความแข็งแรงของแรงเหยียดขา ความแข็งแรงเชิงมุมในท่าเหยียดขา และความแข็งแรงเชิงมุมในท่าอเข่า ก่อนการฝึก และภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
3. กลุ่มทดลองที่ 1 สามารถเพิ่มความแข็งแรงของแรงเหยียดขา ความแข็งแรงเชิงมุมในท่าเหยียดขา ก่อนการฝึก และภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบว่าสามารถเพิ่มความแข็งแรงเชิงมุมในท่าอเข่า แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
4. กลุ่มทดลองที่ 2 สามารถเพิ่มความแข็งแรงของแรงเหยียดขา ความแข็งแรงเชิงมุมในท่าเหยียดขา และความแข็งแรงเชิงมุมในท่าอเข่า ก่อนการฝึก และภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. กลุ่มทดลองที่ 3 สามารถเพิ่มความแข็งแรงเชิงมุมในท่างอเข่า ก่อนการฝึก และภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบว่าสามารถเพิ่มความแข็งแรงของแรงเหยียดขา แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ข้อเสนอแนะ

1. ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศหญิง เพื่อทดสอบว่าการฝึกด้วยแรงต้านในระดับความหนักต่างกันวิธีใดให้ผลดีในเพศหญิง
2. ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรเพิ่มระยะเวลาการฝึกมากขึ้น เพื่อศึกษาว่าโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านในระดับความหนักต่างกัน จะส่งผลต่อมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออย่างไร เมื่อระยะเวลาการฝึกเพิ่มขึ้น
3. ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรปรับเพิ่มจำนวนครั้งและจำนวนเซตในการฝึกเพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออย่างไร เมื่อเพิ่มจำนวนครั้งและจำนวนเซตในการฝึกเพิ่มขึ้น
4. การเลือกตัวอย่างประชากรมาเป็นตัวแทนในการทดลอง ควรเลือกจากหลายสาขาอาชีพ ผลการฝึกจะสามารถนำไปใช้กับคนที่หลากหลายอาชีพ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กานดา ใจภักดี. 2542. วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว. พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัทสำนักพิมพ์ดวงกมล, กรุงเทพฯ.

เจริญ กระบวนรัตน์. 2538. เทคนิคการฝึกความเร็ว. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2544. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่องการฝึกกล้ามเนื้อด้วยน้ำหนัก. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2545. หลักการและเทคนิคการฝึกกรีฑา. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2550. ยางยืดชีวิตพิชิตโรค. บริษัท แกรนด์ สปอร์ต กรุ๊ป จำกัด พิมพ์ที่ บริษัท พิมพ์ดี จำกัด, กรุงเทพฯ.

_____. 2551. เอกสารประกอบการอบรมการพัฒนาความสามารถของนักกีฬาด้วยการฝึกกล้ามเนื้อ. กองสมรรถภาพการกีฬา ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ **Stretching Exercise**. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัฒน์. 2536. สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 4. ชรรคมลการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ชัยเลิศ พิชิตพรชัย. 2540. สรีรวิทยา 1. พิมพ์ครั้งที่ 4. เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

- รัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล. 2542. ผลของการยกน้ำหนักแบบปริมาตร 2 รูปแบบ ที่มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ถาวร กมุตศรี. 2541. ผลของการฝึกยกน้ำหนักในระดับความหนักต่างกันที่มีผลต่อกำลังของกล้ามเนื้อขา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทศพล วงศ์อุดม. 2544. คู่มือฟิตเนส. สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา, กรุงเทพฯ.
- ทศพล สุภาหาญ. 2550. ผลของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังโดยใช้ยางนอกรจักรยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ทศพล เจริญชัย. 2550. คณะสหเวชศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
Available Source: <http://sportsci.swu.ac.th/document/index3.htm> , March 2,2005.
- ธวัช วีระศิริวัฒน์. 2538. กีฬาวงศศาสตร์. โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮาส์, กรุงเทพฯ.
- รุ่งนภา นัยยุติ. 2549. **Elastic Weight Training**. โรงเรียนคู่สอด2 สพท., พระนครศรีอยุธยา เขต 2.
- วุฒิพงษ์ ปรมัตถการ. 2536. การออกกำลังกาย. โอ.เอส.พรีนติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ.
- ไวพจน์ จันทร์เสมอ. 2545. การพัฒนาโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. 2531 . การเสริมสร้างกล้ามเนื้อ. ฝ่ายวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, การฝึกสมรรถภาพทางกาย. ไทยมิตรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- สนธยา สีละมาด. 2547. หลักการฝึกสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อนันต์ อัฐชู. 2538. **หลักการฝึกกีฬา**. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

อัปคุลหาดี อุเซ็ง. 2542. **ผลของการฝึกยกน้ำหนักในระดับความหนักต่างกัน ที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกพล สุขวงศ์. 2550. **ผลของการฝึกด้วยน้ำหนักที่ความเร็วแตกต่างกันต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bloom, f. J., T.R. Ackland and B.C. 1994. **Elliott Applied anatomy and biomechanics in sport**. Melbourne Black Well Scientific publications, n.p.

Bloomfield, J., R.C.J. Polman and P.G. O'Donoghue. 2007. Reliability of the Bloomfield Movement Classification. **International Journal of Performance Analysis of Sport**-7(1): 20-27.

Bowerman, W.J. and Freeman. 1991. **High Performance Training for Track and Field**. 2nd ed., Leisure press, Champaign, Illinois.

Davis, R.J., C. R. Bull, J. V. Rescoe and D.A. Rescoe. 1991. **Physical Education and the Study of sport**. Wolfe publishing, England.

Fox, E.L. and D.K. Mathews. 1981. **The Physiological Bases of Physical Education and Athletics**. 3d., Saunders college Publishing Philadelphia.

Grave, J.E., M. Welsch and M.L. Pollock. 1993. **Exercise training for muscle strength endurance, pp1-5. In IDEA. The international Association of Fitness Professionals. Resource Series: Strength Training, California.**

- Gerson, E.R. Campos, et al. 2002. **Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones.**
- Heyward, V.H. 1991. **Advanced fitness assessment and exercise prescription.**
Human kinetics book, Champaign IL.
- Marko, T. K. *et al.* 2006. **Aging, muscle fiber type, and contractile function in sprint-trained Athletes.** n.p.
- Sydney, S. and M.D. Schochet. 1937. **Diagnostic Pathology of Skeletal Muscle and Nerve.**
Normal Muscle and General Techniques. West Virginia University Medical Center.
- Swensen, T., P. Mancuso and E.T. Howley. n.d. The Effect of moderate Resistance Weight Training on Peak Arm Aerobic Power. **J Sport Med.** 14 (1): 43-7.
- Thompson, P.J. 1991. **Introduction to coaching theory.** Marshallarts Prints services ltd.
West Sussex.
- Tim, N. S. *et al.* 2004. **Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men.**
- Wathen, D. 1994. Load assignment, pp. 435-438. In R.B. Thomas (ed.). **Essentials of Strength Training and Conditioning / National Strength and Conditioning Association.**
Human Kinetics, United States of America.
- Wescott, W.L. 1983. **Strength Fitness.** Allyn and Bacon., Massachusetts.
- Paulette, B. 1991. **Strength training for Coaches.** Leisure Press, Illinois.





รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านโดยยี่ด

1. ผศ. ถาวร กมุตศรี
อาจารย์วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การกีฬา และเทคโนโลยีการกีฬา
มหาวิทยาลัยมหิดล
2. อาจารย์ มาโนช บุตรเมือง
อาจารย์ประจำศูนย์กีฬา และนันทนาการ
มหาวิทยาลัยศรีประทุม
3. อาจารย์ เอกวิทย์ แสงผล
ผู้ฝึกสอนกรีฑาทีมชาติไทย
สมาคมกรีฑาแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
4. อาจารย์ สมนึก สมนาค
ผู้ฝึกสอนทักษะกลไกและการเคลื่อนไหว
สถาบันไอแพ็ค (IPRAX)
5. อาจารย์ ชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล
นักพัฒนาการกีฬา 8 กลุ่มวิจัยและพัฒนาการ สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา
สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา



โปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านโดยยางยืด ต่อการปฏิบัติ 1 ครั้ง ในท่า Half Squat

ทำการทดสอบความสามารถสูงสุดในการยกน้ำหนัก 1 ครั้ง (1RM) ในท่า Leg extension
ทำการเปรียบเทียบเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ จึงปรับระดับเปอร์เซ็นต์ความหนักตามกลุ่มฝึก

กลุ่มควบคุม ใช้ชีวิตประจำวัน โดยไม่ได้รับการฝึกแรงต้านด้วยยางยืด

กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแรงต้านด้วยยางยืดในระดับความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ของ1RM

กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแรงต้านด้วยยางยืดในระดับความหนักที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ของ1RM

กลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกแรงต้านด้วยยางยืดในระดับความหนักที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ1RM

ทำการฝึกดังต่อไปนี้

1. อบอุ่นร่างกาย 10 นาที โดยการวิ่งเหยาะ ๆ
2. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที
3. ทำการฝึกด้วยแรงต้านโดยยางยืดในท่า Half Squat
4. คลายอบอุ่นร่างกาย 10 นาที โดยการวิ่งเหยาะ ๆ
5. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที

วันเวลาที่ทำการฝึกในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ ระยะเวลา 16.00 – 17.00 น.

กลุ่มทดลอง	จำนวนครั้ง	เวลาพักระหว่างเซต (นาที)	จำนวนเซต
(70%)	12	3	3
(80%)	8	3	3
(90%)	4	3	3

ทุก 2 สัปดาห์ ทดสอบหาค่า 1 RM เพื่อปรับน้ำหนักที่ใช้ในการฝึก

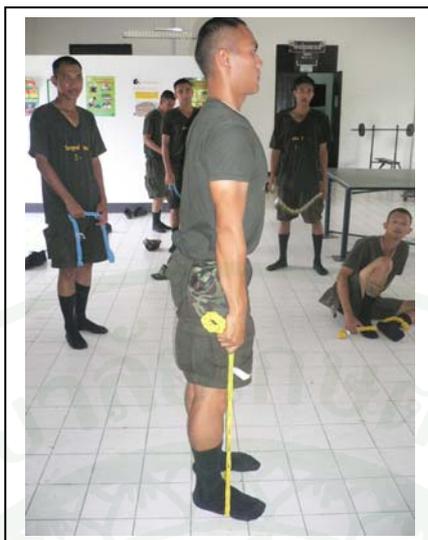
ท่าฝึก Half Squat

ขั้นตอนปฏิบัติท่าฝึก Half Squat

ยืนตรงแยกเท้าพอประมาณ แขนเหยียดข้างลำตัวใช้เท้าเหยียบยางที่ตำแหน่งของค่าน้ำหนักแรงต้านไว้มือสองข้างจับที่ปลายยางแต่ละข้างไว้ งอสะโพกงอเข่า ย่อตัวลง จนกระทั่งต้นขาขนานพื้นที่มีมุม 90 องศา หลังเหยียดตรง หน้ามองตรงไปข้างหน้าจากนั้นเหยียดสะโพก เหยียดเข่า กลับมาอยู่ในท่ายืนตรง



ภาพผนวกที่ ๑1 ท่าเริ่มต้นการฝึก Half Squat



ภาพผนวกที่ ข2 ท่าจบการฝึก Half Squat

ตารางผนวกที่ ข3 ค่าประมาณความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (1RM)

% of 1RM	100	93.5	91.0	88.5	86.0	83.5	81.0	78.5	76.0	73.5
Repetitions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Weight lifted (lb)	5	4.7	4.6	4.4	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7
	10	9.4	9.1	8.9	8.6	8.4	8.1	7.9	7.6	7.4
	15	14.0	13.7	13.3	12.9	12.5	12.2	11.8	11.4	11.0
	20	18.7	18.2	17.7	17.2	16.7	16.2	15.7	15.2	14.7
	25	23.4	22.8	22.1	21.5	20.9	20.3	19.6	19.0	18.4
	30	28.1	27.3	26.6	25.8	25.1	24.3	23.6	22.8	22.1
	35	32.7	31.9	31.0	30.1	29.2	28.4	27.5	26.6	25.7
	40	37.4	36.4	35.4	34.4	33.4	32.4	31.4	30.4	29.4
	45	42.1	41.0	39.8	38.7	37.6	36.5	35.3	34.2	33.1
	50	46.8	45.5	44.3	43.0	41.8	40.5	39.3	38.0	36.8
	55	51.4	50.1	48.7	47.3	45.9	44.6	43.2	41.8	40.4
	60	56.1	54.6	53.1	51.6	50.1	48.6	47.1	45.6	44.1
	65	60.8	59.2	57.5	55.9	54.3	52.7	51.0	49.4	47.8
	70	65.5	63.7	62.0	60.2	58.5	56.7	55.0	53.2	51.5
	75	70.1	68.3	66.4	64.5	62.6	60.8	58.9	57.0	55.1
	80	74.8	72.8	70.8	68.8	66.8	64.8	62.8	60.8	58.8
	85	79.5	77.4	75.2	73.1	71.0	68.9	66.7	64.6	62.5
	90	84.2	81.9	79.7	77.4	75.2	72.9	70.7	68.4	66.2
	95	88.8	86.5	84.1	81.7	79.3	77.0	74.6	72.2	69.8
	100	93.5	91.0	88.5	86.0	83.5	81.0	78.5	76.0	73.5
	105	98.2	95.6	92.9	90.3	87.7	85.1	82.4	79.8	77.2
	110	102.9	100.1	97.4	94.6	91.9	89.1	86.4	83.6	80.9
	115	107.5	104.7	101.8	98.9	96.0	93.2	90.3	87.4	84.5

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

% of IRM	100	93.5	91.0	88.5	86.0	83.5	81.0	78.5	76.0	73.5
Repetitions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	120	112.2	109.2	106.2	103.2	100.2	97.2	94.2	91.2	88.2
	125	116.9	113.8	110.6	107.5	104.4	101.3	98.1	95.0	91.9
	130	121.6	118.3	115.1	111.8	108.6	105.3	102.1	98.8	95.6
	135	126.2	122.9	119.5	116.1	112.7	109.4	106.0	102.6	99.2
	140	130.9	127.4	123.9	120.4	116.9	113.4	109.9	106.4	102.9
	145	135.6	132.0	128.3	124.7	121.1	117.5	113.8	110.2	106.6
	150	140.3	136.5	132.8	129.0	125.3	121.5	117.8	114.0	110.3
	155	144.9	141.1	137.2	133.3	129.4	125.6	121.7	117.8	113.9
	160	149.6	145.6	141.6	137.6	133.6	129.6	125.6	121.6	117.6
	165	154.3	150.2	146.0	141.9	137.8	133.7	129.5	125.4	121.3
	170	159.0	154.7	150.5	146.2	142.0	137.7	133.5	129.2	125.0
	175	163.6	159.3	154.9	150.5	146.1	141.8	137.4	133.0	128.6
	180	168.3	163.8	159.3	154.8	150.3	145.8	141.3	136.8	132.3
	185	173.0	168.4	163.7	159.1	154.5	149.9	145.2	140.6	136.0
	190	177.7	172.9	168.2	163.4	158.7	153.9	149.2	144.4	139.7
	195	182.3	177.5	172.6	167.7	162.8	158.0	153.1	148.2	143.3
	200	187.0	182.0	177.0	172.0	167.0	162.0	157.0	152.0	147.0
	205	191.7	186.6	181.4	176.3	171.2	166.1	160.9	155.8	150.7
	210	196.4	191.1	185.9	180.6	175.4	170.1	164.9	159.6	154.4
Weight lifted (lb)	215	201.0	195.7	190.3	184.9	179.5	174.2	168.8	163.4	158.0
	220	205.7	200.2	194.7	189.2	183.7	178.2	172.7	167.2	161.7
	225	210.4	204.8	199.1	193.5	187.9	182.3	176.6	171.0	165.4
	230	215.1	209.3	203.6	197.8	192.1	186.3	180.6	174.8	169.1
	235	219.7	213.9	208.0	202.1	196.2	190.4	184.5	178.6	172.7
	240	224.4	218.4	212.4	206.4	200.4	194.4	188.4	182.4	176.4
	245	229.1	223.0	216.8	210.7	204.6	198.5	192.3	186.2	180.1
	250	233.8	227.5	221.3	215.0	208.8	202.5	196.3	190.0	183.8
	255	238.4	232.1	225.7	219.3	212.9	206.6	200.2	193.8	187.4
	260	243.1	236.6	230.1	223.6	217.1	210.6	204.1	197.6	191.1
	265	247.8	241.2	234.5	227.9	221.3	214.7	208.0	201.4	194.8
	270	252.5	245.7	239.0	232.2	225.5	218.7	212.0	205.2	198.5
	275	257.1	250.3	243.4	236.5	229.6	222.8	215.9	209.0	202.1
	280	261.8	254.8	247.8	240.8	233.8	226.8	219.8	212.8	205.8
	285	266.5	259.4	252.2	245.1	238.0	230.9	223.7	216.6	209.5
	290	271.2	263.9	256.7	249.4	242.2	234.9	227.7	220.4	213.2
	295	275.8	268.5	261.1	253.7	246.3	239.0	231.6	224.2	216.8
	300	280.5	273.0	265.5	258.0	250.5	243.0	235.5	228.0	220.5
	305	285.2	277.6	269.9	262.3	254.7	247.1	239.4	231.8	224.2
	310	289.9	282.1	274.4	266.6	258.9	251.1	243.4	235.6	227.9
	315	294.5	286.7	278.8	270.9	263.0	255.2	247.3	239.4	231.5
	320	299.2	291.2	283.2	275.2	267.2	259.2	251.2	243.2	235.2
	325	303.9	295.8	287.6	279.5	271.4	263.3	255.1	247.0	238.9

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

% of IRM	100	93.5	91.0	88.5	86.0	83.5	81.0	78.5	76.0	73.5
Repetitions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	330	308.6	300.3	292.1	283.8	275.6	267.3	259.1	250.8	242.6
	335	313.2	304.9	296.5	288.1	279.7	271.4	263.0	254.6	246.2
	340	317.9	309.4	300.9	292.4	283.9	275.4	266.9	258.4	249.9
	345	322.6	314.0	305.3	296.7	288.1	279.5	270.8	262.2	253.6
	350	327.3	318.5	309.8	301.0	292.3	283.5	274.8	266.0	257.3
	355	331.9	323.1	314.2	305.3	296.4	287.6	278.7	269.8	260.9
	360	336.6	327.6	318.6	309.6	300.6	291.6	282.6	273.6	264.6
	365	341.3	332.2	323.0	313.9	304.8	295.7	286.5	277.4	268.3
	370	346.0	336.7	327.5	318.2	309.0	299.7	290.5	281.2	272.0
	375	350.6	341.3	331.9	322.5	313.1	303.8	294.4	285.0	275.6
	380	355.3	345.8	336.3	326.8	317.3	307.8	298.3	288.8	279.3
	385	360.0	350.4	340.7	331.1	321.5	311.9	302.2	292.6	283.0
	390	364.7	354.9	345.2	335.4	325.7	315.9	306.2	296.4	286.7
	395	369.3	359.5	349.6	339.7	329.8	320.0	310.1	300.2	290.3
	400	374.0	364.0	354.0	344.0	334.0	324.0	314.0	304.0	294.0
	405	378.7	368.6	358.4	348.3	338.2	328.1	317.9	307.8	297.7
	410	383.4	373.1	362.9	352.6	342.4	332.1	321.9	311.6	301.4
	415	388.0	377.7	367.3	356.9	346.5	336.2	325.8	315.4	305.0
	420	392.7	382.2	371.7	361.2	350.7	340.2	329.7	319.2	308.7

ที่มา: Wathen (1994)



ภาคผนวก ค
การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพื่อปรับน้ำหนัก

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพื่อปรับน้ำหนัก

ขั้นตอนปฏิบัติทำทดสอบ Dumbbell Squates

ยืนตรงแยกเท้าพอประมาณ แขนเหยียดข้างลำตัว มือสองข้างจับที่ดัมเบลล์
งอสะโพกย่อเข่า ย่อตัวลง เข่าไม่เลยปลายเท้า จนกระทั่งต้นขาขนานกับพื้นที่มีมุม 90 องศา หลังเหยียด
ตรง หน้ามองตรงไปข้างหน้าจากนั้นเหยียดสะโพก เหยียดเข่า กลับมาอยู่ในท่ายืนตรง



ภาพผนวกที่ ๑1 ท่าเริ่มต้นการทดสอบ Dumbbell Squat



ภาพผนวกที่ ค2 ท่าจบการทดสอบ Dumbbell Squat



การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

วัตถุประสงค์ ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

อุปกรณ์ เครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg dynamometer)
ในท่า Leg extension

วิธีการทดสอบ

1. อธิบายการจัดร่างกาย และการจับอุปกรณ์ให้เหมาะสม
2. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนบนที่วางเท้าของเครื่องมือ
3. ย่อเข่าลง 40 องศา และแยกเข่าออกเล็กน้อย หลังและแขนเหยียดตรง
4. จับที่ดิ่งในท่ามือคว่ำระหว่างเข่าทั้งสองข้าง จัดโซ่ให้ความตึงเหมาะสม
5. ออกแรงเหยียดเข่าเต็มที่ ทดสอบ 2 ครั้ง
6. บันทึกผลการวัดครั้งที่ยาก หน่วยเป็นกิโลกรัม (นำผลมาหารน้ำหนักตัว)



ภาพผนวกที่ ๑1 เครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg dynamometer)



ภาพผนวกที่ ๑2 การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา



การทดสอบหาค่าน้ำหนัก หรือหาค่าแรงต้านของยางยืด

ระยะยืดหรือระยะหดตัวของสปริง

สมการ $F = kx$ ($x = L_2 - L_1$)

ให้ L เป็นความยาวเดิมของสปริง

F เป็นแรงที่ใช้ในการดึงหรืออัดสปริง

x เป็นระยะยืดหรือระยะหดตัวของสปริง จากตำแหน่งสมดุล เมื่อมีแรง F กระทำ

k ค่านิจสปริง (spring constant) เป็นค่าเฉพาะตัว สปริงแข็งจะมีค่า k สูง ส่วนสปริงอ่อนจะมีค่า k ต่ำ

อุปกรณ์หาลำน้ำหนัก หรือหาลำแรงต้านของยางยืด



ภาพผนวกที่ จ1 ดัมเบลล์ แผ่นน้ำหนัก



ภาพผนวกที่ จ2 ยางยืด (Rubber Chine)



ภาพผนวกที่ จ3 ตลับเมตร และสายวัด



ภาพผนวกที่ จ4 เครื่องชั่งแบบสปริง



ภาคผนวก จ

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซโคเนติก

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซไคนติก

เครื่องมือวัดในระบบไอโซไคนติก (Isokinetic) เป็นเครื่องมือวัดความสามารถของแรงพยายาม (Effort) ของกล้ามเนื้อที่กระทำ ซึ่งจะแสดงออกมาโดยวัดแรงพยายามตลอดการเคลื่อนที่ (Rang of Motion) ในรูปแบบของกราฟและสัญญาณที่ส่งออกมา จาก Dynamometer นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ อีกที่เครื่องแสดงออกมาในรูปแบบของกราฟต่างๆ

ข้อดีของเครื่องระบบไอโซไคนติกนั้น คือ ในการทดสอบกล้ามเนื้อแต่ละมัด และแต่ละข้อต่อ จะไม่เกิดการเจ็บปวดในกรณีที่ถูกทดสอบมีอาการเจ็บหรือได้รับบาดเจ็บมาก่อน เนื่องจากการทำงานของเครื่องระบบไอโซไคนติก จะทำให้ผู้ถูกทดสอบหรือผู้บาดเจ็บออกแรงในการทำงานน้อย

ความหมายของค่าต่างๆ ที่แสดงออกมาจากเครื่องระบบไอโซไคนติก

กล้ามเนื้อคนเรานั้นสามารถหดตัวและคลายตัวได้ เมื่อกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นให้หดตัวจะเกิดแรง (Force) ถ้าข้อต่อเป็นแกนที่ทำให้เกิดการหมุน ผลของแรงที่เกิดขึ้นก็คือ โมเมนตัมของแรงที่เรียกว่า ทอร์ก (Torque) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดแรงที่เกิดขึ้นโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อต่อต้านน้ำหนักของวัตถุที่กระทำต่อกล้ามเนื้อก็คือ ไดนาโมมิเตอร์ที่วัดแรง แต่แรงนั้นจะมีค่าแสดงออกมาเป็นค่าของ ผลของแรงกับระยะทาง จากจุดหมุนที่แรงกระทำตั้งฉากกับจุดหมุน ซึ่งเรียกว่า ทอร์ก (Torque)

Average และ Peak

ถ้าแรงหรือทอร์กเกิดขึ้นตลอดช่วงการเคลื่อนที่ค่าที่วัดได้จะแสดงออกมาเป็นได้ทั้งสองค่า คือ ค่าสูงสุด (Peak) หรือ ค่าเฉลี่ย (Average)

ค่าสูงสุด (Peak) จะแสดงที่จุด ณ กล้ามเนื้อออกแรงสูงสุด หรือ ทอร์กสูงสุดนั่นเอง

ค่าเฉลี่ย (Average) จะคำนวณจากความดึงตัวของกล้ามเนื้อตลอดช่วงการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ย

ดังนั้นในการใช้ค่าเฉลี่ยจึงมักกระทำเมื่อต้องการผลลัพธ์ก่อน (Pretest) และหลังการทดสอบ (Posttest) หรือ ความต้องการเพื่อเปรียบเทียบกล้ามเนื้อสองกลุ่ม ในทางตรงกันข้ามแรงสูงสุด (Peak Force) หรือ Peak Torque จะปรากฏออกมาขณะที่ช่วงการเคลื่อนที่อยู่ในช่วงกลางของการเคลื่อนที่ในรอบนั้น (Midrange of Motion) อย่างไรก็ตามค่ามาตรฐานของช่วงการเคลื่อนที่ของการทดสอบ เพื่อหาค่าสูงสุดอาจจะไม่ได้ผลดี ถ้ามีค่าเฉลี่ยมาเกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันจะเห็นว่า ความสัมพันธ์ของค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของท็อก (Torque) และแรงที่ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นค่าที่ได้มาตรฐาน เชื่อถือได้ (Perrin, Tis, Hellwing, and Shenk, 1992)

ค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของท็อก เป็นค่าที่แสดงการทำงานในระบบไอโซโคเนติก ที่นิยมใช้กับการทำงานของกล้ามเนื้อมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีตัวควบคุมการทำงานอย่างละเอียดอีกอย่างหนึ่งที่สามารถอ่านค่าที่ท็อกที่เกิดขึ้นได้ตลอดช่วงมุมของการเคลื่อนที่ในระบบไอโซโคเนติกซึ่งเรียกว่า “Anger-Spesific Torque” (AST) แต่ยังมีความแม่นยำไม่ดีเท่าที่ควร (Kannus and Yasuda, 1992) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันถือว่าเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายถึงท็อก ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้

ค่าที่แสดงออกจากการคำนวณของระบบไอโซโคเนติก ที่ควรทำความเข้าใจ มีดังนี้

1. Torque คือ ผลคูณของแรงกับระยะทางจากจุดหมุนมาตั้งฉากกับแนวแรง ดังนั้น

$$\text{Torque} = \text{force} \times \text{distance} \perp$$

2. Work คือ ผลคูณกับระยะทางในการหมุน ดังนั้น

$$\text{Work} = \text{force} \times \text{distance}$$

3. Power คือ อัตราส่วนของงานกับเวลาในการกระทำ ดังนั้น

$$\text{Power} = \text{work}/\text{time}$$

หลักในการทดสอบแบบไอโซโคเนติก

วิธีการทดสอบและการอบอุ่นร่างกายก่อนการทดสอบ

เนื่องมาจากรูปแบบการทำงานแบบไอโซโคเนติกนั้น เป็นรูปแบบที่แปลกใหม่ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้เข้าใจถึงวิธีการและสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือเพื่อได้ค่าที่มีความเร็วของเครื่องมือ และความต้านทานที่เครื่องมือกำหนดออกมาจะเกิดจากการที่ผู้เข้ารับการทดสอบได้พยายามออกแรงกระทำให้ร่างกายส่วนที่ทดสอบเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่กำหนดไว้หรือมากกว่าความเร็วที่กำหนดไว้การบอกหรือการกระตุ้นให้ออกแรงดันหรือดึงให้มากที่สุด และเร็วที่สุดเท่าที่จะสามารถกระทำได้ และเนื่องจากเครื่องมือในระบบไอโซโคเนติกสามารถทำการทดสอบได้ทั้งกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น แบบเหยียดออก จึงจำเป็นจะต้องบอกให้ผู้เข้ารับการทดสอบให้เข้าใจว่า เมื่อทำการทดสอบกับการทำงานของกล้ามเนื้อ แบบเหยียดออกนั้น ผู้รับการทดสอบจะต้องออกแรงต้านการเคลื่อนที่ของคานที่ต่อมาจากตัวหนักแรง

ก่อนที่จะทำการทดสอบ ควรให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้มีการอบอุ่นร่างกาย และทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือ โดยทั่วไปการให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้ทำความคุ้นเคย 6 ครั้ง โดยออกแรงต่ำกว่าระดับสูงสุด 3 ครั้งหลัง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงกับค่าทอร์ก ค่าของงาน และค่าของกำลังกล้ามเนื้อ (Perrin, 1993)

ตำแหน่งของร่างกาย การยึดตรึงของร่างกาย และการกำหนดตำแหน่งของข้อต่อ

การจัดตำแหน่งของร่างกาย และการยึดตรึงร่างกายของผู้เข้ารับการทดสอบ เพื่อแยกกลุ่มกล้ามเนื้อที่ต้องการให้ทำงานโดยตรง แยกออกจากกล้ามเนื้อที่มีส่วนช่วยในการทำงานให้มากที่สุด เช่น การรัดเข็มขัดที่หน้าอกและเอวเมื่อทดสอบกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายและต้องให้ผู้เข้ารับการทดสอบใช้แขนทั้งสองข้างกอดอก

เนื่องจากการทดสอบแบบไอโซโคเนติก เป็นการทดสอบกล้ามเนื้อเพียงกลุ่มเดียว จึงสามารถใช้ทดสอบกับการเคลื่อนที่ของข้อต่อในแนวระนาบปกติของร่างกาย 3 ระนาบ คือ ระนาบหน้าหลัง (frontal plane) ระนาบบนล่าง (transverse plane) และระนาบซ้ายขวา (sagittal plane) ทั้ง 3 ระนาบ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของข้อต่อคือ ระนาบซ้าย-ขวา ทำให้เกิดการงอ (flexion) การเหยียด

(extension) ระบายหน้า-หลัง ทำให้เกิดการกาง (abduction) การหุบ (adduction) ระบายบน-ล่าง ทำให้เกิดการหมุน (rotation) ในการเคลื่อนไหวตามแนวระนาบดังกล่าว จึงต้องทำให้แกนหมุน (axis of rotation) ของข้อต่อ อยู่ในระหว่างการหมุนของข้อต่อ จึงควรมีการทดลองหมุนข้อต่อแกนหมุนของเครื่องและความยาวของคานที่ใช้ให้ถูกต้องทุกจุด

คำแนะนำในการทดสอบกล้ามเนื้อแบบไอโซโคเนติก

การทดสอบกล้ามเนื้อแบบไอโซโคเนติก เพื่อใช้วัด ค่าทอร์ค งานและกำลังของกล้ามเนื้อ นั้น มีองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้การทดสอบนั้นมีความเที่ยงตรง (Reliability) ดังนี้

1. การอบอุ่นร่างกาย ก่อนการทดสอบในแต่ละช่วงจะต้องมีการอบอุ่นร่างกาย Perrin (1993) พบว่า การอบอุ่นร่างกาย โดยให้ออกแรงต่ำกว่าสูงสุด 3 ครั้งแรก และออกแรงกระทำสูงสุด 3 ครั้งหลัง ทำให้ค่าทอร์ก งานและกำลังของกล้ามเนื้อที่มีความเที่ยงตรงสูง ในการทดสอบการเหยียดและการงอเข้า ไหล่ และการหมุนเข้า หมุนออกของไหล่ และควรมีการอบอุ่นร่างกายในทุกช่วงของการทดสอบแต่ละความเร็ว

2. การพัก ในการทดสอบควรมีการกำหนดเวลาพักที่แน่นอนไว้ในช่วงระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการทดสอบ โดยมีงานวิจัยยืนยันว่า การกำหนดเวลาพักทำให้ได้ค่าความแรงของกล้ามเนื้อสูงขึ้น และมีความเที่ยงตรงมากกว่าไม่มีเวลาพัก ระยะเวลาในการพักขึ้นอยู่กับแบบทดสอบ เช่น 30 วินาที ถึง 1 นาที สำหรับการทดสอบการออกแรงสูงสุด 4 ครั้ง ในทุกๆ ความเร็ว แต่ถ้าเป็นการทดสอบความอดทนที่ต้องทำการทดสอบถึง 25-30 ครั้ง ควรกำหนดเวลาพักไว้อย่างน้อย 1 นาที หรือมากกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพร้อมของผู้เข้ารับการทดสอบด้วย (perrin, 1993)

3. ความเร็วในการทดสอบ การกระตุ้นของหน่วยยนต์ องค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อ และกลุ่มกล้ามเนื้อในแต่ละกลุ่มที่มีความแตกต่างกันของแต่ละบุคคล รวมทั้ง เป้าหมายและวัตถุประสงค์ในการทดสอบ จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการทดสอบ โดยการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะใช้การทดสอบในความเร็วต่ำ คือ 60 องศาต่อวินาที หรือถ้าเป็นการทดสอบกำลังกล้ามเนื้อ จะใช้ทดสอบที่ความเร็วปานกลาง คือ ระหว่าง 180-300 องศาต่อวินาที

4. จำนวนครั้งในการทดสอบ การหดตัวของกล้ามเนื้อติดต่อกันหลายๆครั้ง เป็นสิ่งจำเป็นที่จะทำให้เกิดค่าความแข็งแรงสูงสุด และ ค่าที่ออกสูงสุดได้ จะเกิดในช่วงการหดตัวของกล้ามเนื้อ 3-4 ครั้ง (Perrin, 1993)

ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้วยเครื่องมือระบบไอโซโคเนติก ไดนาโม

มิเตอร์ ยี่ห้อ LIDO multi joint II

1. เปิดเครื่องเข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หน้าจอจะแสดงเมนู Lido act ให้ใส่ข้อมูลรายละเอียด ชื่อ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ของผู้เข้ารับการทดสอบ

2. ตั้งโปรแกรมการทดสอบ โดยเลือกท่าทดสอบในท่านั่ง พร้อมกับเลือกความเร็วในการทดสอบ โดยการทดสอบครั้งนี้ เลือกที่มุม 60 องศาต่อวินาที

3. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบนั่งบนเบาะนั่ง โดยขาหย่อนลง ให้ขาที่จะทำการทดสอบท่ามุมฉากกับตัวหน้าวงแรง

4. จัดท่าผู้เข้ารับการทดสอบให้ถูกต้อง โดยให้ข้อต่อของข้อเข่าข้างที่ทดสอบอยู่ตรงกับจุดกำหนดของตัวหน้าวงแรง พร้อมกับยึดตรึงต้นขาส่วนบนบริเวณเหนือเข่าไม่ให้มีการเคลื่อนไหว จากนั้นทำการยึดตรึงข้อเท้ากับแขนของตัวหน้าวงแรง ส่วนขาข้างที่ไม่ได้ทดสอบให้ยึดตรึงมิให้มีการเคลื่อนไหว

5. ในขณะที่นั่งบนเบาะนั่ง หลังของผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องชิดกับเบาะ และรัดเข็มขัดเพื่อยึดตรึงลำตัว และสะโพกไม่ให้มีการเคลื่อนไหวขณะทดสอบ

6. ทำเริ่มต้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบนั่งงอขาท่ามุม 90 องศา มือทั้งสองข้างจับที่จับข้างเบาะนั่ง เพื่อให้เกิดความมั่นคง หลังจากนั้นผู้ควบคุมการทดสอบ เริ่มทำการตั้งระดับมุมการเคลื่อนไหวของขาที่ 0 องศา และ 90 องศา จากนั้นกดคำสั่งผ่านคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้เข้ารับการทดสอบ เริ่มออกแรงเหยียดขาเพื่อเป็นการอบอุ่นร่างกาย ประมาณ 3-5 ครั้ง แล้วกดคำสั่งอีกครั้ง เพื่อเริ่มทำการทดสอบ

7. ผู้เข้ารับการทดสอบ ต้องออกแรงเหยียดขาและงอขาให้เร็วที่สุดและแรงที่สุดเท่าที่จะทำได้ จนครบ 4 ครั้ง

8. ค่าที่แสดงบนจอภาพของคอมพิวเตอร์ จะแสดงค่าแรงเหยียดขาและแรงในการงอขา ซึ่งมีหน่วยเป็นนิวตันเมตร



ภาพผนวกที่ ๑๑ การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้วยเครื่องมือระบบไอโซโคเนติก ไดนาโมมิเตอร์



ภาคผนวก ข
การทดสอบหาค่ามวลกล้ามเนื้อขา (Leg lean muscle mass)

การทดสอบหาค่ามวลกล้ามเนื้อขา (Leg lean muscle mass)

หลักการใช้เครื่อง Inbody 720

เครื่อง Inbody 720 เป็นเครื่องอิมพีแดนซ์ของไฟฟ้าชีวภาพหรือบีไอเอ (bioelectrical impedance analysis, BIA) ชนิดหนึ่ง โดยเป็นเทคนิคที่ใช้วัดปริมาณส่วนประกอบต่างๆ ของร่างกาย ด้วยวิธีผ่านกระแสไฟฟ้าปริมาณน้อยๆ เข้าสู่ร่างกาย แล้ววัดความต้านทานของร่างกายที่ขัดขวางการไหล ของกระแสไฟฟ้า จากนั้น จึงนำค่าความต้านทานที่วัดได้ไปคำนวณหาปริมาณส่วนประกอบต่างๆ ของร่างกายโดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ บีไอเอสามารถวัดปริมาณส่วนประกอบของร่างกายที่มีความสำคัญทางวิทยาศาสตร์การกีฬา เช่น น้ำในร่างกาย มวลไขมัน และมวลที่ปราศจากไขมัน (Kyle, 2004; Brodie, 1998)

การวิเคราะห์อิมพีแดนซ์ของไฟฟ้าชีวภาพ หรือ บีไอเอ (Bioelectrical impedance analysis, BIA) เป็นเทคนิคที่ใช้วัดปริมาณส่วนประกอบต่างๆ ของร่างกาย เช่น ส่วนของมวลไขมัน ส่วนของมวลที่ปราศจากไขมัน และส่วนของน้ำ โดยการผ่านกระแสไฟฟ้าปริมาณน้อยๆ เข้าสู่ร่างกาย แล้ววัดค่าอิมพีแดนซ์ (impedance) และค่าทางไฟฟ้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงนำค่าต่างๆ ที่วัดได้ไปคำนวณหาปริมาณส่วนประกอบต่างๆ ของร่างกายโดยอาศัยสมการที่เผยแพร่ในวารสารทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ บีไอเอเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ทั้งในทางคลินิกและทางการศึกษาวิจัย เพราะบีไอเอเป็นเทคนิคที่ปฏิบัติได้ง่าย ไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด และได้ผลอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ เครื่องบีไอเอยังเป็นเครื่องมือที่สามารถพกพาได้สะดวก และมีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับเครื่องมือชนิดอื่นๆ ที่ใช้วัดปริมาณส่วนประกอบของร่างกาย เช่น เครื่องวัดการดูดกลืนรังสีเอกซ์ลำแสงคู่ (dual-energy X-ray absorptiometry, DXA) และเครื่องชั่งใต้น้ำ (underwater weighing, UWW) ในทางคลินิก (Brodie, 1998) บีไอเอมีประโยชน์ในการวินิจฉัย และประเมินผลการรักษา ภาวะหรือโรคต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบของร่างกาย เช่น ภาวะทุพโภชนาการ (malnutrition) ภาวะอ้วนเกิน (obesity) ในทางการศึกษาวิจัย บีไอเอเป็นเทคนิคที่ใช้กันแพร่หลายในการศึกษาวิจัยทางเวชศาสตร์การกีฬา (sport medicine) และ วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว (kinesiology) สำหรับในทางวิทยาศาสตร์การกีฬานั้น ยังมีการนำบีไอเอมาประยุกต์ใช้ไม่มาก ดังนั้น จึงสามารถนำบีไอเอไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนร่างกายก่อนและหลังการฝึกของนักกีฬา (Bloomfield, 2007)

ข้อแนะนำก่อนวัดด้วยเครื่อง Inbody720

1. ต้องใช้วัดก่อนออกกำลังกาย หรือทำกายภาพบำบัด เนื่องจากการออกกำลังกายหรือทำกายภาพบำบัดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกายชั่วคราว
2. ไม่ควรรับประทานอาหารขึ้นวัดเครื่อง Inbody720
3. ควรทำการเข้าชาน้ำหรืออาบน้ำ เนื่องจากเหงื่อที่ออกจะมีผลต่อองค์ประกอบของร่างกายชั่วคราว
4. ควรทำการวัดในห้องที่มีอุณหภูมิ 20oC- 25oC อุณหภูมิที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไปมีผลต่อองค์ประกอบของร่างกายเปลี่ยนแปลงได้
5. ควรเข้าห้องน้ำก่อนทำการวัด เพราะของเสียที่อยู่ในร่างกายจะทำให้ความแม่นยำของการวัดลดลง

วิธีการใช้เครื่อง Inbody 720

1. ทำการเปิดเครื่อง Inbody โดยสวิทช์ด้านเปิดอยู่ด้านหลังของเครื่อง
2. รอเครื่อง Inbody ทำการโหลดข้อมูลลงเครื่องใช้เวลาประมาณ 5 นาที
3. เมื่อเข้าสู่หน้าจอ ให้ทำการเปิดเครื่องปริ้นท์เตอร์
4. ผู้เข้ารับการทดสอบขึ้นยืนบนเครื่อง Inbody ทดสอบซึ่งมีจุดให้ยืนทดสอบ แล้วยืนให้นิ่ง
5. เครื่อง Inbody 720 จะทำการชั่งน้ำหนักตัวเมื่อได้ยินเสียงสัญญาณบีบ ให้ใส่ข้อมูลประกอบไปด้วย รหัส อายุ เพศ และส่วนสูง

6. หลังจากนั้นผู้ทดสอบ ใช้มือจับสายเครื่องวัดส่วนบน โดยจะมีสัญลักษณ์ให้จับแสดงบนจอมอนิเตอร์

7. ให้ผู้ทดสอบยืนในลักษณะกางแขนประมาณ 45 องศา ขนานกับลำตัว ยืนประมาณ 3 นาที โดยเครื่องจะทำการผ่านกระแสไฟฟ้าทั่วร่างกาย แล้วจะแสดงผลทางหน้าจอของเครื่อง

8. หลังจากนั้นทำการส่งเครื่อง พิมพ์ข้อมูลที่ทำการทดสอบออกมา

9. ข้อมูลที่พิมพ์ออกมา

ในกรอบที่ 1 จะมีข้อมูล ปริมาณน้ำในเซลล์ น้ำนอกเซลล์ (ลิตร) โปรตีน แร่ธาตุ และไขมัน(ก.ก.)

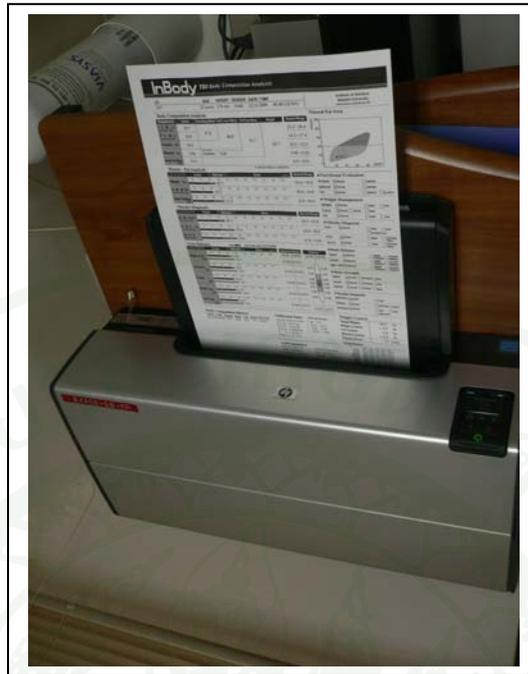
ในกรอบที่ 2 ข้อมูลประกอบไปด้วย น้ำหนักตัว มวลกล้ามเนื้อ และ ไขมัน (ก.ก.)

ในกรอบที่ 3 ข้อมูล คำนวณมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน และ สักรอบเอวต่อสะโพก

ในกรอบที่ 4 ข้อมูลกล้ามเนื้อแยกส่วน เป็น แขนขวา แขนซ้าย ลำตัว ขาขวาและขาซ้าย



ภาพผนวกที่ ข1 การทดสอบหาค่ามวลกล้ามเนื้อขา (Leg lean muscle mass)



ภาพผนวกที่ ข2 ใบแสดงผลของการวัดจากเครื่อง Inbody 720



ภาคผนวก ข

การอบอุ่นร่างกาย คลายอบอุ่นร่างกาย และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

การอบอุ่นร่างกาย คลายอุ่นร่างกาย และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

ยั้งขึ้น (เจริญ, 2552) ขบวนการที่ใช้กระตุ้นหรือกระทำให้อวัยวะมีการปรับสภาพระบบทำงานของอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกาย เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับรองรับการเคลื่อนไหวหรือการทำงานที่หนักหรือมากกว่าปกติซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิร่างกายเพิ่มสูงขึ้นโดยประมาณ 1 – 2 องศาเซลเซียสจากอุณหภูมิปกติของร่างกาย เป้าหมายของการอบอุ่นร่างกาย คือ การกระตุ้นให้อวัยวะเกิดการรับรู้และตื่นตัวพร้อมที่จะเคลื่อนไหวหรือทำงานได้ดียิ่งขึ้น (Awareness) ช่วยพัฒนาการประสานงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Coordination) ช่วยพัฒนาความสามารถในการยืดหยุ่น และการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Elasticity and Contractility of Muscles) ร่วมกับการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนเลือดให้มีประสิทธิภาพ

ตารางผนวกที่ ข1 การอบอุ่นร่างกาย การคลายอุ่นร่างกาย และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

กิจกรรม	การทำงานของร่างกาย	เวลาที่ใช้ฝึก
1. วิ่งเหยาะๆ	- ระบบหัวใจ – หายใจ - ระบบกล้ามเนื้อ - ระบบข้อต่อ - ระบบภายในร่างกาย	10 นาที
2. Forward lunge stretch	- Iliopsoas - Rectus femoris - Hip joint	15 วินาที
3. Quadriceps stretch	- Quadriceps muscle - Iliopsoas - Knee joint	15 วินาที
4. Butterfly stretch	- Adductor muscle - Sartorius muscle	15 วินาที
5. Hamstring stretch	- Hamstring muscle - Gastrocnemius muscle - Hip joint	15 วินาที
6. Knee up stretch	- Gluteus muscle - Lower back - Hip joint	15 วินาที

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (Static stretching)

ท่าที่ 1 Forward lunge stretch

ขั้นตอนปฏิบัติ

ก้าวเท้าขวาไปด้านหน้าลำตัว ปลายเท้าอยู่เลยเข่าและฝ่าเท้าวางราบกับพื้น ขยับสะโพกและลำตัวไปด้านหน้า ใช้มือทั้งสองผลักสะโพกเหยียดหลังแอ่นตัวไปด้านหน้า ทิ้งน้ำหนักตัวลงที่สะโพกซ้ายด้านหน้า หยุดนึ่งค้างไว้ ณ ตำแหน่งที่รู้สึกตึงหรือปวดเล็กน้อย ประมาณ 15 วินาที โดยอยู่ในอาการผ่อนคลายและไม่กลั่นลมหายใจในขณะที่ทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ปฏิบัติลักษณะเดียวกันในด้าตรงข้าม



ภาพผนวกที่ ๑1 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อท่า Forward lunge stretch

ท่าที่ 2 Quadriceps stretch

ขั้นตอนปฏิบัติ

นั่งคุกเข่าตัวตรงในลักษณะเข่าขวาจรดพื้น ชันเข่าซ้ายขึ้น เอนลำตัวไปด้านหลังเหยียดแขนใช้มือทั้งสองข้างยันพื้นไว้ทางด้านหลังลำตัว หุคหนึ่งข้างไว้ ณ ตำแหน่งที่รู้สึกตึงหรือปวดเล็กน้อย ประมาณ 15 วินาที โดยอยู่ในอาการผ่อนคลายและไม่กลั่นลมหายใจในขณะที่ทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ปฏิบัติลักษณะเดียวกันในข้างตรงข้าม



ภาพผนวกที่ ๒๒ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Quadriceps stretch

ท่าที่ 3 Butterfly stretch

ขั้นตอนปฏิบัติ

นั่งหลังตรงฝ่าเท้าประกบกันกางเข่าออกทางด้านข้างลำตัว มือทั้งสองจับที่ปลายเท้าไว้ ดึงสันเท้าเข้าหาเชิงกรานให้มากที่สุด งอลำตัวก้มศีรษะลงหาปลายเท้าทางด้านหน้า ใช้มือทั้งสองช่วยเหนี่ยวดึงปลายเท้า เพื่องอลำตัวก้มศีรษะลงให้ได้มากที่สุด งอศอกกางต้นแขนออกทางด้านข้างลำตัว หยุดนั่งค้างไว้ ณ ตำแหน่งที่รู้สึกตึงหรือปวดเล็กน้อย ประมาณ 15 วินาที โดยอยู่ในอาการผ่อนคลายและไม่กลั้นลมหายใจในขณะที่ทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ



ภาพผนวกที่ ๓3 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Butterfly stretch

ท่าที่ 4 Hamstring stretch

ขั้นตอนปฏิบัติ

นั่งตัวตรง เขยิบขาซ้ายไปทางด้านหน้า งอเข่าขวาเข้าด้านใน กางต้นขาขวาออกทางด้านข้างวางราบกับพื้น ฝ่าเท้าขวาสัมผัสต้นขาซ้ายด้านใน งอลำตัวก้มศีรษะลงทางด้านหน้า เขยิบแขนทั้งสองไปทางปลายเท้าซ้าย เข่าซ้ายเขยิบชิดถึงปลายเท้าซ้ายตั้งขึ้น หยุดนึ่งค้างไว้ ณ ตำแหน่งที่รู้สึกตึงหรือปวดเล็กน้อย ประมาณ 15 วินาที โดยอยู่ในอาการผ่อนคลายและไม่กลั้นลมหายใจในขณะที่ทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ปฏิบัติลักษณะเดียวกันในข้างตรงข้าม



ภาพผนวกที่ ๔4 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Hamstring stretch

ท่าที่ 5 Knee up stretch

ขั้นตอนปฏิบัติ

นอนหงาย งอเข่าทั้งสองเข้าหาหน้าอก มือทั้งสองประสานกันกดเข่าไว้ ออกแรงเหนี่ยวดึงเข่าทั้งสองเข้าหาอก พร้อมกับก้มศีรษะและไหล่ทั้งสองงอลำตัวขึ้นหาเข่า หยุดนั้งค้างไว้ ณ ตำแหน่งที่รู้สึกตึงหรือปวดเล็กน้อย ประมาณ 15 วินาที โดยอยู่ในอาการผ่อนคลายและไม่กลั้นลมหายใจในขณะที่ทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ



ภาพผนวกที่ ๗5 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ Knee up stretch