การพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส

นายสุทธิกร อาภานุกูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

A DEVELOPMENT OF COMBINED WEIGHT AND PNEUMATIC TRAINING MODEL TO ENHANCE POWER ENDURANCE IN TENNIS PLAYERS

Mr. Suttikorn Apanukul

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Sports Science
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2013
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส
โดย	นายสุทธิกร อาภานุกูล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิลปชัย สุวรรณธาดา

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิลปชัย สุวรรณธาดา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. ทศพร ยิ้มลมัย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สุทธิกร อาภานุกูล : การพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส. (A DEVELOPMENT OF COMBINED WEIGHT AND PNEUMATIC TRAINING MODEL TO ENHANCE POWER ENDURANCE IN TENNIS PLAYERS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร. ศิลปชัย สุวรรณธาดา, , 146 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส โดยมี 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 ได้ทำการศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศที่มีต่อพลังสูงสุด ซึ่งทดสอบโดยให้นักกีฬาเทนนิสชาย 15 คน ทำการยกท่าซูโม่ สควอท 3 เซ็ตๆ ละ 6 ครั้ง ที่ความหนัก 30% ของน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ โดยมีรูปแบบสัดส่วนระหว่างแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 ในสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งแต่ละสัปดาห์จะทดสอบ 1 รูปแบบแรงต้าน ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรที่ได้จาก 5 รูปแบบแรงต้าน ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ โดยผลการทดลองพบว่า รูปแบบแรงต้านที่มีสัดส่วนระหว่างแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90 : 10 สามารถทำให้เกิดพลังสูงสุดได้มากที่สุด ของทุกรูปแบบที่ใช้ในการทดสอบ

ในขั้นตอนที่ 2 ได้ทำการศึกษา และเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนัก 8 สัปดาห์ ด้วยรูปแบบแรงต้านที่มีสัดส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90 : 10 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเทนนิส เพศชาย ระดับมหาวิทยาลัยซึ่งมีเกณฑ์อายุตั้งแต่ 18-25 ปี จำนวน 30 คน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 10 คน ด้วยการกำหนดกลุ่มแบบสุ่ม โดยการจับฉลากเข้ากลุ่มให้เท่าๆ กัน โดยกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนัก + การฝึกปกติ กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ + การฝึกปกติ และกลุ่มควบคุม ฝึกปกติ ทั้งกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 จะถูกฝึกท่าซูโม่ สควอท 2 ครั้งต่อสัปดาห์โดยใช้ระยะเวลาในการฝึก 8 สัปดาห์ นอกจากนี้ในแต่ละครั้งที่ฝึกจะยกท่าซูโม่ สควอท 20 ครั้ง/เซ็ต จำนวน 3 เซ็ต มีการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้งคือ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 โดยทดสอบค่าพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเปรียบเทียบผลการทดลองทุกรายการก่อน และหลังการฝึก ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ พบว่า หลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่าพลังอดทน พลังสูงสุด ความและคล่องแคล่วว่องไว มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มที่ 3 ไม่พบความแตกต่างระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของทุกตัวแปร นอกจากนี้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างกลุ่มพบว่า หลังการทดลอง กลุ่มที่ 2 มีค่าค่าพลังอดทน พลังสูงสุด และความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเป็นรูปแบบการฝึกที่ช่วยเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิสได้ดี เนื่องจากรูปแบบการฝึกนี้สามารถพัฒนาทั้งพลังอดทน พลังสูงสุด และความคล่องแคล่วว่องไว ยิ่งไปกว่านั้นรูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักผสมผสาน กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศนี้ยังช่วยทำให้สามารถเพิ่มพลังอดทนได้ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักอย่างเดียว

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5278960039 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: COMBINED TRAINING / PNEUMATIC TRAINING / POWER ENDURANCE

SUTTIKORN APANUKUL: A DEVELOPMENT OF COMBINED WEIGHT AND PNEUMATIC TRAINING MODEL TO ENHANCE POWER ENDURANCE IN TENNIS PLAYERS. ADVISOR: ASST. PROF. CHANINCHAI INTIRAPORN, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. SINLAPACHAI SUWANNATHADA, Ph.D., 146pp.

The aim of this research was to develop the combined of weight and pneumatic training model to enhance the power endurance in tennis players. This study was divided into two stages. The first stage investigated the optimal proportion of weight and pneumatic resistances required to observe peak power. Fifteen male tennis players performed 3 sets of 6 repetitions of the sumo squat at 30% of 1RM. A counterbalance experimental design was used for various combinations between weight and pneumatic resistant trainings at 90:10(G1), 80:20(G2), 70:30(G3), 60:40(G4) and 50:50(G5) respectively. Each experiment was conducted once a week and the outcome was statistically analyzed by using mean, calculating standard deviation and taking one-way analysis of variance with repeated measures. Bonferroni's method would be used to evaluate statistical significance setting at 0.5, if the differences were found. The results showed that the G1 proportions could provide greater peak power when compared with the G2 G3 G4 and G5 proportions.

The second stage aimed to examine and compare the effect of combined weight and pneumatic training model to enhance power endurance in male tennis players which G1 proportion was added on the performance of the sumo squats. Thirty competitive male tennis players aged 18-25 years old were randomly assigned to traditional free weight training group (n = 10), combined weight and pneumatic training group (n = 10) and control group (n = 10). Three groups were trained 2 d•wk-1 for 8 weeks. Each training session required the subjects to perform twenty repetitions of sumo squats for three sets. Before and after 8 weeks of sumo squat training, subjects were tested for power endurance (PE), peak power (PP), Acceleration (AC) and Agility (A). Statistical analyses via analysis of variance revealed combined of weight and pneumatic training group was able to significantly ($p < 0.05$) improve PE, PP and A, respectively in eight weeks of training, while traditional free weight training group and control group was unable to improve any dependent variables. Subsequent analyses via analysis of variance revealed combined of weight and pneumatic training group showed significantly greater improvement over traditional free weight training group and control group in PE, PP and A ($p < 0.05$).

These results showed that the combined of weight and pneumatic training was an effective method of increasing the performance of the tennis player with regard to power endurance, peak power and agility. Moreover, this benefit of the addition of pneumatic appears to provide greater the performance of the sumo squat training with barbell alone.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Sports Science
Academic Year: 2013

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....
Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิลปชัย สุวรรณธาดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตลอดจนผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ และอาจารย์ ดร. ทศพร ยิ้มลมัย ซึ่งช่วยให้คำแนะนำดูแลเอาใจใส่ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัยในครั้งนี้ด้วยดี ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยขอคำปรึกษา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ เจริญ กระบวนรัตน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิลักษณ์ เทียนทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร กมุทศรี อาจารย์เอกวิทย์ แสวงผล และอาจารย์มาโนช บุตรเมือง ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ ศูนย์ทดสอบวิจัยวัสดุอุปกรณ์ทางกีฬา (TRECS) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องการใช้สถานที่

และที่สำคัญ ขอขอบคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนกำลังใจจากเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือและเป็นห่วงเป็นใย ตลอดเวลาที่ศึกษาอยู่

ด้วยคุณและความดีและประโยชน์อันเกิดจากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูบาอาจารย์ อีกทั้งผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนตลอดจนสนับสนุนผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ 3
คำถามของการวิจัย 3
สมมุติฐานของการวิจัย 4
ขอบเขตของการวิจัย 4
คำจำกัดความของการวิจัย 5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
ประวัติความเป็นมา และวิวัฒนาการของกีฬาเทนนิส 8
ลักษณะของกีฬาเทนนิส และสมรรถภาพเชิงทักษะปฏิบัติสำหรับนักกีฬาเทนนิส 10
ลักษณะของกีฬาเทนนิส 10
สมรรถภาพเชิงทักษะปฏิบัติสำหรับนักกีฬาเทนนิส 11
ความรู้พื้นฐานของกล้ามเนื้อ 23
องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ 27
กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา 29
หลักการฝึกกีฬา 31
แนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนระยะยาวของการฝึกกล้ามเนื้อ 33
ผลของการตอบสนองของร่างกายต่อการฝึกซ้อม 40
การฝึกพลังอดทนของกล้ามเนื้อ 43
การฝึกด้วยแรงดันอากาศ 44
งานวิจัยในประเทศ 48

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

งานวิจัยในต่างประเทศ 52
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 55
กลุ่มตัวอย่าง 55
เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย 55
เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย 55
ขั้นตอนการวิจัย 56
การเก็บรวบรวมข้อมูล 57
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 57
การวิเคราะห์ข้อมูล 57
กลุ่มตัวอย่าง 58
เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย 58
เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย 58
ขั้นตอนการวิจัย 58
การเก็บรวบรวมข้อมูล 60
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 60
การวิเคราะห์ข้อมูล 60
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 106
สรุปผลการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 106
อภิปรายผลการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 107
อภิปรายผลการวิจัยในขั้นตอนที่ 2 111
ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ 115
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 115
รายการอ้างอิง 116
ภาคผนวก 120
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 146

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของพลังสูงสุด แรงสูงสุด และความเร็วสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90:10 (G1), 80:20 (G2), 70:30 (G3), 60:40 (G4) และ 50:50 (G5)..... 65
ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50..... 66
ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของแรงสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50..... 67
ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความเร็วสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50..... 68
ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1..... 72
ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2..... 73
ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม..... 74
ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยพลังอดทน ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม..... 75
ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังอดทนของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4..... 76

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังอดทนของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 77
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม 78
ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 79
ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 80
ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม 81
ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม 82
ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 83
ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 84
ตารางที่ 18 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังอดทนกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 85
ตารางที่ 19 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 86
ตารางที่ 20 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความสามารถในการเร่งความเร็วของกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 87
ตารางที่ 21 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 88
ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และ

ค่าระดับแลกเตรท ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 89
ตารางที่ 23 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังอดทนของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 90
ตารางที่ 24 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 91
ตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความสามารถในการเร่งความเร็วของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 92
ตารางที่ 26 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8. 93
ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม 94
ตารางที่ 28 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 95
ตารางที่ 29 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความสามารถในการเร่งความเร็วของกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 96
ตารางที่ 30 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ หน้า

แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 69
แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุด ของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 70
แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุด ของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 71
แผนภูมิที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังอดทน ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม 98
แผนภูมิที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม 98
แผนภูมิที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม 99
แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม 99
แผนภูมิที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังอดทน ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 100
แผนภูมิที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 100
แผนภูมิที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 101
แผนภูมิที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 101
แผนภูมิที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังอดทน ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 102
แผนภูมิที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 102

แผนภูมิที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 103
แผนภูมิที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 103
แผนภูมิที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังอดทน ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม 104
แผนภูมิที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม 104
แผนภูมิที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม 105
แผนภูมิที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม 105

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันกีฬาเทนนิสได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก ไม่ว่าการเล่นเพื่อสุขภาพ การเล่นเพื่อความเป็นเลิศ หรือการเล่นเพื่ออาชีพก็ตาม มีการแข่งขันในกีฬานัดสำคัญๆ ของโลก เช่นกีฬาโอลิมปิคเกมส์ กีฬาเอเชี่ยนเกมส์ กีฬาซีเกมส์ หรือการแข่งขันกีฬาเทนนิสระดับอาชีพ เช่น เฟร้นช์โอเพ่น (French Open) ยูเอสโอเพ่น (U.S. Open) ออสเตรเลียนโอเพ่น (Australian Open) และวิมเบิลดัน (Wimbledon) มีนักกีฬาให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ในทุกประเทศได้ให้ความสนใจ และส่งเสริมกีฬาเทนนิสมากขึ้นเป็นลำดับ จะเห็นได้ว่าในยุโรปและ อเมริกามีนักกีฬาเทนนิสระดับโลกหรือระดับมืออาชีพ และสมัครเล่นที่มีชื่อเสียงเกิดขึ้นมาก

การเล่นกีฬาเทนนิสให้ได้รับความสำเร็จ หรือมีชัยชนะในการแข่งขันได้นั้นนักกีฬาจะต้องมีความพร้อมทั้งด้านร่างกายและจิตใจ และการมีทักษะเทคนิคเป็นอย่างดี เช่นเดียวกับศิลปชัย สุวรรณธาดา (ศิลปชัย สุวรรณธาดา, 2532) ได้กล่าวว่า ในการแสดงความสามารถของนักกีฬาแต่ละครั้งนั้นมีองค์ประกอบที่สำคัญและสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด 3 องค์ประกอบด้วยกัน ได้แก่ ทักษะ สมรรถภาพทางจิต และสมรรถภาพทางกาย ทั้ง 3 ปัจจัยนับว่ามีความสำคัญเท่าเทียมกันจนไม่สามารถตัดสินได้ว่าองค์ประกอบใดมีผลต่อการตัดสินผลการแข่งขันมากที่สุด อย่างไรก็ตามหนึ่งในปัญหาที่สำคัญของนักกีฬาคือ ความสามารถในการรักษาความทนทานของสมรรถภาพทางกายให้แสดงความสามารถได้ดีที่สุดตลอดการแข่งขัน เพราะนักกีฬาเทนนิสเป็นเกมที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายมาก มีการวิ่งอย่างรวดเร็ว หยุดและเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา เพื่อสามารถเคลื่อนที่เข้าไปหรือถอยออกมาตีลูกบอลได้อย่างทันท่วงที โดยเฉพาะอย่างยิ่งความคล่องแคล่วว่องไว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งชี้ความสามารถของนักกีฬาเทนนิสได้เป็นอย่างดี สอดคล้อง Lori & Margaret (Lori & Margaret, 1998)ได้กล่าวว่า ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว ความฉับไว เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของนักกีฬาเทนนิสจำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดขึ้น โดยปกติขณะเล่นหรือการแข่งขันนักกีฬาจะต้องวิ่งอย่างรวดเร็วและเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ ระยะทางสั้นๆ ประมาณ 3-8 เมตร ลักษณะการเคลื่อนที่ของนักกีฬาเทนนิสคือ การเคลื่อนที่ไปด้านหน้า 47% การเคลื่อนที่ไปด้านข้าง 48% และการเคลื่อนที่ไปด้านหลังเพียง 5% เท่านั้นจะเห็นได้ว่าการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วไปด้านข้างและการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นทิศทางสำคัญที่นักกีฬาเทนนิสจำเป็นต้องใช้เพื่อเข้ารับลูกเทนนิสหรือตอบโต้ทั้งเกมรุกและเกมรับนักกีฬาเทนนิสจึงต้องฝึกความคล่องแคล่วว่องไวให้เหมาะสมและสอดคล้องกับการนำไปใช้ในการเล่นและการแข่งขัน

ดังนั้นการที่จะได้มาซึ่งความคล่องแคล่วว่องไวนั้น นักกีฬาจะต้องเตรียมสมรรถภาพร่างกายพื้นฐาน(Physical fitness) มาก่อน เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) ความเร็ว (Speed) พลังของกล้ามเนื้อ (Muscular power) ยังรวมไปถึงการทำงานประสานกันของร่างกาย (Co-ordination) และการมีความอ่อนตัว (Flexibility) ที่ดีก็จะทำให้นักกีฬามีความคล่องแคล่วว่องไว

ที่ดีตามไปด้วย ซึ่งการฝึกเพื่อให้ได้สมรรถภาพทางกายพื้นฐานนั้น ก็มีโปรแกรมในการฝึกที่หลากหลาย เช่น การฝึกโดยใช้น้ำหนัก (Weight training) การฝึกโดยใช้เมดิซินบอล (Medicine ball) การฝึกแบบพลัยโอเมตริก (Plyometric training) รวมไปถึง Mark and others (Mark, Joseph, Cal, Russell, & Arthur, 2010) ยังได้มีการนำยางยืด (Elastic Band) มาผสมกับการฝึกด้วยแรงต้านจากน้ำหนักในรูปแบบต่างๆ และรูปแบบการฝึกอื่นๆ อีกมากมาย การที่นักกีฬาเทนนิสจะมีสมรรถภาพทางกายที่ดีนั้นต้องมีการฝึกซ้อมจนได้มาซึ่งความสามารถสูงสุด ซึ่งองค์ประกอบหนึ่งที่เป็นพื้นฐานสำคัญในหลายปัจจัยของสมรรถภาพพื้นฐานนั้น คือ ความแข็งแรง ดังที่ Bompa (Bompa, 1999a)ได้กล่าวอ้างใน (นาทรพี ผลใหญ่, 2552)ได้อธิบายถึงการพัฒนาถึงเส้นทางการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะต้องผ่านระยะที่ 1 คือการปรับตัวทางกายวิภาค ระยะที่ 2 การพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ ระยะที่ 3 การพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด และระยะที่ 4 การเปลี่ยนแปลงไปสู่สมรรถภาพในด้านอื่นๆ นอกจากการฝึกสมรรถภาพทางกายพื้นฐานที่ดีแล้ว ยังต้องคำนึงถึงรูปแบบของระบบพลังงาน (Energy system) ที่ใช้ในกีฬาเทนนิส เพื่อให้เกิดผลดีต่อตัวนักกีฬา

พลังอดทนของกล้ามเนื้อนับว่าเป็นสมรรถภาพของกล้ามเนื้อที่สำคัญในการเล่นกีฬาเทนนิส ดังที่ Tom (Tom, 1998) ได้กล่าวว่า เทนนิสเป็นกีฬาที่ต้องเคลื่อนไหวร่างกายอย่างรวดเร็วซ้ำๆ กันจนกว่าจะจบการแข่งขัน ดังนั้นจึงต้องการพลังของกล้ามเนื้อในการตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว และตอบสนองได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดการแข่งขัน จึงต้องมีการถ่ายโยงของพลังกล้ามเนื้อจากส่วนล่างของร่างกาย ไปสู่ส่วนบนของร่างกาย เช่นเดียวกับ Bompa (Bompa, 1999a) ได้กล่าวว่าเทนนิสเป็นกีฬาที่ต้องใช้พลังของกล้ามเนื้อมากซึ่งสามารถแยกรูปแบบของพลังได้ดังนี้

พลังอดทน (Power endurance)

พลังระเบิด (Explosive power)

พลังในการตอบสนอง (Reactive power)

พลังในการเร่งความเร็ว (Acceleration power)

พลังในการชะลอความเร็ว (Deceleration power)

พลังอดทนของกล้ามเนื้อจึงมีความสำคัญกับการเล่นเทนนิสอย่างมาก เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในปัจจุบันรูปแบบของการฝึกซ้อมพลังอดทนของกล้ามเนื้อมีหลายรูปแบบ เช่น การฝึกโดยใช้น้ำหนัก การฝึกแบบพลัยโอเมตริก และอื่นๆอีกมากมาย อีกทั้งยังได้นำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาช่วยในการฝึกซ้อมให้นักกีฬามีความแข็งแรง และพลังของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น และยังทำให้เกิดประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมมากที่สุด เช่นการนำตัววัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) มาเป็นตัวกำหนดความหนักของนักกีฬา อีกทั้งยังเป็นการตรวจสอบว่านักกีฬานั้นได้ฝึกซ้อมตามความหนักที่ได้วางโปรแกรมไว้ นอกจากนี้ยังใช้อุปกรณ์วิเคราะห์แก๊ส (Gas analysis) ในการดูว่านักกีฬาฝึกอยู่ในระบบพลังงานที่ได้วางโปรแกรมไว้หรือไม่ Chuang and Shiang (Chuang & Shiang, 2007) การใช้การฝึกด้วยแรงสั่นสะเทือน (Vibration training) เพื่อช่วยระดมหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อมาทำงานมากขึ้น ยังรวมไปถึงการใช้การฝึกด้วยแรงดันอากาศ (Pneumatic training) เข้ามาช่วยฝึกพลังของกล้ามเนื้อ ซึ่งการฝึกด้วยแรงดันอากาศ เป็นการฝึก

รูปแบบใหม่ที่เอาชนะการเสียเปรียบทางกลไกของการยกน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวท ลักษณะแรงที่ได้จากการฝึกด้วยฟรีเวทจะออกแรงในช่วงแรก หรือช่วงของความเร่งที่จะเอาชนะแรงเฉื่อย (Acceleration phase) พอพ้นช่วงแรกนี้ แรงที่ออกก็จะน้อยลงเนื่องจากระบบของคานของร่างกาย ยกตัวอย่างเช่น ในการยกน้ำหนักในท่างอแขน (Biceps curl) เมื่อเริ่มออกแรงยกน้ำหนักของเหล็กที่ใช้ยกจะรู้สึกหนัก เพราะแรงกับจุดหมุนของคานอยู่ห่างกัน แต่พองอแขนขึ้นมาแล้วน้ำหนักที่ยกจะรู้สึกเบาลงเพราะน้ำหนักและจุดหมุนอยู่ใกล้กันจึงทำให้เกิดปัญหาของการออกแรง ที่ไม่สามารถออกแรงได้อย่างเต็มช่วงของการเคลื่อนไหว แต่การฝึกด้วยแรงดันอากาศจะทำให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้อย่างเต็มช่วงของการเคลื่อนไหว อีกทั้งยังช่วยให้นักกีฬาฝึกแล้วลดการบาดเจ็บที่เกิดจากการฝึก แต่ในการฝึกด้วยน้ำหนักจะสามารถสร้างแรงได้มากกว่าการฝึกด้วยแรงดันอากาศในช่วงแรก นั้นจึงเป็นข้อด้อยของการฝึกด้วยแรงดันอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกด้วยน้ำหนัก ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ เพื่อช่วยให้การออกแรงในการฝึก ออกแรงได้อย่างเต็มที่ตลอดช่วงการฝึก

กีฬาเทนนิสเป็นกีฬาที่มีช่วงการแข่งขันมาก เนื่องจากมีรายการแข่งขันตลอดทั้งปี มีรายการแข่งขันทุกๆเดือน และมีช่วงที่ไม่มีการแข่งขันค่อนข้างสั้น อาจมีเวลาแค่ 1-2 สัปดาห์ หรือสูงสุดถึง 1 เดือน ทำให้การวางแผนในการฝึกเป็นช่วง ค่อนข้างทำได้ลำบากเนื่องจากเวลาที่มีจำกัด และต้องทำการแข่งขันตลอดทั้งปี ดังนั้นรูปแบบในการฝึกซ้อมควรจะได้ประโยชน์สูงสุดในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ เพื่อช่วยเสริมในจุดด้อยของแต่ละการฝึก ทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในช่วงระยะเวลาอันสั้น เพื่อพัฒนาพลังอดทนของกล้ามเนื้อให้เกิดประโยชน์มากที่สุดในช่วงเวลาที่มีอยู่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศที่เหมาะสม

2. เพื่อศึกษาผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

3. เพื่อเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนัก

คำถามของการวิจัย

1. สัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศใดส่งผลต่อการเพิ่มพลังสูงสุดของนักกีฬา

2. การผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนักมีผลต่อพลังอดทนของนักกีฬาเทนนิสแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

สมมุติฐานของการวิจัย

การผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ จะช่วยเพิ่มพลังอดทนของกล้ามเนื้อในนักกีฬาเทนนิส

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้มุ่งที่จะพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเทนนิส ในระดับมหาวิทยาลัย โดยแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เพื่อศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศที่เหมาะสม ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเทนนิส จำนวน 15 คน

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาและเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนัก ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเทนนิส จำนวน 30 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มทดลองที่ 1 ทำการฝึกด้วยน้ำหนัก และฝึกปกติ จำนวน 10 คน

กลุ่มทดลองที่ 2 ทำการฝึกโดยผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และฝึกปกติ จำนวน 10 คน

กลุ่มควบคุม ทำการฝึกปกติ จำนวน 10 คน

3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent variables) คือ

3.1.1) สัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

1.1) สัดส่วน 90 : 10

1.2) สัดส่วน 80 : 20

1.3) สัดส่วน 70 : 30

1.4) สัดส่วน 60 : 40

1.5) สัดส่วน 50 : 50

3.1.2) โปรแกรมการฝึก

2.1) การฝึกด้วยน้ำหนัก

2.2) การฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent variables) ประกอบด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1 ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย ได้แก่ พลังอดทน (Power endurance) พลังสูงสุด (Peak power) ความสามารถในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) และความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)

คำจำกัดความของการวิจัย

การฝึกด้วยน้ำหนัก (Weight training) หมายถึง การฝึก โดยใช้น้ำหนักจากภายนอกเป็นแรงต้าน ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำหนักจากโอลิมปิก บาร์เบล และแผ่นเหล็กเพิ่มน้ำหนัก

การฝึกด้วยแรงดันอากาศ (Pneumatic training) หมายถึง การฝึกโดยใช้อากาศเป็นแรงต้าน จะให้แรงต้านโดยไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ แต่จะขึ้นอยู่กับแรงดันของอากาศที่สร้างขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แรงต้านด้วยอากาศจากเครื่องไกเซอร์

การผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ (Combined weight and pneumatic training) หมายถึง การฝึกโดยใช้น้ำหนักจากแผ่นเหล็ก กับแรงดันอากาผสมผสานกันในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นแรงต้าน ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำหนักแรงดันอากาศจากเครื่องไกเซอร์ และน้ำหนักจากแผ่นเหล็ก

พลังอดทน (Power endurance) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่สามารถออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็วซ้ำๆ เป็นระยะเวลานานอย่างมีประสิทธิภาพ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าพลังอดทนจากเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 Power System) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อกิโลกรัม

พลังสูงสุด (Peak power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่สามารถออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็ว ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าพลังสูงสุดจากเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 Power System) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อกิโลกรัม

ความสามารถในการเร่งความเร็ว (Acceleration) หมายถึง ความสามารถในการเพิ่มความเร็วโดยใช้เวลาและระยะทางสั้นในทุกช่วงความเร็ว ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบในการเร่งความเร็วในระยะทาง 10 เมตร มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที^{2}

ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อออกแรงในการที่จะบังคับ และเปลี่ยนทิศทาง ตลอดจนควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายได้ด้วยความรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (Spider test) มีหน่วยเป็นวินาที

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีนวัตกรรมในการฝึกนักกีฬาเทนนิส
2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกีฬาชนิดอื่นที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ๆคล้ายกันได้
3. เป็นทางเลือกให้ผู้ฝึกสอนในการนำไปใช้กับนักกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยแรงดันอากาศกับการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อพัฒนาพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส จึงได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้เป็นข้อมูลในการศึกษาค้นคว้า วิจัย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. ประวัติความเป็นมา และวิวัฒนาการของกีฬาเทนนิส
2. ลักษณะของกีฬาเทนนิส และสมรรถภาพเชิงทักษะปฏิบัติสำหรับนักกีฬาเทนนิส
3. ความรู้พื้นฐานของกล้ามเนื้อ
4. องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ
5. กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา
6. หลักการฝึกกีฬา
7. แนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนระยะยาวของการฝึกกล้ามเนื้อ
8. ผลของการตอบสนองของร่างกายต่อการฝึกซ้อม
9. การฝึกพลังอดทนของกล้ามเนื้อ
10. การฝึกด้วยแรงดันอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

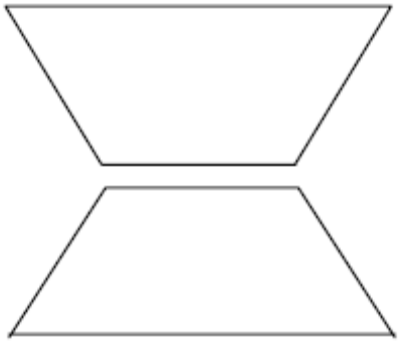
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ
2. งานวิจัยใจต่างประเทศ

ประวัติความเป็นมา และวิวัฒนาการของกีฬาเทนนิส

ประวัติความเป็นมาของกีฬาเทนนิส

กีฬาเทนนิสเป็นที่นิยมและแพร่หลายมานานแล้ว แต่ไม่ปรากฏแน่ชัดว่าเริ่มต้นมาตั้งแต่เมื่อไหร่ กีฬาเทนนิสมีชื่อเต็มว่า “ลอนเทนนิส” (Lawn Tennis) เพราะว่าในสมัยแรกนั้นเล่นกันบนสนามหญ้า แต่ในปัจจุบันกีฬาเทนนิสส่วนใหญ่ไม่ได้เล่นบนสนามหญ้า จึงมีผู้เสนอให้ตัดคำว่า “Lawn” ซึ่งหมายถึงสนามหญ้าออก แต่ผู้นิยมกีฬาเทนนิสส่วนใหญ่เห็นว่าควรรักษาชื่อดั้งเดิมของกีฬานี้ต่อไป หลักฐานที่เป็นลายลักษณ์อักษรเกี่ยวกับกีฬาเทนนิสครั้งแรกนั้นพบที่ประเทศอิตาลี เมื่อปี พ.ศ.2094 แล้วได้แพร่หลายเข้าไปในประเทศอังกฤษและฝรั่งเศส ในราวศตวรรษที่ 17 โดยเล่นกันในหมู่ของผู้ดี มีอันจะกิน เล่นกันในโรงฝึกกีฬาในร่ม แต่ก็ยังไม่แพร่หลายมากนัก จนกระทั่งปี พ.ศ. 2416 พันตรีวอลเตอร์ คล็อบตัน วิงฟิลด์ (Walter Clopton Wingfield) ผู้พิพากษาแห่งเมืองมอนต์โกเมอรี่ไชร์ (Montgo-Meryshire) ประเทศอังกฤษ ได้คิดริเริ่มกีฬาลอนเทนนิสขึ้น โดยดัดแปลงมาจากกีฬาเทนนิสซึ่งเดิมเล่นกันในร่ม มาเล่นกลางแจ้ง อุปกรณ์ประกอบด้วยเสา ตาข่าย ลูกบอล และไม้แร็กเก็ต พร้อมกับเขียนกติกาการเล่นเทนนิสขึ้น สนามในสมัยนั้นตรงกลางคอร์ทมีลักษณะแคบและด้านท้ายของคอร์ทผายออก พันตรีวอลเตอร์ คล็อบตัน วิงฟิลด์ จึงเปรียบเสมือนเป็นบิดาแห่งวงการเทนนิสของอังกฤษ



รูปที่ 1 ลักษณะสนามเทนนิสสมัยก่อน

ในระยะต่อมากีฬาเทนนิสเป็นที่นิยมและเล่นกันทั่วทั้งประเทศอังกฤษ แต่ละแห่งแต่ละสนามก็มีการตั้งกฎเกณฑ์ของตนเอง ตาข่ายที่กั้นกลางสนามก็เลื่อนลงมาจากที่สูงมาตั้งบนพื้น และเลิกใช้ ตาข่ายกั้นรอบนอก พร้อมกับได้นำเอาระบบการนับแต้มของคอร์ทเทนนิสมาใช้ ดังนั้น สโมสรแมรี่ลีบอล (The Maryle–bone Cricket) ซึ่งเป็นสโมสรที่มีบทบาทสำคัญระหว่างชาติ ได้ก่อตั้งกติกาลอนเทนนิสขึ้นมา ซึ่งก็นับได้ว่าอุปกรณ์การเล่นของวิงฟิลด์ที่เหลืออยู่อย่างแท้จริง คือ ตาข่าย กับชื่อคำว่า “เทนนิส” เท่านั้น

ในปี พ.ศ. 2420 อังกฤษได้เริ่มจัดการแข่งขันชิงชนะเลิศแห่งชาติขึ้นเป็นครั้งแรก ต่อมาพัฒนาเป็นการแข่งขันเทนนิสวิมเบิลดัน และมีการพิมพ์กติกาเทนนิสเผยแพร่เป็นครั้งแรกในปี พ.ศ.2437

ในปี พ.ศ. 2417 กีฬาเทนนิสเริ่มเผยแพร่เข้าไปในสหรัฐอเมริกา โดยนางสาวแมรี่ เอาเทอบริดจ์ (Miss Mary Outerbridge) ซึ่งได้เห็นทหารอังกฤษเล่นกันที่เมืองเบอร์มิวดา (Bermuda) ผลปรากฏว่าชาวอเมริกันให้ความสนใจและนิยมเล่นกันแพร่หลายมาก ในวันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2424 สหรัฐอเมริกาได้จัดให้มีการแข่งขันเทนนิสแห่งชาติขึ้นเป็นครั้งแรกที่โรดไอร์แลนด์ การแข่งขันนี้ต่อมาได้พัฒนามาเป็นการแข่งขันเทนนิส ยู เอส โอเพ่น เป็นการแข่งขันที่ยิ่งใหญ่ของโลกรายการหนึ่ง

ในปี พ.ศ. 2443 นายดไวท์ เดวิส (Dwight Davis) ซึ่งเป็นผู้คิดค้นการเสิร์ฟแบบอเมริกันทวิสต์ ได้มอบถ้วยรางวัลโดยใช้ชื่อของตนเองเป็นชื่อถ้วยให้แก่ผู้ชนะการแข่งขันประเภททีมชายระหว่างสหรัฐอเมริกากับอังกฤษ สำหรับทีมหญิงนั้น นางฮาเซล โฮทีชคิส ไวท์แมน (Mr. Hazel Hotehkiss Wightman) ซึ่งเป็นนักเทนนิสยอดเยี่ยมสตรีของสหรัฐอเมริกา ได้มอบถ้วยรางวัลในปี พ.ศ. 2465 โดยเรียกการแข่งขันนี้ว่า “ไวท์แมนคัพ” ซึ่งต่อมาการแข่งขันเดวิสคัพ ก็เปิดโอกาสให้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกเข้าร่วมการแข่งขันด้วย

วิวัฒนาการของกีฬาเทนนิส

กีฬาเทนนิสในประเทศไทย ไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัดว่าเข้ามาเมื่อใดแต่สันนิษฐานว่าคงจะเริ่มเล่นในสมัยรัชกาลพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว โดยชาวอังกฤษและอเมริกันที่เดินทางเข้ามาพักในเมืองไทย แต่ในขณะนั้นคนไทยยังไม่สนใจเล่นกันมากนัก คงเล่นอยู่ในหมู่คน15 ต่างชาติจนกระทั่งในราวปี พ.ศ. 2460 ประชาชนให้ความสนใจกีฬาเทนนิสเพิ่มมากขึ้น ได้มีสโมสรกีฬาเทนนิสขึ้นอย่างเป็นทางการแห่งแรกที่พระราชอุทยานสราญรมย์ มีสมาชิกครั้งแรกเพียง 10 คน และสมาชิกได้เพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ จึงได้ย้ายไปเล่นที่สนามเทนนิสในบริเวณพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ และได้มีการตั้งสโมสรเทนนิสเพิ่มขึ้นอีกหลายแห่ง เช่น สโมสรโรงเรียนนายเรือ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร บริษัทบอเนียว บริษัทบอมเบย์เบอร์มาร์ และบ้านมิสเตอร์คอลลิน เป็นต้น

ในปี พ.ศ. 2469 กรมหมื่นพิทยาลงกรณ์ พระยาสุพรรณสมบัติ และมิสเตอร์ อาร์ ดี. เคร็ก ได้จัดตั้งลอนเทนนิสสมาคมแห่งประเทศไทยขึ้น โดยได้รับความร่วมมือจากสโมสรเทนนิสต่างๆ12 สโมสร คือ ราชกรีฑาสโมสร สโมสรการรถไฟแห่งประเทศไทย สโมสรกีฬาสมัครอาจารย์ สโมสรอังกฤษ สโมสรนครสวรรค์ สโมสรลำปาง สโมสรสีลม สโมสรนวรัฐ สโมสรเชียงใหม่ยิมคานา สโมสรสงขลา สโมสรกลาโหม และสโมสรภูเก็ต โดยกรมหมื่นพิทยาลงกรณ์ทรงเป็นนายกลอนเทนนิสสมาคมเป็นคนแรก และได้ออกกฎข้อบังคับของสมาคมขึ้นใช้เป็นมาตรฐานทั่วไป

ในปี พ.ศ. 2470 ลอนเทนนิสสมาคมแห่งประเทศไทย ได้จัดให้มีการแข่งขันเพื่อชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทยขึ้นเป็นครั้งแรกที่สโมสรสีลม และกิจการของสมาคมดำเนินไปเรื่อยๆ จนถึงสมัยพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 7 พระองค์ทรงรับเอาลอนเทนนิสสมาคมแห่งประเทศไทยไว้ในพระบรมราชูปถัมภ์ เนื่องจากพระองค์ทรงโปรดกีฬาเทนนิสมาก

ในปี พ.ศ. 2494 คณะกรรมการสมาคมได้คิดเครื่องหมายของสมาคมขึ้นเป็นพระมหามงกุฎและมีเครื่องหมายเลข 7 อยู่ข้างใต้ เพื่อเป็นการระลึกถึงพระมหากรุณาธิคุณของพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว

ในปัจจุบันกีฬาเทนนิสในประเทศไทยได้เจริญก้าวหน้าขึ้นมาก มีสนามเล่นทุกจังหวัดตามหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนมีนักเทนนิสฝีมือดีมากมายไม่แพ้ต่างประเทศในกลุ่มเอเชียในอนาคตต้องมีการส่งเสริมกันอย่างจริงจังเพื่อให้การกีฬาเทนนิสของประเทศไทยเรามีมาตรฐานการเล่นเทียบเท่ากับประเทศในกลุ่ม ยุโรป และอเมริกา

ลักษณะของกีฬาเทนนิส และสมรรถภาพเชิงทักษะปฏิบัติสำหรับนักกีฬาเทนนิส

ลักษณะของกีฬาเทนนิส

กีฬาเทนนิสเป็นกีฬาที่เล่นระหว่างนักกีฬาสองคนในประเภทเดี่ยว และเล่นเป็นทีมในประเภทคู่ ซึ่งแต่ละคู่มีนักกีฬาสองคน โดยใช้ไม้เทนนิสตีลูกเทนนิสข้ามตาข่ายไปยังสนามอีกข้างหนึ่ง มีพื้นสนามสามรูปแบบในการเล่น คือ พื้นสนามปูน (Hard court) พื้นสนามหญ้า (Grass court) และพื้นสนามดิน (Clay court) ความยากง่ายของการเล่นนอกจากจะต้องแข่งขันกับคู่ต่อสู้แล้ว พื้นสนามก็มีส่วนเพิ่มความยากง่ายในการเล่นด้วย เพราะพื้นสนามแต่ละแบบก็ทำให้ความเร็วลูกกระดอนแตกต่างกัน โดยพื้นสนามหญ้าทำให้ลูกกระดอนเร็วที่สุด แตกต่างกับพื้นสนามดินทำให้ลูกกระดอนช้าที่สุด เนื่องจากสนามดินทำให้ลูกกระดอนช้าที่สุดจึงทำให้ใช้เวลาในการตีแต่ละแต้มนานที่สุดด้วย ซึ่งสหพันธ์เทนนิสนานาชาติ (ITF: International Tennis Federation, 2007) ได้ทำการวิเคราะห์ระยะเวลาของการตีแต่ละแต้มในแต่ละพื้นสนาม ผลปรากฏว่า พื้นสนามหญ้าใช้เวลาในการตีแต่ละแต้มเฉลี่ย 2.7 วินาที พื้นสนามปูนใช้เวลาในการตีแต่ละแต้มเฉลี่ย 6.5 วินาที และพื้นสนามดินใช้เวลาในการตีแต่ละแต้มเฉลี่ย 8.3 วินาที เพราะเหตุนี้สนามดินจึงเป็นสนามที่นักกีฬาต้องใช้สมรรถภาพร่างกายอย่างมากในการเล่น หรือในการแข่งขัน นักกีฬาที่เตรียมความพร้อมของสมรรถภาพร่างกายได้ดีย่อมมีความได้เปรียบคู่ต่อสู้ในการเล่นพื้นสนามดิน

จุลเกียรติ หงษา (จุลเกียรติ หงษา, 2546) ได้กล่าวถึงสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในกีฬาเทนนิสว่า ในการแข่งขันหรือการเล่นกีฬาเทนนิสจำเป็นต้องมีการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ การเปลี่ยนทิศทางตลอด เวลาเพื่อตีโต้ลูกบอลกลับไปยังฝ่ายตรงข้าม แต่การที่จะเคลื่อนที่เข้าไปตีลูกได้อย่างทันท่วงทีและมีประสิทธิภาพนั้น นักกีฬาจะต้องมีสมรรถภาพทางกายที่ดี ที่สำคัญมากคือ สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ เพราะกีฬาเทนนิสเป็นเกมการเล่นที่ใช้ความเร็ว จำเป็นต้องเคลื่อนที่เข้าไปหาลูกด้วยความเร็วสูงและหยุดได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นฝ่ายรุกหรือฝ่ายรับ นักกีฬาก็จำเป็นต้องได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถทางสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ถ้านักกีฬามีสมรรถภาพของกล้ามเนื้อที่ดีแล้ว จะทำให้นักกีฬาทำการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประสบความสำเร็จในการแข่งขัน ซึ่งสอดคล้องกับ ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ (2539) ได้กล่าวไว้ว่า สมรรถภาพทางกายที่ดีจะช่วยให้นักกีฬามีความสามารถในการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ ปฏิบัติเทคนิคต่างๆ ได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพ กีฬาทุกชนิดจำเป็นต้องฝึกสมรรถภาพทางกายเป็นพื้นฐานให้ดีก่อนทำการฝึกในขั้นต่อไป ดังที่กรมพลศึกษา (กรมพลศึกษา, 2539)ได้ให้ความหมายของสมรรถภาพทางกายคือ ความสามารถของร่างกายในการประกอบกิจกรรมเล่นกีฬา หรือการออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือเป็นลักษณะของร่างกายที่มีความสมบูรณ์ แข็งแรง อดทนต่อการปฏิบัติงาน มีความคล่องแคล่วว่องไว ร่างกายมีภูมิต้านทานโรคสูง ผู้มีสมรรถภาพทางกายดีมักจะเป็นผู้มีจิตใจร่าเริงแจ่มใส และมีร่างกายสง่าผ่าเผย

สามารถปฏิบัติภารกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับปรุงสภาพร่างกายในทุกแบบ ทำให้ปฏิบัติหน้าที่ และประสานงานกันอย่างมีประสิทธิภาพดีขึ้น เช่นเดียวกับ Dunn (Dunn, 1990) ได้สรุปว่าสมรรถภาพทางกายเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักกีฬาทุกประเภท

สมรรถภาพเชิงทักษะปฏิบัติสำหรับนักกีฬาเทนนิส

ความแข็งแรง

Tom (Tom, 1998) ได้กล่าวว่า เทนนิสเป็นกีฬาที่ใช้เวลาเล่นที่ยาวนาน ไม่สามารถกำหนดเวลาได้ และใช้เวลาเล่นหลายวัน ดังนั้นนักกีฬาเทนนิสจึงต้องมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ดี เพื่อทำให้ประสิทธิภาพในการเล่นเทนนิสได้ดีในทุกๆเกมที่แข่งขัน และสามารถป้องกันการบาดเจ็บได้

Sharkey and Gaskill (Sharkey & Gaskill, 2006) ได้เสนอโปรแกรมในการสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ดังนี้

ช่วงแรกของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Beginner)

ความหนัก	50-60%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนเซต	1-2	เซต
จำนวนครั้ง	10-15	ครั้ง
ความเร็วในการยก	ปานกลาง	
ความถี่ในการฝึก 1-2	ครั้งต่อสัปดาห์	

ช่วงระยะสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Intermediate)

ความหนัก	60-70%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนเซต	2-3	เซต
จำนวนครั้ง	8-12	ครั้ง
ความเร็วในการยก	ปานกลางถึงเร็ว	
ความถี่ในการฝึก 2-3	ครั้งต่อสัปดาห์	

ช่วงระยะความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงสุด (Advance)

ความหนัก	80-100%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนเซต	2-4	เซต
จำนวนครั้ง	1-6	ครั้ง
ความเร็วในการยก	เร็ว	
ความถี่ในการฝึก 3-5	ครั้งต่อสัปดาห์	

ความเร็ว

เจริญ กระบวนรัตน์ (เจริญ กระบวนรัตน์, 2538) กล่าวว่า องค์ประกอบสำคัญที่ควรได้รับการพิจารณาในการปรับปรุงความเร็วในการวิ่ง คือ ปฏิกิริยาในการตอบสนองและความสามารถในการเริ่มต้นออกวิ่ง การเร่งอัตราความเร็วจนกระทั่งถึงความเร็วสูงสุด ความยาวของช่วงก้าวในการวิ่ง ความถี่หรืออัตราความเร็วในการก้าวเท้าและการทำงานของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ลักษณะและท่าทางในการวิ่ง ซึ่งรายละเอียดขององค์ประกอบที่สำคัญต่างๆในการวิ่งมีดังนี้

1. ความถี่ของช่วงก้าว (Stride frequency) คือ จำนวนของช่วงก้าวที่ทำได้ในเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการวิ่ง โดยการปรับความถี่ของช่วงก้าวจะเกี่ยวข้องกับความสามารถที่จะลดเวลาระหว่างช่วงก้าวให้อยู่ในเวลาที่กำหนดหรือการเพิ่มความยาวของช่วงก้าว ซึ่งสอดคล้องกับ Warden (Warden ,1986) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การปรับปรุงความถี่ในการก้าวเท้าหรือการวิ่งจะทำให้นักกีฬาวิ่งได้เร็วขึ้นถ้าความยาวก้าวไม่ลดลง โดยความถี่ของการก้าวเท้าเป็นผลมาจากความสามารถในการยืดและหดตัวของกล้ามเนื้อและกระบวนการทางชีวเคมีภายในกล้ามเนื้อ ความถี่ของช่วงก้าวอาจจะพัฒนาโดยการฝึกเสริมความเร็วที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความเร็วเชิงเส้นตรง เช่นการวิ่งลงเนินและการวิ่งลากถ่วงน้ำหนัก

2. ความยาวช่วงก้าว (Stride length) คือระยะทางที่ครอบคลุมในหนึ่งช่วงก้าว

3. ท่าทางการวิ่ง (Form and form running) ท่าทางที่ถูกต้องและเหมาะกับการวิ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ของระบบประสาท โดยเรียนรู้ที่ความเร็วซ้ำๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นการสั่งงานของระบบประสาทก่อน (60-75 เปอร์เซ็นต์ ของความเร็วสูงสุด) และคอยเพิ่มความเร็วสู่ความเร็วสูงสุด ท่าทางการวิ่งและการฝึกที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญที่ควรได้รับจากการเคลื่อนไหวในขณะที่ทำการวิ่งเพื่อเป็นการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการวิ่งให้เกิดการเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระและมีระบบแบบแผนมากยิ่งขึ้น

4. การฝึกความสามารถของกล้ามเนื้อในการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic capacity) ซึ่งการฝึกความสามารถของกล้ามเนื้อในการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นความสามารถที่กระทำได้ด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดหรือเกือบสูงสุดโดยเหมาะสมกับนักกรีฑาโดยเฉพาะระยะทาง 100 เมตรหรือแม้กระทั่งในกรีฑาประเภทลาน เช่น ในนักกีฬาทุ่มน้ำหนัก

ดังนั้นหากนักวิ่งระยะสั้นหรือผู้ฝึกสอนได้มีการตระหนักถึงความสำคัญขององค์ประกอบต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาก็สามารถที่จะช่วยพัฒนาความเร็วในการวิ่งได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับ Winneck and Short (Winneck & Short, 1985)ที่กล่าวว่า ความเร็วสามารถพัฒนาได้โดยการเพิ่มแรงในการยืดเหยียดตัวของกล้ามเนื้อ ความสัมพันธ์ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงและความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อและการเพิ่มพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยจุดมุ่งหมายของการฝึกควรเน้นการพัฒนาระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นหลัก

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ & กันยา ปาละวิวัธน์, 2535)กล่าวว่า องค์ประกอบเบื้องต้นของความเร็วทางสรีรวิทยามีดังนี้

1. จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามสีของกล้ามเนื้อ คือ กล้ามเนื้อสีขาว (White fiber) และ กล้ามเนื้อสีแดง (Red fiber) กล้ามเนื้อสีแดงเป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานทนทานทำให้ออกแรงได้ระยะนานแต่กล้ามเนื้อสีขาวมีความไวต่อการกระตุ้นทำงานได้สั้นๆ

2. ระบบประสาท อิทธิพลของระบบประสาทจำเป็นต่อความเร็ว เพราะช่วยให้ตัดสินใจเร็ว เคลื่อนไหวได้เร็ว

3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จำเป็นในกีฬาที่อาศัยความเร็วเมื่อต้องการออกแรงเอาชนะความต้านทานสูงๆ (น้ำหนักร่างกายของตนเอง) เช่น กีฬาประเภทกระโดดหรือเมื่อมีน้ำหนักมาถ่วงเพิ่ม (น้ำหนักของแรงต้าน) เมื่อออกแรงต้านทานสูงจะทำให้ความเร็วลดลง การฝึกความเร็วจึงควรฝึกความแข็งแรงในอัตราส่วนที่พอเหมาะเท่านั้นเพราะความเร็วจะลดลงหากต้องต้านทานแรงถ่วงหนักๆ

ทฤษฎีและหลักในการฝึกความเร็ว

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ ได้ให้ความสัมพันธ์ของความเร็ว (speed) กำลัง (power) และแรง (force) สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Power = Force (strength) x Velocity (speed)

$$= \frac{\text{Force x Distance}}{\text{Time}}$$

$$= \frac{\text{Work}}{\text{Time}}$$

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ สรุปว่า มีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อความเร็ว ซึ่งปัจจัยต่างๆ มีดังต่อไปนี้คือ

1. ความยาวของกล้ามเนื้อ

เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีความยาวเป็น 2 เท่าของเส้นใยกล้ามเนื้ออีกเส้นหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติภายในกล้ามเนื้อเหมือนกัน จะสามารถหดตัวได้สั้นเป็น 2 เท่าของการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อที่สั้นกว่า (ในเวลาเดียวกัน) ดังนั้นกล้ามเนื้อที่มีเส้นใยยาวจึงได้เปรียบทางด้านความเร็วมากกว่ากล้ามเนื้อที่มีเส้นใยสั้น นอกจากนั้นเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ขนานกับแนวของมัดกล้ามเนื้อ ยังเพิ่มข้อได้เปรียบทางด้านความเร็วอีกด้วย

2. แรง และอัตราเร่ง

ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันกล่าวว่าอัตราเร่งของวัตถุได้สัดส่วนกับแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว หมายความว่าเมื่อแรงเพิ่มเป็น 2 เท่า อัตราเร่งก็จะเพิ่มเป็น 2 เท่า ดังนั้นนักวิ่งจะเพิ่มอัตราเร่งโดยการเพิ่มแรงของเท้าที่ใช้ยันพื้นที่วิ่ง

3. ผลของกำลังสอง

กฎนี้เกี่ยวกับแรงที่เป็นลบ คือ กฎนี้กล่าวว่าความต้านทานของอากาศ และน้ำจะแปรผันเป็นสัดส่วนกับความเร็วกำลังสอง ถ้าความเร็วของร่างกายเพิ่มเป็น 2 เท่า ความต้านทานจะเพิ่มเป็น 4 เท่า และถ้าเพิ่มความเร็วเป็น 4 เท่า ความต้านทานจะเพิ่มมากขึ้นเป็น 16 เท่า

4. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรง

ได้มีการแสดงจากการวิจัยว่า แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง เมื่ออัตราของการหดสั้นเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้แรงมากที่สุดเมื่อความเร็วของการหดตัวเป็นศูนย์ (คือการหดตัวชนิดไอโซเมตริก) ในทำนองเดียวกันกล้ามเนื้อจะหดตัวได้ความเร็วมากที่สุดเมื่อไม่มีความต้านทานเลย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เมื่อมีความต้านทานกล้ามเนื้อจะหดตัวด้วยความเร็วน้อยลง

5. อายุ และเพศ

ในผู้ชายความเร็วจะเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 21 ปี ความเร็วสูงสุดจะคงอยู่ 3-4 ปี หลังจากนั้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้นความเร็วจะค่อย ๆ ลดลงด้วยอัตราคงที่

6. อุณหภูมิ

นักวิจัยพบว่าความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิของกล้ามเนื้อโดยการออกกำลังกายเพื่ออบอุ่นร่างกายเป็นวิธีที่ดีที่สุด

7. ลักษณะรูปร่างของร่างกาย

ผู้ที่เหมาะในการวิ่งน่าจะเป็นผู้ที่มีความสูงขนาดกลาง และมีรูปร่างอยู่ในระหว่างคนผอมและคนขนาดกลาง หรือจัดอยู่ในพวกที่เรียกว่า Meso - ectomorphs อย่างไรก็ดีมีข้อยกเว้นอยู่บ้าง

8. ความแข็งแรง

ความแข็งแรง และความเร็วจะมีความสัมพันธ์กันน้อย ถ้าเป็นการเคลื่อนไหวที่มีความต้านทานน้อย แต่เมื่อความเร็วของการเคลื่อนไหวที่มีความต้านทานมาก ความแข็งแรงมีส่วนเกี่ยวข้องอยู่มาก ทั้งมีหลักฐานว่าความแข็งแรงที่พัฒนาได้จากการฝึกชนิดไอโซโทนิกจะเกี่ยวข้องกับความเร็วมากกว่าการฝึกไอโซเมตริก

9. ความอ่อนตัว

เป็นที่ทราบกันว่า การจำกัดความอ่อนตัว (น้อยกว่าปกติ) ของบริเวณตะโพก และต้นขาจะทำให้ความเร็วในการวิ่งลดลง เพราะการขัดขวางจากกลุ่มกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้ามเพิ่มมากขึ้นในช่วงที่การเคลื่อนไหวเกือบจะสุด เช่นการเหยียดเกือบจะเต็มที่

10. ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความเร็วภายใต้สภาวะต่างกัน

10.1 การเคลื่อนไหวอย่างง่ายที่มีความต้านทานน้อย

ความเร็วของการหดตัวของกล้ามเนื้อซึ่งเกิดภายในกล้ามเนื้อเองเป็นปัจจัยที่จำกัดความเร็วส่วนการร่วมงานกันของกล้ามเนื้อโดยอาศัยระบบประสาท และแรงกล้ามเนื้อมีความสำคัญรองลงไป

10.2 การเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนที่มีความต้านทานน้อย

การร่วมงานกันของกล้ามเนื้อ และการเคลื่อนไหวชนิดต่าง ๆ เป็นตัวจำกัดความเร็วของการเคลื่อนไหว

10.3 การเคลื่อนไหวซับซ้อนที่มีความต้านทานมาก

การร่วมงานกันของกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความเร็ว

11. กลไกการเคลื่อนไหวของร่างกาย และความเร็วในการวิ่ง

จากการวิเคราะห์โดยการถ่ายรูปแสดงว่า การวิ่งระยะสั้นที่มีประสิทธิภาพนั้น มีการยกหัวเข่าสูง ช่วงก้าวยาวและวางเท้าลงในตำแหน่งที่อยู่ใต้จุดศูนย์ถ่วงของผู้วิ่ง สิ่งที่มีความสำคัญในการวิ่งก็คือแรงขับต้องตรงไปข้างหน้า ขาควรเคลื่อนไหวตรงไปข้างหน้าและข้างหลัง แขนและไหล่ควรเคลื่อนไหวในแนวที่จะดึงร่างกายให้เหมาะสมไปทางที่ร่างกายต้องการ และมุมของการพุ่งของร่างกาย (ที่ทำกับพื้น) ควรจะเหมาะสม เพื่อที่ให้ได้ความเร็วมากที่สุด

พลังกล้ามเนื้อ

ในการแข่งขันกีฬานั้น นักกีฬาจำเป็นต้องมีการพัฒนากล้ามเนื้อของตน เพื่อใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ของการแข่งขันซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปบ้างตามชนิดกีฬา บอมพา (Bompa, 1993) ได้สรุปรูปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาไว้ดังนี้

1. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการลงสู่พื้นและเปลี่ยนทิศทาง (Landing/reactive power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดนั้น ทักษะในการลงสู่พื้นเป็นทักษะที่สำคัญอย่างหนึ่ง และมักจะต่อเนื่องกับทักษะของการเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดด นักกีฬาจำเป็นต้องใช้พลังกล้ามเนื้อในการควบคุมร่างกายในขณะลงสู่พื้น และสามารถที่จะปฏิบัติทักษะที่ตามมานั้นได้อย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดดก็ตาม

พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้น จะมีความสัมพันธ์กับความสูงของการตกลงสู่พื้นนั้น การลงสู่พื้นจากความสูง 80-100 เซนติเมตรนั้น ข้อเท้าจะต้องรับน้ำหนักประมาณ 6-8 เท่าของน้ำหนักตัว ซึ่งในขณะลงสู่พื้นนั้น กล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น นักกีฬาที่ได้รับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อมาอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้นได้ ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นถ้ากระโดดขึ้นในทันทีหรือมีการเปลี่ยนทิศทางกล้ามเนื้อนั้นจะทดงานแบบความยาวลดลง สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาประเภททีมต่างๆ และกีฬาที่แร็คเก็ต (Racket) เช่น กีฬาเทนนิส

2. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทุ่ม - พุ่ง - ขว้าง (Throwing power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ต้องมีการทุ่ม - พุ่ง - ขว้าง อุปกรณ์กีฬาแต่ละชนิด ต้องการพลังกล้ามเนื้อเพื่อที่จะ

สร้างความเร็วให้กับอุปกรณ์กีฬาเหล่านั้นจากจุดเริ่มต้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และมีอัตราเร่งเพิ่มขึ้นตลอดระยะทางของการเคลื่อนที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาชนิดที่จะต้องปล่อยอุปกรณ์ออกไปจากมือเพื่อให้ได้ระยะทางมากที่สุด

3. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดขึ้นจากพื้น (Take - off power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่มีการกระโดดนั้น ต้องการพลังกล้ามเนื้อในลักษณะแรงระเบิด (Explosive) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการกระโดดดีที่สุด ซึ่งเป็นการกระโดดในขณะที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูงหรือมีการย่อตัวก่อนที่จะกระโดดขึ้นไป ซึ่งถ้ายิ่งยอตัวลงมากก็จะต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากเพื่อที่จะออกแรงยกตัวลอยขึ้นจากพื้นได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้านักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อไม่มากพอก็จะทำให้การกระโดดนั้นช้าลงและมีผลให้ประสิทธิภาพของการกระโดดลดลงด้วย

4. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเริ่มต้นเคลื่อนที่ (Starting power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่นั้นๆ สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาที่มีคู่ต่อสู้ การออกอาวุธได้เร็วกว่าย่อมได้เปรียบคู่ต่อสู้รวมทั้งการเริ่มต้นออกจากที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น ผู้ที่มีพลังกล้ามเนื้อมากกว่านั้นก็จะเริ่มต้นวิ่งได้เร็วกว่า

5. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการชะลอความเร็ว (Deceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมชนิดต่างๆ และกีฬาที่ใช้แร็คเก็ต ที่มีการหลอกล่อคู่ต่อสู้หรือมีการชะลอความเร็วสลับกับการเร่งความเร็วหรือมีการชะลอความเร็วแล้วเปลี่ยนทิศทาง ต้องการพลังกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่ง จำเป็นต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากพอ ซึ่งการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้จะทำให้เกิดการบาดเจ็บกล้ามเนื้อได้ง่าย

6. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมและกีฬาประเภทบุคคลชนิดต่างๆทั้งที่แข่งขันกันบนบกและในน้ำ ต่างก็มีสถานการณ์ในการเร่งความเร็วด้วยกันทั้งสิ้น พลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วหรือสามารถเอาชนะแรงต้านทานของน้ำได้

รูปแบบของพลังกล้ามเนื้อทั้งหกลักษณะนี้ เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีพื้นฐานมากจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้เร็ว (Fast twitch fiber) ด้วยกันทั้งสิ้น

Tom (Tom, 1998) กล่าวว่า เทนนิสเป็นกีฬาที่ต้องใช้พลังมากในการเล่นเพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการเคลื่อนที่เข้าหาลูกเทนนิส ในการออกตัวเพื่อเอาชนะแรงเฉื่อย พลังของกล้ามเนื้อในการเล่นกีฬาเทนนิสจะถ่ายโยงจากพลังกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย (Lower body power) ไปสู่ส่วนบนของร่างกาย (Upper body) ตัวอย่างเช่น การตีลูกหน้ามือจะมีการถ่ายน้ำหนักจากส่วนล่างของร่างกายไปสู่ส่วนบนเพื่อให้ออกแรงในการตีได้มากที่สุด

Wilk and others (Wilk et al., 1993) กล่าวว่า พลังของกล้ามเนื้อ คือศักยภาพของนักกีฬาโดยมีพื้นฐานอยู่ที่ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทำการหดตัวให้เกิดแรงสูงสุดภายในระยะเวลาอันสั้นที่สุด นอกจากนี้ปัจจัยสำคัญ คือ ความแข็งแรง และความเร็วที่จะส่งผลให้เกิดพลังของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสริมอีก 3 ประการคือ

1. การอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึกซ้อม
2. การประสานงานกันที่ดีระหว่างระบบประสาท และกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหว
3. ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ

O'Shea (O'Shea, 2000) กล่าวว่า พลังกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงเต็มที่ด้วยความเร็วสูงสุด โดยสร้างขึ้นจากองค์ประกอบทางด้านความแข็งแรงกับความเร็ว ข้อได้เปรียบของการมีพลังกล้ามเนื้อก็คือ ความสามารถในการเร่งความเร็ว นักกีฬาที่มีพลังกล้ามเนื้อสูงจะสามารถวิ่งได้เร็วกว่าผู้ที่มีความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว ความสามารถในการเร่งความเร็ว เป็นความสามารถในการเปลี่ยนความเร็วได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการแข่งขันกีฬา เมื่อนักกีฬามีองค์ประกอบทางด้านความสามารถอื่นเท่ากันหมด พลังกล้ามเนื้อจะเป็นตัวตัดสินว่าใครจะเป็นผู้ชนะ พลังกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อ ที่ทำให้เกิดงานในระดับสูงสุดได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมากจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อ

พลังระเบิดกล้ามเนื้อ (Explosive muscular power) หมายถึงพลังกล้ามเนื้อที่เกิดจากการออกแรงเต็มที่ของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วหนึ่งครั้ง โดยปัจจัยที่จะให้เกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อมากที่สุดนั้นจะต้องใช้ระยะเวลาในการออกแรงสั้นๆ

Newton and Kraemer (Newton & Kraemer, 1994) กล่าวว่า พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ หมายถึง การที่กล้ามเนื้อออกแรงเต็มที่อย่างรวดเร็วหนึ่งครั้ง ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการแสดงความสามารถในกิจกรรมที่ต้องการการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุด ในขณะที่พยายามออกแรงเพื่อจะให้เกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อนั้นมากที่สุด จะต้องพยายามใช้เวลาในการออกแรงและเร่งความเร็วในระยะเวลาอันสั้น

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, 2544) ได้เสนอแนะการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อนั้นจะต้องมีการพัฒนาองค์ประกอบห้าประการของพลังระเบิดกล้ามเนื้อ คือ

1. ความแข็งแรงที่ความเร็วต่ำ (Slow velocity strength)
2. ความแข็งแรงที่ความเร็วสูง (High velocity strength)
3. อัตราพัฒนาแรง (Rate of force development)
4. วงจรเหยียดตัวออก – หดตัวสั้นลง (Stretch – shortening cycle)
5. การทำงานประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อที่รวมการทำงาน และทักษะของการเคลื่อนไหว (Intermuscular coordination)

องค์ประกอบทั้งห้าประการนี้จะต้องได้รับการพัฒนาควบคู่กันไป จึงจะเกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อสูงสุด ดังนั้นยุทธวิธีของการฝึกที่เหมาะสมก็คือ ใช้การผสมผสานวิธีฝึกแบบต่างๆเข้าด้วยกัน ไม่ใช่การฝึกด้วยน้ำหนัก หรือการฝึกพลัยโอเมตริกอย่างใดอย่างหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว

ในการพัฒนากล้ามเนื้อของคนที่ยังไม่เคยฝึกมาก่อน การฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนักในระดับสูงจะให้ประโยชน์มากกว่าในคนที่เคยฝึก หรือนักกีฬาที่มีประสบการณ์ในการฝึกมาแล้ว

O'Shea (O'Shea, 2000)ได้ให้ข้อเสนอว่า ในการพัฒนาความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อโดยการฝึกด้วยน้ำหนักนั้น จะต้องใช้ท่าฝึกในรูปแบบของกีฬา (Athletic-type) ได้แก่ ท่าเพาเวอร์สแนช (Power snatch) ท่าเพาเวอร์คลีน (Power clean) ท่าพูล (Pulls) และท่าแบกน้ำหนักย่อตัว (Squat) ซึ่งล้วนเป็นท่าฝึกที่ใช้การยืนเป็นอิสระ และใช้กลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ในการยก คุณค่าของการใช้ท่าเหล่านี้คือ ความสามารถที่จะเลียนแบบการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่และแรงระเบิดที่ต้องการเมื่อมีการ ขี่จักรยาน วิ่ง ว่ายน้ำ กระโดด พุ่ง ทุ่ม ขว้าง และตี โดยที่กล้ามเนื้อออกแรงในปริมาณที่เหมาะสมตลอดช่วงของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วตามระยะทางและเวลาที่ต้องการของกีฬาแต่ละชนิด ซึ่งท่าฝึกในรูปแบบของกีฬานั้นจะพัฒนาระบบประสาทสรีรวิทยา (Neurophysiologic system) และระบบประสาทจิตวิทยา (Neuropsychological system) ซึ่งหาไม่ได้จากการฝึกเพาะกาย หรือการฝึกโดยใช้เครื่องมือฝึกด้วยน้ำหนักทั่วๆไป

นอกจากนั้นยังได้แบ่งกล้ามเนื้อออกเป็น สามกลุ่มด้วยกัน คือ

1. เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าแบบออกซิเดทีฟ (Slow twitch oxidative)
2. เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบออกซิเดทีฟ (Fast twitch oxidative) หรือเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วชนิดที่อดทนต่อความเมื่อยล้า (Fast twitch fatique resistant)
3. เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบกลัยโคลัยติก (Fast twitch glycolytic) หรือเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วชนิดที่เมื่อยล้าได้ง่าย (Fast twitch fatique)

Karp (Karp, 2001) ได้ให้ความเห็นว่า เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะถูกระดมมาทำงานก่อนเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าในขณะที่กล้ามเนื้อทำงานอย่างรวดเร็ว เมื่อการทำงานอย่างรวดเร็วเกิดขึ้นการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งจะต้องทำงานด้วยความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงเท่านั้น

Baker and others (Baker, Nance, & Moore, 2001) กล่าวว่า ความหนักที่ใช้ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีสองลักษณะคือ

1. จำนวนครั้งที่ยกได้มากที่สุด (Repetition maximum)
2. เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดหนึ่งครั้ง (% of 1RM)

ส่วนความหนักที่ใช้ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อก็อาจใช้ในลักษณะเปอร์เซ็นของพลังกล้ามเนื้อที่ได้สูงสุด ดังนั้นความหนักที่ใช้ในการฝึกก็คือ ความหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อได้ใกล้เคียงกับพลังกล้ามเนื้อที่ทำได้สูงสุด

ในการฝึกโดยใช้แรงต้านที่นำมาเป็นส่วนหนึ่งของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกนั้นจะทำให้นักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อและความมั่นคงเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนานักกีฬาในภาพรวมทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสำคัญต่อการป้องกันการบาดเจ็บอีกด้วย

ความคล่องแคล่วว่องไว

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ & กันยา ปาละวิวัธน์, 2535) กล่าวว่า ความคล่องแคล่วว่องไว ต้องอาศัยความสามารถขั้นพื้นฐานคือ มีปฏิกิริยาที่รวดเร็ว การเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว และการร่วมงานกันของกล้ามเนื้อ ต้องพยายามพัฒนาให้เกิดการร่วมงานกันในการเคลื่อนไหวที่เป็นแบบหนึ่งแบบใดที่จำเป็นในการออกกำลังกายหรือการเล่นกีฬาชนิดนั้น การเคลื่อนไหวในระยะต้นเป็นการเคลื่อนไหวที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจ และเริ่มที่สมองส่วนซีรีบรัล-คอร์เทกซ์ (Cerebral cortex) แต่เมื่อได้มีการเคลื่อนไหวแล้ว อัตราเร็ว แรง ช่วงการเคลื่อนไหว ทิศทาง และการสิ้นสุดการเคลื่อนไหวจะต้องถูกปรับและการควบคุมที่ระดับนอกอำนาจจิตใจนั้นเกิดขึ้นที่ก้านสมอง และไขสันหลัง ดังนั้นการเคลื่อนไหวทั้งหมดจึงเป็นการทำงานร่วมกันของสมอง เมื่อมีการเรียนรู้กิจกรรมทางด้านทักษะการเคลื่อนไหว เช่น การเล่นเทนนิสผู้เรียนจะเริ่มด้วยการตระหนักถึงการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง การตระหนักนี้เกิดขึ้นเมื่อได้มีการปฏิบัติซ้ำๆ กันและมีการสร้างแบบฉบับของการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องที่มีชื่อเฉพาะว่าเอนแกรม (Engram) ไว้บริเวณที่เก็บความจำของสมอง (คอร์เทกซ์ที่รับความรู้สึก) ในการตีเทนนิสแต่ละครั้ง คำสั่งที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจจะส่งออกไปจาก ซีรีบรัล-คอร์เทกซ์ แล้วข้อมูลป้อนกลับจากรีเซปเตอร์ที่รับความรู้สึก ที่สำคัญคือโปรปริโอเซปเตอร์ (Proprioceptor) จะช่วยปรับการตอบสนองทางด้านยนต์ ให้เข้ากันได้กับความจำที่เก็บไว้ ความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้ ถือได้ว่าเป็นความผิดพลาด จึงต้องมีการปรับปรุงการตอบสนองทางด้านยนต์ในการกระทำครั้งต่อไป เพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาดซ้ำอีก ชนิดของการตอบสนองทางด้านยนต์นั้นขึ้นอยู่กับบริเวณจำเพาะของคอร์เทกซ์ทางด้านยนต์ (Motor cortex) ที่จะส่งกระแสประสาทออกไปยังสมองที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวในตอนต้นแต่ละครั้ง คือระบบพารามิดัล (Paramidal) ลงไปสู่ไขสันหลังแล้วส่งลงไปยังกล้ามเนื้อของมือ แขน ขา และลำตัว เมื่อขบวนการได้เรียนรู้แล้วก็จะดำเนินต่อไป การควบคุมการเคลื่อนไหวนั้นจะค่อยๆ เปลี่ยนจากระบบพารามิดัล ไปสู่ระบบเอ็กซ์ตร้าพารามิดัล โดยจะทำหน้าที่ให้เกิดแบบฉบับของการเคลื่อนไหวทั่วๆ ไปที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ขั้นสูงเมื่อทางเดินของระบบประสาทเอ็กซ์ตร้าพารามิดัลได้ถูกพัฒนาด้วยการปฏิบัติกิจกรรม ผู้เล่นเทนนิสก็จะไม่มีความรู้สึกถึงรายละเอียดของการเคลื่อนไหวของตัวเองในการตีลูกเทนนิสอีกต่อไป ดังนั้นเมื่อมีความชำนาญแล้ว ผู้เล่นจึงสามารถมุ่งความสนใจยังกลวิธีของเกมได้ โดยไม่ต้องพะวงกับการจับแรคเก็ตหรือการเตรียมท่าทางของแขนและขาสำหรับตีลูกเทนนิส และซีรีเบลลัมกับการควบคุมการเคลื่อนไหว เมื่อผู้เล่นเทนนิสใช้ซีรีบรัล-คอร์เทกซ์ ทางด้านยนต์ในขณะที่เริ่มเสิร์ฟลูกเทนนิส หลังจากนั้นจะมีการทำงานของระบบประสาทต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่โดยกระแสประสาทจะลงมาจากระบบพารามิดัลและเอ็กตร้าพารามิดัล เพื่อลงไปสู่กล้ามเนื้อ ในขณะเดียวกันก็จะส่งไปที่ซีรีเบลลัมด้วย ในขณะที่มีการเคลื่อนไหวนั้น โปรปริโอเซปเตอร์ (Prorpiocepter) เหล่านี้จะส่งกระแสประสาทขึ้นไปที่ซีรีเบลลัม-คอร์เทกซ์ ที่รับความรู้สึกด้วย เพื่อรายงานว่ากล้ามเนื้อกำลังทำอะไรอยู่ นอกจากนั้นยังมี

อินพุท (Input) เมื่อมีการเริ่มตี อินพุทที่ส่งไปยังซีรีเบลลัม จะคาดการณ์ถึงตำแหน่งของแขนขาเมื่อมีการเคลื่อนไหวไปข้างหน้าเพื่อที่จะ ให้ได้การเคลื่อนไหวตามต้องการ ซีรีเบลลัมจะต้องเริ่มส่งสัญญาณที่ทำให้มีการยับยั้งของกล้ามเนื้อกลุ่มเดียวกัน (Agonists) และช่วยเร่งกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้าม (Antagonists) เพื่อทำให้การเคลื่อนไหวหยุดลงเมื่อถึงเป้าหมาย การเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับสมดุลและการทรงตัวนั้น จะต้องทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิดกับรีเซปเตอร์ที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว เวลาที่ใช้ตั้งแต่มีการกระตุ้นรีเซปเตอร์ให้รับความรู้สึก จนถึงกล้ามเนื้อมีการหดตัว ซึ่งการตอบสนองต่อการกระตุ้นนั้นเรียกว่า เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) เวลาปฏิกิริยานี้ต้องอาศัยทางเดินที่นำกระแสประสาทจากรีเซปเตอร์ขึ้นไปสู่สมองส่วนที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจ โดยการผ่านเซลล์ประสาทหลายตัวแล้วจึงส่งลงมายังกล้ามเนื้อ เวลาปฏิกิริยานั้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของเวลาการตอบสนองทั้งหมด(Response time) ซึ่งประกอบด้วยเวลาปฏิกิริยาร่วมกับการเคลื่อนไหว (Movement time) ซึ่งเป็นเวลาที่เริ่มจากการเคลื่อนไหวครั้งแรกจนถึงการสิ้นสุดการเคลื่อนไหว

Tom (Tom, 1998) กล่าวว่า นักกีฬาเทนนิสที่มีความคล่องแคล่วว่องไวที่ดี ย่อมได้เปรียบคู่ต่อสู้อย่างมาก ทั้งในการเคลื่อนที่เข้าหาลูก และการเปลี่ยนทิศทางในตำแหน่งที่ยืนอยู่ การเปลี่ยนทิศทางในกีฬาเทนนิสมีอยู่สี่ทิศทาง ดังนี้

1. ด้านหน้า
2. ด้านหลัง
3. ด้านซ้าย
4. ด้านขวา

แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว

Bompa (Bompa, 1999a) ได้กล่าวไว้ว่า ความคล่องแคล่วว่องไวประกอบด้วยสี่ส่วนด้วยกัน คือ ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ และการทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อทุกส่วน โดยที่ทั้งสี่ส่วนนี้จะทำงานสนับสนุนซึ่งกันและกัน

การพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวสามารถพัฒนาได้โดยการฝึกในส่วนที่เป็นองค์ประกอบต่างๆดังต่อไปนี้

1. การทำงานประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อ
2. พลังกล้ามเนื้อ
3. เวลาปฏิกิริยา
4. ความยืดหยุ่น

การที่กล้ามเนื้อมีความอ่อนตัวมากย่อมหมายถึงการที่กล้ามเนื้อมีการเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวราบเรียบและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งการที่กล้ามเนื้อมีความอ่อนตัวดีนั้นยังช่วยลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บจากการเล่นกีฬาหรือการแข่งขันได้ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สมาคมเทนนิสประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Tennis Association Player Development Division, 2005) ได้นำเสนอรูปแบบการฝึกฝนความคล่องแคล่วว่องไวในการเคลื่อนที่ (Agility and movement training) ได้แก่

1. Spider Drill
2. Cross Cones
3. Figure 8 Drill
4. 4 Cone Square
5. Service Box Crossover
6. Forward Backward Drill
7. Court Widths/ 17s
8. Horizontal Repeaters
9. Vertical Repeaters
10. Diagonal Repeaters
11. V- Volley Drills
12. FH/ BH Agility Drills
13. Medicine Ball Tennis

เวลาปฏิริยา

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ & กันยา ปาละวิวัธน์, 2535) กล่าวว่า ปฏิกิริยาตอบสนอง ความสามารถของร่างกายที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า หมายถึง เวลาตั้งแต่มีการกระตุ้น จนกระทั่งเริ่มมีการเคลื่อนไหว ทิคค์เนอร์ (Teichner, 1954) ได้แบ่งเวลาปฏิกิริยาตอบสนองออกเป็น 3 ระยะ คือ

1. ระยะเริ่มการกระตุ้น (Onset of the stimulus)

2. ระยะล่าช้าระยะที่หนึ่ง (First latency period) ซึ่งเป็นระยะของการส่งผ่านพลังประสาทในสมองส่วนกลางจากเส้นประสาทสัมผัสเข้าไปจนกระทั่งออกมาที่เส้นประสาทยนต์ เป็นเวลาส่วนของความคิดและการตัดสินใจ เป็นการทำงานของสมองตั้งแต่ได้รับความรู้สึกถึงเมื่อสั่งการลงมายังกล้ามเนื้อ

3. ระยะล้าที่ระบบหน่วยยนต์ (Delay in the motor process) ก่อนที่กล้ามเนื้อหดตัว ยังมีสองคำที่น่ากล่าวถึง คือ เวลาการเคลื่อนไหว (Movement time) และเวลาตอบสนอง (Response time)

เวลาการเคลื่อนไหว เป็นเวลาตั้งแต่เริ่มการเคลื่อนไหวจนสิ้นสุดการเคลื่อนไหวไม่รวมเวลาปฏิกิริยา ส่วนเวลาตอบสนอง เป็นเวลาที่รวมเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง กับเวลาการเคลื่อนไหวเข้าด้วยกัน จึงเป็นเวลาตั้งแต่เริ่มการกระตุ้นจนถึงการตอบสนอง

การทรงตัว

การทรงตัว หมายถึง ความสามารถในการรักษาสมดุลของร่างกายเอาไว้ได้ทั้งในขณะอยู่กับที่และเคลื่อนที่ ด้วยรูปแบบและความเร็วต่าง ๆ นับเป็นสิ่งจำเป็นอันดับแรก เพราะการกีฬาต้องอาศัยการทรงตัวในลักษณะที่สมดุลของร่างกายทั้งสิ้น ท่าทางของการทรงตัว คือ การยืน การวิ่งและการหยุดวิ่ง การเปลี่ยนทิศทาง การหมุนตัวและการกลับตัว การหลอกล่อ การเปลี่ยนฝีเท้า

ความอดทนของกล้ามเนื้อ

ความอดทน เป็นความสามรถของร่างกายในการที่จะปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดช่วงเวลาที่ยาวนาน ความอดทนต่อความเมื่อยล้า (Fatigue Resistance) เป็นความสามรถของนักกีฬาที่จะรักษาระดับความเร็วไว้ได้เป็นระยะยาวนานขณะออกกำลังกาย และจะได้รับการพัฒนาเป็นอย่างมากจากการการฝึกซ้อมความอดทนที่ใช้เวลานาน ความหนักต่ำ เช่นการวิ่งที่ใช้ความเร็วต่ำระยะทางไกล จะทำให้นักกีฬามีความทนทานต่อความเมื่อยล้าที่เพิ่มขึ้น ความอดทนสามรถแบ่งออก ได้ดังต่อไปนี้

1. ความอดทนแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Endurance) มุ่งพัฒนาระบบกล้ามเนื้อโครงร่าง ระบบหัวใจ และระบบประสาทกล้ามเนื้อ ต้องพัฒนาระบบหัวใจหายใจ ซึ่งจะได้รับการพัฒนาจากการออกกำลังกาย ที่มีความหนักต่ำ ระยะเวลานาน โดยการฝึกซ้อมแบบต่อเนื่อง แบบหนักสลับเบา

2. ความอดทนแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Endurance) เป็นการทำงานภายใต้สภาพร่างกายที่ไม่ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ กับกระบวนการเผาพลาญอาหาร เพื่อผลิตพลังงานของร่างกายเอาไว้ใช้เป็นพลังงานสำรอง

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Endurance) หรือความแข็งแรงอดทน เป็นความสามารถของนักกีฬาในการที่จะรักษาระดับแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ภายใต้สภาพการทำงานประเภทอดทน

4. ความเร็วอดทน (Speed Endurance) เป็นความสามารถของการใช้ความเร็วของนักกีฬาภายใต้สภาพการทำงานประเภทความอดทน ความเร็วอดทนปฏิบัติโดยการฝึกซ้ำ ๆ มีจำนวนเซตสูง จำนวนครั้งต่อเซตต่ำ ความหนักมากกว่า 85% ขึ้นไป ด้วยระยะทาง 60%-120% ของระยะแข่งขัน

การมีระดับกลั้นที่สูง

จุดเริ่มล้า (Anaerobic threshold : AT) หมายถึง จุดที่ร่างกายได้มีการทำงานเพิ่มมากขึ้น จนเกิดการสะสมของกรดแลคติค (lactic acid) ในกล้ามเนื้อสูง และมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 4 มิลลิโมลต่อเลือด 1 ลิตร ณ จุดนี้ร่างกายจะเริ่มเปลี่ยนการใช้พลังงานจากขบวนการเผาผลาญแบบใช้ออกซิเจนเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic metabolism) มากขึ้น ซึ่งจะใช้น้ำตาล (Glucose) เป็นแหล่งพลังงานหลัก และเหลือประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพียงร้อยละ 5 ของพลังงานทั้งหมด จึงทำให้กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้าอย่างรวดเร็ว และต้องหยุดการออกกำลังกายในที่สุด จุดเริ่มล้าจะแสดงผลเป็นค่าอัตราการเต้นหัวใจจำนวนครั้งต่อนาที (BPM) และความเร็ว ณ จุดนั้น (Km / hr) ถ้านักกีฬาคนใดมีค่าจุดเริ่มล้าสูง ณ ความเร็วสูง แสดงถึงการมีสมรรถภาพของร่างกายที่ทนต่อกรดได้สูง จึงสามารถทำกิจกรรมที่ความเหนื่อยสูงได้ และสามารถทำเป็นระยะเวลาที่ยาวนานกว่านักกีฬาที่มีจุดเริ่มล้าต่ำ เพราะนักกีฬาที่มีจุดเริ่มล้าต่ำจะมีการสะสมของกรดแลคติคถึง 4 มิลลิโมล / เลือด 1 ลิตร จึงเกิดการล้าของกล้ามเนื้อเร็ว ดังนั้น เมื่อมีการล้าของกล้ามเนื้อแล้ว นักกีฬาจะไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ดีขณะเริ่มการแข่งขัน ซึ่งแสดงถึงมีโอกาสที่จะพ่ายแพ้ในเกมการแข่งขันต่อนักกีฬาผู้ที่มีความล้าต่อกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นช้ากว่า ในการหาค่าจุดเริ่มล้า มิได้เป็นเพียงค่าที่บ่งชี้ถึงสมรรถภาพหรือจุดเริ่มล้าของกล้ามเนื้อเท่านั้น แต่ยังเป็นตัวบ่งชี้ในการกำหนดอัตราการเต้นของหัวใจ เป้าหมายและการประเมินผลของการฝึกซ้อม เพื่อพัฒนาศักยภาพนักกีฬาแต่ละบุคคลในการแข่งขัน คือ การฝึกเพื่อเพิ่มความอดทนของกล้ามเนื้อต่อกรดแลคติค (Lactic tolerance training) แบบหนักสลับเบา ซึ่งผู้ฝึกสอนจะต้องสร้างโปรแกรมการฝึกโดยอาศัยค่าจุดเริ่มล้าที่หาได้เป็นค่าบ่งชี้และเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับความหนักของการฝึก ซึ่งจะช่วยลดปัญหาของการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมที่หนักเกินไป จนทำให้ร่างกายไม่มีการพัฒนา อีกทั้งยังเป็นค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อประเมินผลการฝึก และการปรับโปรแกรมการฝึกให้เหมาะสมเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากการฝึก เพื่อขยายระยะเวลาของจุดเริ่มล้าให้ยาวนานออกไป

ความรู้พื้นฐานของกล้ามเนื้อ

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber types)

Bompa (Bompa, 1999b) กล่าวว่าถึงแม้ว่าทุกหน่วยยนต์จะทำงานเหมือนกัน แต่เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมดจะทำงานไม่เหมือนกัน เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีโครงสร้างและหน้าที่แตกต่างกันบางชนิดเหมาะแก่การทำงานในอนากาศนิยม (Anerobic) หรือภาวะที่มีการหายใจระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในขณะที่บางชนิดเหมาะแก่การทำงานในภาวะอากาศนิยม (Aerobic) หรือภาวะที่มีการหายใจระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน โดยแบ่งออกได้ดังนี้

1. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (Type 1) จะใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานที่เรียกว่าอากาศนิยม (Aerobic) จะมีสีแดง และมีการหดตัวที่ช้า ดังนั้นนอกจากจะเรียกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1แล้วยังสามารถเรียกว่า เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดอากาศนิยม เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดสีแดง และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow twitch fiber, ST)

2. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 (Type 2) จะไม่ใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานที่เรียกว่า อนากาศนิยม (Anerobic) มีสีขาว และมีการหดตัวที่เร็ว ดังนั้นนอกจากจะเรียกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 แล้วยังสามารถเรียกว่า เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดอนากาศนิยม เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดสีขาว และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast twitch fiber, FT)

เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดนี้จะอยู่ในร่างกายในสัดส่วนที่ค่อนข้างจะเท่ากันโดยการฝึกความแข็งแรงจะส่งผลต่อการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ นอกจากนี้จะพบว่าการครอบคลุมด้วยเส้นประสาทของเส้นใยกล้ามเนื้อจะเป็นตัวบ่งบอกว่า มันเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าหรือเร็ว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับว่า มีเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวนมากเท่าไหร่ที่ถูกเชื่อมกับเส้นใยประสาทสั่งการของหนึ่งประสาทยนต์ (Motor nerve) โดยจะพบว่าหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ประสาทยนต์ จะมีขนาดใหญ่ และมีเส้นประสาทตั้งแต่ 300 ถึงมากกว่า 500 เส้น ที่ปกคลุมไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อ ในขณะที่หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้านั้น ประสาทยนต์จะมีขนาดเล็ก และมีเส้นประสาทเพียง 10 ถึง 180 เส้น ที่ปกคลุมไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อ ดังนั้นการหดตัวของหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด หดตัวเร็ว จะเร็วและแรงกว่าการหดตัวของหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า ซึ่งจะพบว่านักกีฬาที่ประสบความสำเร็จในการแข่งขันกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความเร็วและ พลังของกล้ามเนื้อจะมีพันธุกรรมกำหนดให้มีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่า แต่พวกเขาก็จะเกิดการล้าเร็วกว่า ในทางตรงกันข้ามนักกีฬาที่มีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้ามากกว่า ก็จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความอดทน เนื่องจากพวกเขาสามารถที่จะปฏิบัติทักษะที่มีความเข้มข้นต่ำได้เป็นเวลานานกว่า ถึงแม้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วจะถูกใช้ในกิจกรรมที่สั้นและเร็ว แต่ก็ไม่ใช้ความเร็วในการหดตัว แต่จะมาจากแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากการที่ประสาทยนต์สามารถไประดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้ ดังนั้นจึงอธิบายได้ว่าทำไมนักกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความเร็ว จึงจำเป็นที่จะต้องฝึกเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อ เพราะการฝึกเคลื่อนไหวที่ใช้พลังกล้ามเนื้อสูงจะไปกระตุ้นการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว จึงทำให้นักกีฬาสามารถที่จะกระทำการเคลื่อนไหวที่เป็นแรงระเบิดและเร็วได้ โดยการจะระดมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดใดนั้นขึ้นยู่กับแรงต้านที่มากระทำ ถ้า แรงต้านปานกลางจนถึงต่ำก็จะมีการระดมระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าเป็นหลัก ซึ่งถ้ามีการเพิ่มแรงต้านมากขึ้นก็จะมีการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาใช้มากขึ้นตามในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว สัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีหลากหลายทั้งในกล้ามเนื้อมัดเดียวกันและคนละมัดซึ่งปกติแขนจะมีเปอร์เซ็นต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่าขา โดยกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Biceps) จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว 55 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps) จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว 60 เปอร์เซ็นต์ในขณะที่กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) ที่อยู่ในกล้ามเนื้อน่องจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเพียง 24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกล้ามเนื้อที่มีเปอร์เซ็นต์ของ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากก็สามารถที่จะหดตัวได้เร็วและแรงยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีบทบาทที่สำคัญกับนักกีฬาประเภทที่ใช้ความแข็งแรง

Powers and Wallker (Powers & Walker, 1982)ได้กล่าวว่าเส้นใยกล้ามเนื้อแบ่งออกได้ 3 ชนิด ซึ่งแตกต่างกันที่ความเร็วในการหดตัว และความอดทนต่อการล้า เพราะว่ากล้ามเนื้อส่วนใหญ่

จะผสมไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด ดังนั้นเราจึงต้องเข้าใจกล้ามเนื้อแต่ละมัดก่อนที่จะเริ่มโปรแกรมฝึกกล้ามเนื้อ

1. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow twitch fibers, ST) เป็นเส้นใยที่หดตัวได้ช้า และสร้างแรงขึ้นได้น้อย แต่มีความอดทนต่อการล้าได้มาก เส้นใยชนิดนี้จะมีสีแดงเนื่องจากมีเส้นโลหิตฝอยจำนวนมาก เพื่อทำหน้าที่ในการลำเลียงออกซิเจนในรูปของไมโอโกลบินมาให้ และมีความสามารถในการผลิตสารสร้างพลังงาน ที่เรียกว่า อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต หรือ เอทีพี (Adenosine triphosphate หรือ ATP) ได้มาก จากกระบวนการหายใจระดับเซลล์แบบแอโรบิค (ใช้ออกซิเจน) จากคุณสมบัติเหล่านี้ เส้นใยชนิดนี้จึงเหมาะสมกับการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นต่ำและใช้เวลานานๆ เช่นการวิ่งช้าๆ

2. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast twitch fibers, FT) เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้จะหดตัวได้เร็วและสร้างแรงได้มากแต่มีความอดทนต่อการล้าน้อย มีหายใจระดับเซลล์แบบแอโรบิคที่ต่ำ มีสีขาวเนื่องจากมีเส้นโลหิตฝอยอยู่เพียงเล็กน้อย ซึ่งทำหน้าที่ในการลำเลียงออกซิเจนมาให้ จึงเป็นเส้นใยที่เหมาะในการผลิตสารสร้างพลังงาน จากกระบวนการหายใจระดับเซลล์แบบแอนแอโรบิค (ไม่ใช้ออกซิเจน) แต่ผลิตสารสร้างพลังงานได้เพียงช่วงสั้นๆ จากการที่เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้หดตัวได้เร็วและสร้างแรงได้มากจึงเหมาะสมกับกิจกรรมที่ต้องใช้ความเร็วและแรงในการเคลื่อนไหวเช่น การวิ่งเร็ว การกระโดด ซึ่งการออกกำลังกายที่หนักนี้ จะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้เกิดการฉีกขาดได้ง่ายด้วย

3. เส้นใยชนิดผสม (Intermediate fibers) เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วและช้า โดยสามารถหดตัวได้เร็วและสร้างแรงได้มากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า แต่น้อยกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว และมีสีแดงมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วแต่น้อยกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า

กล้ามเนื้อมัดต่างๆในร่างกายจะมีเส้นใยทั้ง 3ชนิดผสมอยู่ โดยพบว่าบุคคลทั่วไปจะมีจำนวนของเส้นใย 3 ชนิดเท่าๆกัน และจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อกับนักกีฬาในระดับสูง พบว่านักกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทน (Endurance athletes) เช่น นักวิ่งมาราธอนจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าเป็นจำนวนมาก ในทางตรงกันข้ามนักกีฬาประเภทที่ใช้ความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่า

ได้มีการแสดงว่าเส้นใยกล้ามเนื้อสามารถเปลี่ยนจากชนิดหนึ่งไปยังอีกชนิดหนึ่งได้ เช่นการฝึกความอดทน (Endurance training) สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว กับเส้นใยชนิดผสม แต่ยังไม่มีหลักฐานที่เพียงพอที่จะบอกได้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วหรือชนิดผสมนั้น สามารถที่จะเปลี่ยนไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าได้หรือไม่ เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่านักกีฬาที่แข่งขันในระยะสั้นสามารถที่จะไปแข่งขันในระยะปานกลางได้ และนักกีฬาที่แข่งขันในระยะยาวสามารถที่จะไปแข่งขันในระยะปานกลางได้ แต่นักกีฬาที่แข่งขันในระยะยาวไม่สามารถที่จะเปลี่ยนไปแข่งขันในระยะสั้นได้ แม้ว่าการฝึกความอดทน (Endurance training) จะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อได้ แต่จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อนั้นจะถูกกำหนดโดยพันธุกรรมเป็นหลัก

ชนิดการทำงานของกล้ามเนื้อ (Types of muscle)

Bompa (Bompa, 1999b) ได้แบ่งชนิดการทำงานของกล้ามเนื้อเป็น 3 ชนิดดังนี้

1. การทำงานแบบไอโซโทนิก (Isotonic) โดย “Iso” มาจากคำว่า “Isos” แปลว่าเท่ากัน (Equal) และ “Tonic” มาจากคำว่า “Tonikos” แปลว่า ความตึง (Tension) ดังนั้น ไอโซโทนิก จึงหมายถึง ความตึงตัวที่เท่ากัน (Equal tension) ซึ่งเป็นความตึงของน้ำหนักภายนอกที่เท่ากัน หรือคงที่ตลอดมุมของการเคลื่อนไหว (Range of motion) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1.1 การทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น (Concentric contraction) มาจากภาษาลาตินคือ Com-+ Centrum ซึ่งแปลว่า มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน ดังนั้น การทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นจึงหมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่ความยาวกล้ามเนื้อมีการหดตัวสั้นลง ซึ่งจะทำให้มีเกิดงานที่เป็นบวกในทางฟิสิกส์ เช่น การทำท่างอข้อศอก (Biceps curl) ในจังหวะที่มีการยกน้ำหนักเข้าหาตัว

1.2 การทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออก (Eccentric contraction) หมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่ความยาวกล้ามเนื้อมีการเหยียดตัวออก การหดตัวแบบนี้จะเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อในทางตรงกันข้ามกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น ซึ่งจะทำให้เกิดงานทางลบในทางฟิสิกส์ เช่น การทำท่างอข้อศอก (Biceps curl) ในจังหวะที่มีการยกน้ำหนักออกจากตัว เป็นผลให้ ความยาวของกล้ามเนื้อกลับสู่ความยาวตอนเริ่มต้นอีกครั้ง และทำให้มุมของข้อศอกเพิ่มมากขึ้น

2. การทำงานแบบไอโซเมตริก (Isometric muscle action) โดย “Iso” มาจากคำว่า “Isos” แปลว่าเท่ากัน (Equal) และ “Metric” มาจากคำว่า “Meter” ซึ่งหมายถึง เมตร ที่แป็นหน่วยของการวัดความยาว ดังนั้นจึงบอกได้ว่าการทำงานแบบไอโซเมตริก หมายถึง การออกแรงต้านกับวัตถุที่อยู่นิ่ง ซึ่งจะทำให้เกิดความตึงที่สูงในกล้ามเนื้อโดยความยาวของกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง หรือหมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่ความยาวคงที่ แต่ความตึงเปลี่ยนไปการทำงานของกล้ามเนื้อแบบนี้จะไม่มีการเปลี่ยนมุมของข้อต่อ และไม่มีงานเกิดขึ้นในทางฟิสิกส์เนื่องจากไม่มีระยะทางจากการเคลื่อนไหวเข้ามาเกี่ยวข้อง

3. การทำงานแบบไอโซคิเนติก (Isokinetic contraction) โดย “Iso” มาจากคำว่า “Isos” แปลว่า เท่ากัน (Equal) และ “Kinetic” แปลว่าการเคลื่อนไหว รวมกันเป็นการเคลื่อนไหวเท่ากัน ดังนั้นจึงหมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วเท่ากันตลอดการเคลื่อนไหว การทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซคิเนติกจะต้องอาศัยเครื่องมือที่สามารถปรับความเร็วของการเคลื่อนไหวได้เท่ากันตลอดมุมของการเคลื่อนไหว โดยในขณะที่เคลื่อนไหวนั้น ทั้งการทำงานของกล้ามเนื้อแบบ หดสั้น และการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออก จะเกิดแรงต้านที่เท่ากัน นอกจากนี้การฝึกชนิดนี้จะทำให้กล้ามเนื้อออกแรงได้สูงสุดตลอดทั้งการเคลื่อนไหว ซึ่งการฝึกแบบอื่นทำไม่ได้

องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

Sharkey and Gaskill (Sharkey & Gaskill, 2006) ได้เสนอองค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อไว้ดังนี้

1. ความแข็งแรง (Strength) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวเพื่อให้ทำงานได้อย่างเต็มที่ในการออกแรงหนึ่งครั้ง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นเป็นพื้นฐานที่สำคัญของทุกชนิดกีฬาเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้ฝึกสอนควรจะสร้างความแข็งแรงให้เหมาะสมกับทักษะและรูปแบบของกีฬานั้นๆ ดังนั้นการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรคำนึงถึงอันดับแรก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาได้โดยการฝึกด้วยน้ำหนัก เป็นต้น

2. พลังกล้ามเนื้อ (Power) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็วทำให้เกิดงานในระดับสูง พลังแสดงออกมาให้เห็นในรูปของงานที่ทำ Sharkey and Gaskill ได้เสนอความสัมพันธ์ของงาน (Work) กับความแข็งแรง (Strength) และอัตราเร็ว (Velocity) ไว้ดังนี้

$$\text{Work} = \text{Force} \times \text{Distance}$$

$$\text{Power} = \text{Work} / \text{Time}$$

$$\text{Velocity} = \text{Distance} / \text{Time}$$

ดังนั้น

$$\text{Power} = (\text{Force} \times \text{Distance}) / \text{Time}$$

หรือ

$$\text{Power} = \text{Strength} \times \text{Velocity}$$

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อ และพลังความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance and Power endurance)

3.1 ความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาที่ยาวนาน โดยปราศจากความอ่อนล้า หรือมีอาการอ่อนล้าน้อยที่สุด แต่ละชนิดกีฬาต้องการความทนทานของกล้ามเนื้อไม่เหมือนกัน ดังนั้นควรมีรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมกับแต่ละชนิดกีฬา

3.2 พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาหนึ่งด้วยความเร็ว เช่น จำนวนครั้งที่นักกีฬาทำได้ในเวลาที่จำกัด กีฬาที่ใช้ความหนักระดับปานกลางในเวลาที่จำกัด (Medium load over a few minutes) ได้แก่ กีฬามวยปล้ำ จำเป็นต้องการพลังความทนทานของกล้ามเนื้อในระดับปานกลาง (Medium-term power endurance) กีฬาที่ใช้ความหนักระดับเบาในเวลาที่จำกัด (Light load over a few minutes)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ได้แก่ นักวิ่งระยะยาว นักปั่นจักรยานระยะไกล เทนนิส ฟุตบอล วอลเล่ย์บอล บาสเก็ตบอล แบดมินตัน เป็นต้น จำเป็นต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อที่ยาวนาน (Long-term power endurance) ส่วนการทำงานของกล้ามเนื้อที่ออกแรงในระยะสั้น (Short put) เช่น การเตะลูกฟุตบอล จังหวะในการตีลูกเทนนิส จำเป็นต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อน้อย (Short-term power endurance)

4. ปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็ว (Reaction time, Quickness and Speed)

4.1 ปฏิกิริยาตอบสนอง หมายถึง ช่วงระยะเวลาระหว่างที่มีการกระตุ้นและปฏิกิริยาตอบสนองครั้งแรกต่อการกระตุ้น ปฏิกิริยาตอบสนองในที่นี้อยู่ภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจโดยการสั่งการจากระบบประสาทได้รับสิ่งเร้าแล้วสั่งการลงมาที่กล้ามเนื้อ ตัวอย่างเช่น เวลาที่นักกีฬาเบสบอลตีลูกเบสบอล

4.2 ความไว หมายถึง การตอบสนองของสิ่งกระตุ้นในช่วงระยะอันสั้น เช่น ในการก้าวเท้าหนึ่งถึงสองก้าว ในกีฬาวอลเลย์บอลมีการใช้ความไวมาก เช่น จังหวะในการขึ้นบล็อก การเข้าไปตีลูก เช่นเดียวกับกีฬาเทนนิสที่ต้องใช้ความไวเหมือนกัน

4.3 ความเร็ว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้โดยใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด นักกีฬาวิ่งระยะสั้นต้องการทั้งปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็วที่ดี เพื่อที่จะได้ชัยชนะ แต่ในนักกีฬาวิ่งระยะไกลไม่ต้องการปฏิกิริยาตอบสนอง และความไว ต้องการเพียงแค่การรักษาความเร็วให้คงที่

5. การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาความสมดุลของร่างกายในขณะที่อยู่กับที่และในขณะที่เคลื่อนไหวอยู่ไม่เสียหลัก โซเซหรือวิ่งไม่ตรงทิศทาง ซึ่งเป็นความสามารถในการทำงานประสานกัน ระหว่างระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อใน การทรงตัวแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ

5.1 การทรงตัวอยู่กับขณะเคลื่อนที่ (Dynamic balance)

5.2 การทรงตัวขณะอยู่กับที่ (Static balance)

6. ความอ่อนตัว (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะยืดออกและสามารถหดเข้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่มุมหรือข้อต่อในส่วนต่างๆของร่างกายสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับความอ่อนตัว ซึ่งความอ่อนตัวนี้สามารถพัฒนาได้จากการฝึกความยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั่นเอง

7. ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง การพัฒนาความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ความทนทานของกล้ามเนื้อ พลังความทนทานของกล้ามเนื้อ ปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว ความเร็ว ความสมดุลของร่างกาย และความอ่อนตัวให้ดีขึ้น ก็จะส่งผลทำให้ความคล่องแคล่วว่องไวดีขึ้นตามไปด้วย

กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา

Weineck (Weineck, 1990) ได้วิเคราะห์กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ออกแรงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวบริเวณข้อต่อต่างๆของขา โดยเรียงลำดับจากกล้ามเนื้อมัดที่ออกแรงมากไปหาน้อยตามลำดับ ดังนี้ กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก ประกอบด้วย

กล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus)

- กล้ามเนื้อแอ็คดัคเทอะ แมกนัส (Adductor magnus)
- กล้ามเนื้อเซมิเมมเบรโนซัส (Semimembranosus)
- กล้ามเนื้อเซมิเทนดิโนซัส (Semitendinosus)
- กล้ามเนื้อกลูเทียส มีเดียส (Gluteus medius)
- กล้ามเนื้อควอดราทัส ฟีมอรีส (Quadratus femoris)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดหัวเข่า

- กล้ามเนื้อควอไดรเซพซ์ ฟีมอรีส (Quadriceps femoris)
- กล้ามเนื้อเทนเซอะ ฟาสเซีย ลาเท (Tensor fasciae latae)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า

- กล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius)
- กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus)
- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอะ ฮอลลูซีส ลองกัส (Flexor hullucis longus)
- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอะ ดิจิทอรัม ลองกัส (Flexor digitorum longus)
- กล้ามเนื้อทีเบียลิส โพสทีเรีย (Tibialis posterior)
- กล้ามเนื้อเพอโรเนียส ลองกัส (Peroneus longus)
- กล้ามเนื้อเพอโรเนียส เบรวิส (Peroneus brevis)

Weineck ได้สรุปผลจากการวิเคราะห์กล้ามเนื้อว่า ในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก มีกล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส เป็นกล้ามเนื้อมัดหนึ่งที่แข็งแรงที่สุดในร่างกาย มีหน้าที่หลักคือการเหยียดสะโพก ได้แก่ ในขณะที่ยกตัวขึ้นสู่ท่ายืนปกติจากท่าย่อตัว ในขณะวิ่ง และในขณะหยุด ในกลุ่มกล้ามเนื้อควอไดรเซพซ์ ฟีมอริส เป็นกล้ามเนื้อที่ใหญ่ที่สุด มีหน้าที่เหยียดเข่า ประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อ เรคทัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสทัส มีเดียลิส กล้ามเนื้อวาสทัส เลทเทอราลิส และกล้ามเนื้อวาสทัส อินเตอร์มีเดียส โดยที่กล้ามเนื้อเรคทัส ฟีมอริส ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ และนอกจากจะทำหน้าที่เหยียดเข่าแล้ว ยังทำหน้าที่เหยียดสะโพกอีกด้วย ส่วนใหญ่กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้านั้นมีกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส เป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ มีหน้าที่หลักคือ การเหยียดข้อเท้าเพื่อยกส้นเท้าให้พ้นพื้น ได้แก่ ในขณะวิ่ง และในขณะกระโดด

จากข้อสรุปของ Weineck จะเห็นได้ว่า ในการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดด การเคลื่อนที่ และหยุด จะต้องพัฒนากล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อพัฒนาความแข็งแรง และสมรรถภาพของกล้ามเนื้อเหล่านี้ จะต้องใช้ความหนักในระดับที่สามารถระดมเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมาทำงานได้

พลังกล้ามเนื้อขาทั้งหมดที่ใช้ในการกระโดดขึ้นในแนวดิ่งนั้น มาจาก

- กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก 40%
- กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า 24.2%
- กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า 35.8%

ดังนั้นจึงเป็นแนวทางในการเลือกท่าฝึกที่เหมาะสมกับท่าฝึกที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกและกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

Umberger (Umberger, 1998) ได้สรุปกายวิภาคของขาที่แสดงให้เห็นถึงข้อเท็จจริงสองประการ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องเป็นอย่างมากต่อประสิทธิภาพของการทำงานโดยใช้พลังกล้ามเนื้อขา

1. กล้ามเนื้อของขาหลายมัดที่ทอดข้ามข้อต่อมากกว่าหนึ่งข้อต่อ ซึ่งมีกล้ามเนื้อที่สำคัญได้แก่ เรคตัส ฟีมอรีส (Rectus femoris) แกสตรอคนีเมียส (Gastrocnemius) แฮมสตริงส์ (Hamstring) ซึ่งประกอบด้วย เซมิเมมเบรโนซัส (Semimembranosus) เซมิเทนดิโนซัส (Semitendinosus) และไปเซพส์ ฟีมอรีส (Biceps femoris)

2. น้ำหนักส่วนใหญ่ของกล้ามเนื้อขาจะตกอยู่ใกล้กับข้อต่อที่อยู่ใกล้กับลำตัวซึ่งก็คือสะโพก น้ำหนักส่วนน้อยของกล้ามเนื้อขาจะตกอยู่ใกล้กับข้อต่อที่อยู่ไกลจากลำตัวซึ่งก็คือเข่ากับข้อเท้า ดังนั้นในการทำงานของขา จึงมีการถ่ายโยงพลังจากกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณสะโพกไปยังกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณเข่าและข้อเท้า เพื่อเป็นการชดเชยลักษณะทางกายวิภาคที่ถูกกำหนดขึ้นมาตามธรรมชาติให้กล้ามเนื้อบริเวณข้อต่อที่อยู่ไกลจากลำตัวนั้นมีน้ำหนักน้อย

ในการกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งนั้น กล้ามเนื้อขามัดต่างๆจะทำงานต่อเนื่องกันเริ่มจากกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่าและกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ตามลำดับจนกว่าเท่าจะพ้นพื้น ซึ่งกล้ามเนื้อดังกล่าวจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น ก่อนจะหดตัวแบบความยาวลดลงอย่างรวดเร็ว

กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส ทอดข้ามข้อสะโพกและเข่าทางด้านหน้า มีหน้าที่งอสะโพกและเหยียดหัวเข่า

กล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ ทอดข้ามสะโพกและเข่าผ่านทางด้านหลัง มีหน้าที่เหยียดสะโพกและงอเข่า

กล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส ทอดข้ามเข่าและข้อเท้าทางด้านหลัง มีหน้าที่เหยียดข้อเท้า

ในขณะที่เริ่มต้นออกแรงเพื่อที่จะกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งนั้น กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส จะออกแรงเพื่อเหยียดเข่า แต่เนื่องจากเป็นกล้ามเนื้อที่ทอดข้ามสองข้อต่อ จึงมีการออกแรงเพื่องอ

สะโพกในเวลาเดียวกัน ส่วนกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์จะออกแรงเพื่อเหยียดสะโพก ก็จะมีการออกแรงเพื่องอเข่าในเวลาเดียวกัน การทำงานเช่นนี้เป็นไปในลักษณะที่ปลายข้างหนึ่งของกล้ามเนื้อมีความยาวเพิ่มขึ้น ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งมีความยาวลดลง ดังนั้นกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส และกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ จะทำงานด้วยความเร็วต่ำ จึงเกิดแรงมาก และสามารถถ่ายโยงไปยังเข่าได้ ส่วนกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียสซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ทอดข้ามสองข้อต่อเช่นเดียวกัน ก็จะมีการถ่ายโยงแรงไปยังข้อเท้าด้วย จากการวิเคราะห์ตามหลักชีวกลศาสตร์ พบว่าในปริมาณพลังกล้ามเนื้อทั้งหมดที่ใช้ในการรเหยียดเข่านั้น ได้รับการถ่ายโยงมาจากข้อสะโพก โดยผ่านกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส เป็นปริมาณ 21% และในปริมาณพลังกล้ามเนื้อทั้งหมดที่ใช้ในการเหยียดข้อเท้านั้น ได้รับการถ่ายโยงมากจากเข่าโดยผ่านกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส เป็นปริมาณ 25%

นอกจากนั้น Umberger (Umberger, 1998) ได้เสนอแนะว่า การที่จะวัดพลังกล้ามเนื้อที่ข้อต่อแต่ละข้อนั้น คงจะไม่ถูกต้องถ้าใช้การวัดโดยให้ข้อต่อแต่ละข้อทำงานเป็นอิสระต่อกัน และให้แนวคิดที่น่าเชื่อถือว่า วิธีการฝึกที่จะนำมาใช้นั้นจะต้องเลียนแบบหรือเหมือนกับกิจกรรมที่จะกระทำจริงๆ ซึ่งถ้าจะพัฒนาความสามารถในการกระโดดขึ้นไปแนวดิ่ง ก็จะต้องใช้ท่าฝึกที่ใช้กล้ามเนื้อขามัดต่างๆทำงานต่อเนื่องกันตามลำดับ ได้แก่ ท่าเพาเวอร์คลีน ท่าเพาเวอร์สแนทช์ ท่าแฮงค์คลีน หรือพลัยโอเมตริก

Heyward (Heyward, 1988) ได้เสนอแนะว่า ในการทดสอบความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซคิเนติกของกล้ามเนื้อสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้านั้น ให้ตั้งความเร็วของตัวหน่วงแรงที่ 30, 60 และ 30 องศาต่อวินาทีตามลำดับ

หลักการฝึกกีฬา

Bompa (Bompa, 1999b) ได้นำเสนอหลักของการฝึกกีฬาไว้ 5 ข้อ ดังนี้

1. หลักของการเพิ่มน้ำหนักแบบก้าวหน้าในการฝึก (Principle of progressive increase of load training) คือ ความก้าวหน้าของการเพิ่มน้ำหนักในการฝึก เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการวางแผนการฝึกของนักกีฬา ซึ่งควรคำนึงถึงระดับความสามารถของนักกีฬาแต่ละคนด้วย รวมไปถึงต้องคำนึงถึงความหนักของการออกกำลังกาย (Intensity) ปริมาณของการออกำลังกาย (Volume) ระยะเวลาในการออกกำลังกาย (Duration) และสุดท้ายคือระยะเวลาในการพักฟื้น (Recovery)

2. หลักของความเฉพาะเจาะจง (Principle of specificity) คือ การฝึกจะต้องมีความเฉพาะเจาะจงที่จะพัฒนาความแข็งแรงในชนิดกีฬานั้นๆ จึงต้องเลือกโปรแกรมการฝึกความแข็งแรงให้เหมาะสมต่อกิจกรรมการเคลื่อนไหว หรือทักษะกีฬาซึ่งควรพิจารณาดังนี้ คือ ระบบพลังงานหลักที่ต้องใช้ในชนิดกีฬานั้นๆ การเลือกฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ จะต้องให้สอดคล้องตรงกับการใช้พลังงาน เช่น การเลือกฝึกเพื่อที่จะใช้ในกีฬาที่ใช้ความเร็ว เช่น วิ่ง ฟุตบอล รักบี้ฟุตบอล เทนนิส ก็จะต้องฝึกพลังกล้ามเนื้อเป็นหลักให้ตรงกับกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้งาน

3. หลักของความแตกต่างของบุคคล (Principle of individualization) คือ ความแตกต่างระหว่างบุคคลในการฝึก ที่จะต้องคำนึงถึง คือระดับความสามารถของแต่ละบุคคล และพื้นฐานของการฝึกในแต่ละบุคคล ดังนั้นการฝึกในแต่ละบุคคลแม้จะเล่นกีฬาชนิดเดียวกัน การฝึกก็อาจไม่เหมือนกัน เพราะสมรรถภาพทางกายเริ่มต้นของแต่ละบุคคลไม่เท่ากัน การเข้าสู่โปรแกรมการฝึกต้องแตกต่างกันด้วยการฝึกจะได้ผลสูงสุดเมื่อโปรแกรมการฝึกได้สร้างไว้ให้ตอบสนองความต้องการของแต่ละบุคคล และความสามารถของผู้เข้ารับการฝึก

4. หลักของความหลากหลายในการฝึก (Principle of variety) คือ ความหลากหลายในการฝึก ที่มีรูปแบบที่แตกต่างกันไปในแต่ละโปรแกรม เพื่อช่วยให้นักกีฬาไม่เบื่อหน่ายกับการฝึกซ้อม ทั้งยังเพิ่มความรู้สึกกระตือรือร้นให้กับนักกีฬาอีกด้วย

5. หลักของการย้อนกลับ (Principle of reversibility) คือหลักของการใช้และไม่ใช้ (Law of use or no use) เมื่อกล้ามเนื้อได้รับการฝึกก็จะเกิดการพัฒนา แต่ในทางกลับกันถ้ากล้ามเนื้อที่เราเคยฝึกนั้น ไม่ได้รับการฝึกอีก หรือไม่ได้รับการพัฒนาขึ้นไปอีก กล้ามเนื้อก็จะกลับสู่สภาพเดิม สมรรถภาพทางกายบางประการ เช่นความแข็งแรง จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อหยุดฝึกซ้อมเพียง 2 สัปดาห์ ความสามารถในการทำงานลดลงอย่างชัดเจน และการพัฒนาการฝึกซ้อมหลายอย่างสูญเสียไปหลังจากการหยุดการออกกำลังกายจากการวิจัยพบว่า คนที่นอนเฉยๆ อยู่บนเตียง 20 วันติดต่อกันจะทำให้ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลง 25% หรือลดลงประมาณวันละ 1% และปริมาตรเลือดออกจากหัวใจในแต่ละครั้ง และปริมาณเลือดออกจากหัวใจในแต่ละนาทีลดลงอีกด้วย

ปัจจัยสำคัญของการฝึก

1. ปริมาณการฝึกซ้อม คือ ฟิต (FIT) ใช้พิจารณาระดับการฝึกซ้อม จะเกี่ยวกับบ่อยแค่ไหน (F=Frequency) หนักเท่าไหร่ (I=Intensity) และสุดท้ายใช้เวลานานเท่าไหร่ (T=Time) รวมถึงระยะเวลาในการออก (Duration)

2. ชนิดของการฝึกซ้อม ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ต้องฝึกระบบ กล้ามเนื้อโดยตรงปริมาณของการไหลเวียนโลหิตและการหายใจ ต้องฝึกระบบไหลเวียนโลหิต และระบบหายใจ

3. ปัจจัยภายใน (Endogenous) จะมีผลต่อการทำการทดลอง หรือออกกำลังกาย ได้แก่ พันธุกรรม ส่วนประกอบของร่างกายทั้งหมด รูปร่าง จิตใจ สภาพอารมณ์ จะมีผลต่อความสามารถทางกีฬา

4. ปัจจัยภายนอก (Exogenous) จะมีผลต่อการฝึกซ้อมกีฬา หรือออกกำลังกายเช่นกัน ได้แก่ อาหาร ภูมิอากาศ ความชื้น ความกดอากาศ และความสูง

5. อายุวัยต่างๆ มีความเหมาะสมกับประเภทกีฬาหรือการฝึกไม่เหมือนกัน เช่น การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อควรเริ่มเมื่ออายุ 12 ปีขึ้นไปแล้ว ช่วงวัยเด็ก วัยรุ่น และวัยผู้ใหญ่จะฝึกซ้อมได้ดี แต่เมื่ออายุเกิน 30 ปีไปแล้วการฝึกซ้อมจะได้ผลน้อยลง

6. เพศ ทั้งชายและหญิงมีเปอร์เซ็นต์ ของการตอบสนองต่อการฝึกซ้อมได้ใกล้เคียงกัน แต่ความสามารถทางกายของหญิงจะด้อยกว่าชาย

7. พรสวรรค์ ความสามารถในการรับการฝึกทักษะ และเทคนิคของแต่ละคนต่างกัน บางคนเร็วมาก บางคนช้ามาก

แนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนระยะยาวของการฝึกกล้ามเนื้อ

Conley and Rozenek (Conley & Rozenek, 2001) ได้สรุปว่า ในแต่ละครั้งของการฝึกโดยให้แรงต้าน (Resistance training) จะสังเกตได้ชัดว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะสูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ ได้แก่ ความหนักของการฝึก ปริมาณของการฝึก และกล้ามเนื้อที่ทำงาน เป็นต้น แต่เนื่องจากการฝึกด้วยการใช้แรงต้านเป็นการฝึกลักษณะไม่ต่อเนื่องมีการพักเป็นระยะๆ อัตราการเต้นของหัวใจ โดยเฉลี่ยที่วัดได้ในแต่ละครั้งของการฝึกโดยใช้แรงต้าน จึงไม่สามารถแสดงความหนักในการทำงานของระบบหัวใจ และหลอดเลือดได้อย่างแม่นยำ หรืออีกนัยหนึ่งไม่สามารถที่จะประมาณค่าความหนักของกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าการพัฒนาความสามารถที่เกิดจากการฝึกด้วยแรงต้านนั้น อาศัยหลักการที่เฉพาะเจาะจง (Principle of specificity of training) โดยที่การพัฒนาความสามารถที่เกิดขึ้นอย่างมากนั้นสังเกตได้จากการที่ผู้รับการฝึกแต่ละคนได้ปฏิบัติกิจกรรมที่คล้ายคลึงกับกิจกรรมที่ใช้ในการฝึก ซึ่งประกอบไปด้วยวิธีการฝึกที่นำมาใช้ รูปแบบของการเคลื่อนที่ ลักษณะของการทำงานของกล้ามเนื้อ ความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อ และมุมของข้อต่อ

McArdel and others (McArdle, Katch, & Katch, 1996) กล่าวว่า แนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนระยะยาวของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้น ได้เกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1972 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซีย ซึ่งนำมาเป็นหลักในการจัดโปรแกรมการฝึกให้กับนักกีฬาที่เพิ่งจะเริ่มเล่นรวมทั้งนักกีฬาชั้นนำด้วย แนวคิดนี้ได้มีการแบ่งระยะเวลาของการฝึกเป็นสามระยะ คือ แมคโครไซเคิล (Macrocycle) เมโซไซเคิล (Mesocycle) และไมโครไซเคิล (Microcycle) ซึ่งหมายถึงระยะเวลาของการฝึกที่แบ่งเป็นปี เดือน และสัปดาห์ ตามวัตถุประสงค์ของการแบ่งระยะเวลาของการฝึกออกเป็นส่วนๆ ก็คือ ให้มีการควบคุมเกี่ยวกับความหนักของการฝึก ปริมาณของการฝึก ความถี่ของการฝึก จำนวนชุด จำนวนครั้งและเวลาพัก เพื่อป้องกันปัญหาการซ้อมเกิน (Overtraining) ตลอดจนความเบื่อหน่ายที่เกิดขึ้นจากการฝึก นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการฝึกให้มีความหลากหลาย และทำให้เกิดความสามารถสูงสุดของนักกีฬาในขณะแข่งขันอีกด้วย

Stone and O'Bryant (Stone & O'Bryant, 1987) ได้เสนอแนะให้แบ่งช่วงเตรียม (Preparatory period) ออกเป็นสามระยะดังนี้

1. ระยะพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy phase)

ความหนัก	50-75%ของหนึ่งอาร์เอ็ม	
จำนวนครั้ง	8-12	ครั้ง

จำนวนชุด	3-5	ชุด

2. ระยะพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength phase)

ความหนัก	80-88%ของหนึ่งอาร์เอ็ม	
จำนวนครั้ง	5-6	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด

3. ระยะพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ (Power phase)

ความหนัก	90-95%ของหนึ่งอาร์เอ็ม	
จำนวนครั้ง	2-4	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด

Bompa (Bompa, 1993) ได้เสนอแนะการวางแผนระยะยาวของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อ โดยแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ดังนี้

1. ระยะการปรับตัวทางกายวิภาค (Anatomical adaptation phase) ใช้เวลา 8-10สัปดาห์ สำหรับนักกีฬาที่เพิ่งเริ่มเล่น และ 3-5 สัปดาห์ สำหรับนักกีฬาที่มีประสบการณ์มาแล้ว โดยใช้รูปแบบการฝึกแบบของการฝึกเป็นวงจร (Circuit training)

	นักกีฬาที่เพิ่มเริ่มเล่น		นักกีฬาที่มีประสบการณ์	
ความหนัก	30-40% ของหนึ่งอาร์เอ็ม		40-60%ของหนึ่งอาร์เอ็ม	
จำนวนท่าฝึก	9-12(15)	ท่า	6-9	ท่า
จำนวนรอบของการฝึก	12-3	รอบ	3-5	รอบ
ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก	20-25	นาที	30-40	นาที
เวลาพักระหว่างท่าฝึก	90	วินาที	60	วินาที
เวลาพักระหว่างรอบ	2-3	นาที	1-2	นาที
ความถี่ของการฝึก	2-3	ครั้ง/สัปดาห์	3-4	ครั้ง/สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ระยะพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy phase) ใช้เวลา 4-6 สัปดาห์

ความหนัก	70-80%ของหนึ่งอาร์เอ็ม	
จำนวนท่าฝึก	6-9	ท่า
จำนวนครั้ง	6-12	ครั้ง
จำนวนชุด	4-8 (8)	ชุด
เวลาพัก	3-5	นาที
จังหวะการยก	ช้าถึงปานกลาง	
ความถี่	2-4	ครั้งต่อสัปดาห์

สำหรับนักกีฬาประเภทที่ไม่ต้องการพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ได้แก่ กีฬาที่มีการแบ่งรุ่นโดยน้ำหนักตัว ก็ไม่ต้องฝึกระยะที่ 2 นี้

3. ระยะพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximum strength phase) ใช้เวลา 9 สัปดาห์

ความหนัก	80-100%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนท่าฝึก	3-5	ท่า
จำนวนครั้ง	1-4	ครั้ง
จำนวนชุด	6-10 (12)	ชุด
เวลาพัก	3-6	นาที
จังหวะการยก	เร็ว	
ความถี่	2-3 (4)	ครั้งต่อสัปดาห์

4. ระยะเปลี่ยน (Conversion phase) หลังจากที่ได้พัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อแล้ว ก็เป็นการเปลี่ยนความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อไปเป็นพลังกล้ามเนื้อในลักษณะต่างๆ ที่ต้องการใช้ในการแข็งขันกีฬาแต่ละชนิด ดังนี้

4.1 พลังกล้ามเนื้อ (Power) ใช้เวลา 4-5 สัปดาห์

ความหนัก		
กีฬาที่ใช้ความพยายามซ้ำๆกัน	30-50%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
กีฬาที่ใช้ความพยายามครั้งเดียว	50-80%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนท่าฝึก	2-4 (5)	ท่า
จำนวนครั้ง	4-10	ครั้ง
จำนวนชุด	3-6	ชุด
เวลาพัก	2-6	นาที
จังหวะการยก	เร็ว	
ความถี่	2-3	ครั้งต่อสัปดาห์

4.2 พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ (Power endurance) ใช้เวลา 4-6 สัปดาห์

ความหนัก	70-85	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนท่าฝึก	2-3	ท่า
จำนวนครั้ง	15-30	ครั้ง
จำนวนชุด	2-4	ชุด
เวลาพัก	8-10	นาที
จังหวะการยก	เร็วมาก	
ความถี่	2-3	ครั้งต่อสัปดาห์

5. ระยะคงสภาพกล้ามเนื้อ (Maintenance phase) การฝึกกล้ามเนื้อในระยะนี้เป็นการฝึกในระยะแข่งขัน (Competitive phase) ซึ่งจำเป็นต้องมีการฝึกเพื่อคงสภาพกล้ามเนื้อไว้ไม่ให้ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อลดลง โดยการฝึกกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลัก (Prime movers) ความถี่ของการฝึก 2-4 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความสามารถของนักกีฬาและใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งน้อย

6. ระยะการหยุดฝึก (Cessation phase) โดยการหยุดฝึกด้วยน้ำหนัก ก่อนการแข่งขันที่สำคัญ 5-7 วัน เพื่อใช้พลังงานทั้งหมดไปในการแข่งขัน

Wathen and Roll (Wathen & Roll, 1994) ได้เสนอแนะให้แบ่งช่วงเวลาของการฝึกออกเป็นสามช่วง ซึ่งมีการฝึกเฉพาะในส่วนของการฝึกด้วยน้ำหนัก มีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ช่วงเตรียม (Preparatory period) แบ่งเป็นสามระยะคือ

1.1 ระยะพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ/ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Hypertrophy/Endurance phase) ใช้เวลา 1-6 สัปดาห์ ใช้ความหนักในระดับต่ำและจำนวนครั้งมาก วัตถุประสงค์ของการฝึกในระยะนี้คือ พัฒนาความอดทนของระบบกล้ามเนื้อและระบบการเผาผลาญอาหาร (Metabolic)

1.2 ระยะพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength phase) ใช้ความหนักเกินกว่า 80% ของหนึ่งอาร์เอ็ม หรืออยู่ระหว่างห้าอาร์เอ็มถึงแปดอาร์เอ็ม

1.3 ระยะพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ (Power phase) ใช้ความหนักเกินกว่า 90% ของหนึ่งอาร์เอ็ม หรืออยู่ระหว่างสองอาร์เอ็มถึงสี่อาร์เอ็ม

2. ช่วงแข่งขัน (Competition period) ใช้เวลา 1-3 สัปดาห์ ส่วนกีฬาประเภททีมอาจจะใช้เวลาหลายเดือน สำหรับกีฬาที่ต้องการความสามารถสูงสุดของนักกีฬาในช่วงแข่งขันสั้นๆ นั้น ให้ใช้ความหนักในระดับสูงมาก และจำนวนครั้งน้อยมาก

3. ช่วงการส่งผ่าน (Transition period) เป็นช่วงที่ไม่มีความเครียดจากการฝึกหรือการแข่งขัน ใช้การฝึกเป็นกิจกรรมนันทนาการที่มีความหนักในระดับต่ำ และจำนวนครั้งน้อย

McArdle and others ได้เสนอแนะให้แบ่งระยะเวลาของการฝึกความแข็งแรงในระยะเวลาหนึ่งปี ออกเป็นสี่ระยะ คือ

1. ระยะเตรียม (Preparation phase) ใช้เวลาสามเดือน

ความหนัก	50-80%ของหนึ่งอาร์เอ็ม	
จำนวนครั้ง	8-12	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด

2. ระยะส่งผ่านครั้งที่1 (First transition phase) ใช้เวลาสามเดือน

ความหนัก	80-90%ของหนึ่งอาร์เอ็ม	
จำนวนครั้ง	5-6	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด

3. ระยะแข่งขัน (Competition phase) ใช้เวลาสามเดือน

ความหนัก	90-95%ของหนึ่งอาร์เอ็ม	
จำนวนครั้ง	2-4	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด

4. ระยะส่งผ่านครั้งที่2 (Second transition phase) หรือระยะเวลาของการพักฟื้น (Recuperation period) ใช้เวลาสามเดือน เป็นระยะเวลาที่เน้นไปที่กิจกรรมนันทนาการ เป็นกิจกรรมที่ใช้ความหนักในระดับต่ำเพื่อการพักฟื้น และเตรียมตัวเข้าสู่ระยะเวลาของการฝึกในปีต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Pearson and Mazzetti (Pearson & Mazzetti, 1999) ได้เสนอแนะให้แบ่งระยะของการฝึกด้วยน้ำหนัก ในระยะ 12 สัปดาห์ ดังนี้

1. ระยะเตรียมทั่วไป (General preparatory phase) ใช้เวลา 2 สัปดาห์

ความหนัก	12	อาร์เอ็ม
จำนวนชุด	3	ชุด
เวลาพัก	60-120	วินาที

2. ระยะพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy phase) ใช้เวลา 4 สัปดาห์

ความหนัก	8-10	อาร์เอ็ม
จำนวนชุด	3	ชุด
เวลาพัก	45-90	วินาที

3. ระยะพัฒนาความแข็งแรง (Strength phase) ใช้เวลา 4 สัปดาห์

ความหนัก	6-8	อาร์เอ็ม
จำนวนชุด	3-4	ชุด
เวลาพัก	1-2	นาที

4. ระยะความแข็งแรงและพลังสูงสุด (Peak phase) ใช้เวลา 2 สัปดาห์

ความหนัก	3-6	อาร์เอ็ม
จำนวนชุด	2-3	ชุด
เวลาพัก	1-2	นาที

O'Shea (O'Shea, 2000) ได้เสนอแนะวงจร (Cycle) ของการฝึกด้วยน้ำหนัก ไว้ดังนี้

1. วงจรปรับสภาพทั่วไป (Conditioning cycle) ใช้เวลา 3-5 สัปดาห์ แต่ถ้าหยุดการฝึกซ้อมเกินกว่า 2 เดือน ให้เพิ่มเป็น 6-8 สัปดาห์

ความหนัก	60-70%ของ 10	อาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	10	ครั้ง
จำนวนชุด	3-4	ชุด

2. วงจรความแข็งแรงพื้นฐาน (Base strength cycle) ใช้เวลา 3-6 สัปดาห์

ความหนัก	70-80%ของ 5	อาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	5	ครั้ง
จำนวนชุด	3-4	ชุด

3. วงจรความแข็งแรงและพลัง (Strength & power cycle) ใช้เวลา 3-4 สัปดาห์

ความหนัก	80-90%ของ 5 อาร์เอ็ม	
จำนวนครั้ง	2-3	ครั้ง
จำนวนชุด	2-3	ชุด

4. วงจรพลังสูงสุด (Peak power cycle) ใช้เวลา 2-3 สัปดาห์

ความหนัก	ตั้งแต่ 90%ขึ้นไป ของ 5 อาร์เอ็ม	
จำนวนครั้ง	1-2	ครั้ง
จำนวนชุด	2-3	ชุด

5. วงจรแข่งขันหรือคงสภาพ (Competitive or maintenance cycle) ใช้เวลา 12 สัปดาห์

ความหนัก	70-90%ของ 10 อาร์เอ็ม	
จำนวนครั้ง	2-7	ครั้ง
จำนวนชุด	2-3	ชุด

6. วงจรโดยมีกิจกรรม (Active rest cycle) ใช้เวลา 2-8 สัปดาห์

ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั้น จำเป็นต้องมีการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วออกมาให้มากที่สุด ดังนั้นต้องใช้ความหนักตั้งแต่ 90% ขึ้นไปของหนึ่งอาร์เอ็ม ซึ่งในขณะที่ยกนั้นต้องคิดถึงความแข็งแรงและความเร็ว เพื่อให้การทำงานของกล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพมากที่สุด และการฝึกในวงจรพลังสูงสุดนั้น ไม่ควรใช้เวลาในการฝึกเกินกว่า 3 สัปดาห์

Pearson and Mazzetti (Pearson & Mazzetti, 1999) ได้สรุปความคิดเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกระยะยาวว่า ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อนั้น สามารถกำหนดวงจรของการฝึก ได้มากกว่าหนึ่งวงจรต่อปี โดยทั่วไปจะใช้สามวงจรต่อปี ดังนั้นแนวคิดเกี่ยวกับความหลากหลายของการฝึกจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการวางโปรแกรมการฝึกตลอดปี ซึ่งต้องอาศัยความสอดคล้องกันระหว่างความหนักของการฝึก ปริมาณของการฝึก เวลาพัก และกิจกรรมการฝึกหรือท่าฝึก

จากการที่มีผู้ศึกษาพบว่า การพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นในระยะ 3-4 สัปดาห์แรกของการฝึกนั้นเกิดจากการปรับตัวของระบบประสาท (Neurological adaptations) เป็นสำคัญ ส่วนการพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อนั้น จะสังเกตได้ชัดหลังจากการฝึก 8-12 สัปดาห์

สำหรับท่าฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อมัดใหญ่นั้น ควรจะนำมาใช้เป็นท่าฝึกในลำดับแรกของการฝึกในแต่ละวัน และท่าฝึกในลักษณะดังกล่าว ได้แก่ ท่าแบกน้ำหนักย่อตัว ควรจะนำมาใช้ในโปรแกรมการฝึกไม่เกินสองครั้งต่อสัปดาห์

ผลของการตอบสนองของร่างกายต่อการฝึกซ้อม

กลไกในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Mechanism of muscular contraction)

Bompa (Bompa, 1999a) กล่าวว่า จากทฤษฎีการเลื่อนซ้อนกันของเส้นใยเล็กๆในกล้ามเนื้อ (The sliding filament theory) อธิบายได้ว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกี่ยวข้องกับกลไกการเลื่อนซ้อนกันของไมโอซิน และแอกติน จึงถูกเรียกว่าทฤษฎีการเลื่อนซ้อนกันของเส้นใยเล็กๆในกล้ามเนื้อซึ่งจะทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ (The sliding filament theory of contraction) โดยแอกตินหกเส้นจะไปล้อมรอบไมโอซินหนึ่งเส้น ซึ่งไมโอซินจะมีก้านเล็กๆที่จะยื่นไปยังแอกติน เรียกว่าครอสบริดจ์ (Cross bridge) กระแสประสาทที่ส่งมาจากศูนย์สั่งการ (Motor nerve) จะไปกระตุ้นเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมด ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้นส่งผลให้แอกตินไปเชื่อมกับครอสบริดจ์ของไมโอซิน และการเชื่อมนี้จะหลุดออกจากกัน โดยที่ครอสบริดจ์ได้มีการปลดปล่อยของพลังงาน ส่งผลให้ครอสบริดจ์ไปดึงหรือเลื่อนไมโอซินไปบนแอกติน ซึ่งการเลื่อนนี้เองเป็นการทำให้กล้ามเนื้อหดตัวสั้นเข้า (Contract) จึงทำให้เกิดแรงขึ้น เมื่อการกระตุ้นนี้จบลงไมโอซินและแอกตินจะแยกกันจึงทำให้กล้ามเนื้อเหยียดออกสู่ภาวะปกติ และการหดตัวสิ้นสุดลง การทำงานของครอสบริดจ์นี้จะอธิบายได้ว่าทำไมการสร้างแรงจากกล้ามเนื้อจึงขึ้นอยู่กับความยาวของกล้ามเนื้อก่อนที่จะหดตัว ซึ่งจะพบว่าความยาวของกล้ามเนื้อที่เหมาะสมในการหดตัวในการหดตัวนั้น คือความยาวขณะพัก เพราะว่าทุกๆ ครอสบริดจ์ สามารถที่จะเชื่อมกับแอกตินได้ ส่งผลให้เกิดความตึงสูงสุดในกล้ามเนื้อ ดังนั้นเมื่อความยาวของกล้ามเนื้อก่อนที่หดตัวนั้นสั้นกว่า ความยาวภาวะปกติมาก ก็จะทำให้แรงในการหดตัวลดลง ซึ่งในกล้ามเนื้อที่มีการหดตัวอยู่แล้วนั้น ไมโอซิน และแอกตินจะทำการเชื่อมไปแล้วทำให้เหลือครอสบริดจ์ ที่ว่างอยู่เพียงเล็กน้อยที่จะไปดึง แอกติน จึงทำให้เกิดความตึงและแรงที่น้อย และเมื่อกล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกมากกว่าความยาวระยะพักก็จะทำให้เกิดแรงในการหดตัวน้อยเช่นกัน เนื่องจากแอกตินอยู่ไกลเกินไปจากครอสบริดจ์ เพื่อที่จะเชื่อมกันและทำให้กล้ามเนื้อหดตัว จึงสรุปได้ว่าแรงในการหดตัวนั้นจะลดลงเมื่อความยาวของกล้ามเนื้อนั้นสั้นหรือยาวไปกว่าความยาวระยะพัก โดยพบว่าแรงสูงสุดในการหดตัว จะเกิดขึ้นเมื่อการหดตัวนั้นเริ่มด้วยมุมของข้อต่อที่ประมาณ 110-120 องศา

หน่วยยนต์ (The motor unit)

Bompa (Bompa, 1999a) กล่าวว่า ประสาทยนต์ (Motor nerve) จะมีเส้นใยประสาทสั่งการที่เข้าไปยังกล้ามเนื้อโดยสามารถที่จะไปเกาะเส้นใยกล้ามเนื้อได้ตั้งแต่หนึ่งเส้นจนถึงหลายๆพันเส้น โดยทุกๆเส้นใยกล้ามเนื้อจะถูกกระตุ้นด้วยเส้นใยประสาทสั่งการที่ไปสั่งการเท่านั้นซึ่งจะทำให้เกิดการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้ออย่างพร้อมเพียงกัน ดังนั้น หนึ่งประสาทยนต์รวมกับเส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกสั่งการโดยประสาทยนต์นี้จะหมายถึง หนึ่งหน่วยยนต์ (A motor unit) โดยเมื่อประสาทยนต์ถูกกระตุ้น กระแสประสาทจะส่งไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อภายในหน่วยยนต์นั้น โดยกระแสประสาทอาจจะแพร่กระจายไปยังทุกๆเส้นใยกล้ามเนื้อ หรือไม่แพร่กระจายเลย ขึ้นอยู่กับว่าประสาทยนต์ ถูกกระตุ้นถึงระดับกั้น (Threshold) หรือไม่ เป็นไปตาม กฎไม่หรือทั้งหมด (all-or-none law) ดังนั้นถ้ามีการกระตุ้นประสาทยนต์ด้วยกระแสประสาทที่อ่อนแต่ถึงระดับกั้นก็สามารถสร้างความตึง

จากหน่วยยนต์ได้เท่ากับการกระตุ้นด้วยกระแสประสาทที่มาก แต่กฎไม่หรือทั้งหมดนี้ไม่สามารถใช้กับกล้ามเนื้อทั้งมัดได้ เพราะถึงแม้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อจะตอบสนองต่อการกระตุ้นต่อหนึ่งประสาทยนต์ซึ่งเป็นเพียงแค่หนึ่ง หน่วยยนต์เท่านั้น แต่ก็ใช้ว่าทุกๆหน่วยยนต์ในกล้ามเนื้อมัดนั้นจะถูกกระตุ้นขณะที่กำลังหดตัว ซึ่งจำนวนของหน่วยยนต์ที่สามารถถูกกระตุ้นมาใช้ในการหดตัว จะขึ้นอยู่กับแรงต้านที่มากระทำกับกล้ามเนื้อ เช่น แรงต้านที่น้อยก็จะมีการระดมจำนวนของหน่วยยนต์ได้น้อย และแรงในการหดตัวก็เกิดน้อยเช่นกัน ในทางตรงกันข้าม แรงต้านที่มากก็จะมีการระดมจำนวนของหน่วยยนต์ได้หมดหรือเกือบจะทั้งหมดที่มีในกล้ามเนื้อมัดนั้น จึงส่งผลให้เกิดการสร้างแรงได้สูงสุด โดยจะพบว่าจำนวนของหน่วยยนต์ในกล้ามเนื้อจะถูกระดมมาใช้จากน้อยไปมากตามลำดับของแรงต้านที่มากระทำกับกล้ามเนื้อจากน้อยไปมาก ดังนั้นทางเดียวที่จะฝึกให้ทุกๆหน่วยยนต์ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อมัดนั้นทำงานก็คือ การใช้แรงต้านสูงสุดมาฝึก โดยแรงที่สร้างขึ้นจากกล้ามเนื้อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ

1. จำนวนของหน่วยยนต์ที่จะสามารถถูกระดมมาใช้ได้ในขณะกล้ามเนื้อหดตัว
2. จำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีอยู่ในหน่วยยนต์ ยิ่งมีจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อในหน่วยยนต์มากเท่าไหร่ก็ยิ่งสร้างแรงได้มากเท่านั้น ซึ่งจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อในหน่วยยนต์จะถูกกำหนดโดยพันธุกรรม จึงตอบคำถามได้ว่าทำไมบางคนถึงเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ง่ายจากการฝึก นอกจากนี้หน่วยยนต์ที่ถูกกระตุ้นเพื่อตอบสนองโดยการหดตัวอย่างรวดเร็วแล้วตามด้วยการคลายตัวหรือจะเรียกว่า การทวิทช์ (Twitch)

การระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย (Recruitment of muscle fibers during exercise)

Powers and walker (Powers & Walker, 1982) ได้กล่าวว่าระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายจะแปรผันตรงกับจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกเรียกใช้เพื่อทำให้เกิดแรงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายนั้นๆ เช่นการเดินช้าๆอาจจะมีการเรียกใช้เส้นใยกล้ามเนื้อขาน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกระบวนการที่มีการเรียกใช้จำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้นเพื่อให้กล้ามเนื้อสร้างแรงได้มากขึ้นจะเรียกว่า การระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Fiber recruitment) นอกจากนี้จะพบว่าการออกกำลังกายที่มีระดับความเข้มข้นต่ำจะมีการระดมเฉพาะเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า แต่เมื่อมีระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้น ก็จะมีการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้นด้วย จากชนิด หดตัวช้าเป็นชนิดผสมและชนิดหดตัวเร็วในที่สุด เช่น การฝึกยกน้ำหนักจะมีการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วในปริมาณมาก

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อจากการฝึกด้วยน้ำหนัก (Physiological changes due to weight training)

Powers and walker กล่าวว่าเรารู้กันแล้วว่าโปรแกรมที่ฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงนั้น เราจะฝึกเพื่อเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Muscular size) และเพื่อให้มีการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อได้มากขึ้น ซึ่งการฝึกความแข็งแรงนั้นจะเปลี่ยนแปลงทั้ง 2 ปัจจัยดังนี้ คือความแข็งแรงที่ได้จากการฝึกจะเกิดมา

จากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อที่มากขึ้นก่อน แล้วจึงเกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของขนาดกล้ามเนื้อ โดยการเพิ่มขึ้นของขนาดกล้ามเนื้อนั้นมาจากการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) เป็นหลัก นอกจากนี้การฝึกความแข็งแรงนั้นจะมีผลต่อการสร้าง เส้นใยกล้ามเนื้อขึ้นมาใหม่ (Hyperplasia) น้อยมาก ซึ่งการสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อขึ้นมาใหม่ จากการฝึกความแข็งแรงนี้ยังคงไม่ได้ข้อสรุปที่แน่นอน นอกจากนี้จะพบว่าการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีการเคลื่อนไหวเต็มมุมการเคลื่อนไหว จะช่วยพัฒนาความอ่อนตัวด้วย

Keul and others (Keul, Stockhausen, Pokan, Huonker, & Berg, 1991) ได้ทำการตรวจการปรับสภาพทางการเผาผลาญอาหารเพื่อเป็นพลังงานระบบหัวใจและหลอดเลือด ในนักกีฬาเทนนิสอาชีพ 14 คน (ชาย 7 คนอายุ 23 ± 3 ปี หญิง 7 คน อายุ 18 ± 2 ปี) พบว่ามีปริมาตรหัวใจเพิ่มขึ้น 20-30% เมื่อเปรียบเทียบกับคนที่ไม่ได้รับการฝึก และมีการเพิ่มของปริมาตรเลือดหลังหัวใจคลายตัว(end-diastolic volume) และปริมาตรเลือดหลังหัวใจบีบตัว (end-systolic volume) ขนาดกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างซ้าย และปริมาตรเลือดที่หัวใจส่งออกแต่ละครั้ง การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “หัวใจนักกีฬา” (athlete’s heart) นอกจากนั้น ครูล์ และคณะพบว่านักกีฬาเหล่านี้สามารถทำการทดสอบโดยเครื่องลู่กลได้ผลดี เมื่อนำการฝึกแบบอินเทอร์วาลและการฝึกความอดทนมาเสริมการฝึกกีฬาเทนนิสปกติ ซึ่งแสดงให้เห็นจากจุดเริ่มการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิคมาเสริมการสร้างพลังงานแบบแอโรบิค (anaerobic threshold) ดีขึ้น ซึ่งสะท้อนให้เห็นต่อไปว่ามีการปรับตัวเชิงสรีรวิทยาเกิดขึ้น

Vodak and others (Vodak, Savin, Haskell, & Wood, 1980) ได้ทำการตรวจลักษณะของระบบการไหลเวียนโลหิตและการหายใจ ในคนวัยกลางคนจำนวน 50 คน ที่มีทักษะการเล่นเทนนิสดีโดยเล่นเทนนิสอย่างเดียวเป็นประจำ เป็นชาย 25 คน (อายุ 42 ± 6.0 ปี) และหญิง 25 คน (อายุ39 ± 3.3 ปี) มีค่าเฉลี่ย VO_2max (ชาย 50.2 ± 5.7 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที หญิง 44.2 ±5.4 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) สูงกว่าที่ได้มีการรายงานไว้ก่อนหน้านี้ในคนวัยกลางคนที่ไม่ได้ฝึก แต่น้อยกว่านักวิ่งวัยกลางคน นอกจากนี้นักกีฬาเทนนิสชายและหญิงมีค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก 54.0 ± 5.8 ครั้ง/นาที และ 61.0 ± 8.4 ครั้ง/นาทีตามลำดับ โวแดก และคณะ กล่าวว่าอัตราการเต้นของหัวใจดังกล่าวมีค่าต่ำกว่ากลุ่มคนวัยกลางคนที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายประมาณ 10 ครั้ง/นาที และสิ่งที่สังเกตได้อีกอย่างคือนักกีฬาเทนนิสมีค่าของความดันโลหิตต่ำกว่าคนในวัยและพื้นที่เดียวกันที่ได้เลือกมาศึกษา

Powers and walker (Powers & Walker, 1982) รายงานว่าในกลุ่มเด็กมัธยมหญิง ที่มีการฝึกเทนนิสและแข่งขันเป็นประจำ มีค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิต และเปอร์เซ็นต์ไขมันในระดับปกติ อย่างไรก็ตามนักกีฬาหญิงเหล่านี้มีค่าความจุปอดและการนำอากาศเข้าออกจากปอดสูงสุด (121.2 ± 3.5 ลิตร/นาที) สูงกว่าที่เคยรายงานไว้ในกลุ่มหญิงช่วงอายุเดียวกันที่ไม่ได้รับการฝึก นอกจากนี้ยังมีค่าสมรรถภาพแอโรบิคหรือ VO_2max (48.0 ± 2.1 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) สูงกว่าคนทั่วไปกลุ่มอายุเดียวกัน และสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับนักกีฬาหญิงประเภทอื่น ๆ เช่น บาสเกตบอล ฮอกกี้ และสเก็ตน้ำแข็ง

Ferrauti and others (Ferrauti, Weber, & sturder, 1997) ทำการศึกษาผลการฝึกเทนนิสระยะยาวต่อค่าไลโปโปรตีน ในนักเทนนิสที่เล่นเพื่อนันทนาการวัยกลางคน มีสุขภาพแข็งแรง จำนวน 22 คนทำการฝึกเทนนิสโดยเน้นให้มีการวิ่งอย่างหนัก (Running intensive) ช่วงละ 90 นาที 3 ช่วง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ คณะผู้วิจัยดังกล่าวพบว่ามีการลดลงของน้ำหนักตัวเพิ่มจุดเริ่มการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิคมาเสริมแอโรบิค คลอเรสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ อัตราส่วนระหว่างคลอเลสเตอรอลรวมต่อคลอเรสเตอรอลที่เกาะอยู่กับไลโปโปรตีนที่มีค่าความหนาแน่นสูง (TC/HDL-C) มีค่าต่ำกว่าคนทั่วไป ข้อมูลเหล่านี้ให้ข้อเสนอแนะว่า การฝึกเทนนิสมีการวิ่งมากหรือความหนักที่พอเพียง ช่วงพักสั้น ทำให้หลอดเลือดมีผนังที่แข็งแรงไม่ยอมให้มีการสะสมของไขมันใต้ผนังของหลอดเลือดได้ง่าย(Antiatherogenic adaptations) เช่นเดียวกับโปรแกรมการฝึกแอโรบิคเป็นประจำ (เช่น วิ่งเหยาะ ว่ายน้ำ และขี่จักรยาน) จากหลักฐานดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าการเล่นเทนนิส (และฝึกเทนนิส) เป็นประจำ จะช่วยพัฒนาและรักษาระดับสมรรถภาพหัวใจและหลอดเลือด

การฝึกพลังอดทนของกล้ามเนื้อ

Bompa (Bompa, 1993) ได้เสนอรูปแบบการฝึกพลังอดทนของกล้ามเนื้อดังนี้

ความหนัก	70-85%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	15-20	ครั้ง
จำนวนเซต	2-4	เซต
เวลาพักระหว่างเซต	3-5	นาที
จังหวะในการยก	เร็ว	
ความถี่	2-3	ครั้ง/สัปดาห์

Bompa (Bompa, 1999b) กล่าวว่า พลังอดทนของกล้ามเนื้อ คือการที่กล้ามเนื้อสามารถออกแรงซ้ำๆ หลายๆครั้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือการที่นักกีฬาสามารถรักษาการออกแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดการแข่งขัน จึงได้นำเสนอรูปแบบฝึกพลังอดทนของกล้ามเนื้อดังนี้

ความหนัก	50-70%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	15-30	ครั้ง
จำนวนเซต	2-3	เซต
เวลาพักระหว่างเซต	5-7	นาที
จังหวะในการยก	เร็ว	
ความถี่	2-3	ครั้ง/สัปดาห์

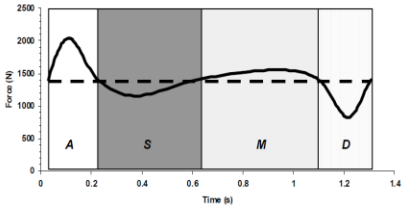
CHULALONGKORN UNIVERSITY

และต่อมาBompa (Bompa, 2005) ได้พัฒนารูปแบบการฝึกพลังกล้ามเนื้อ และนำเสนอรูปแบบการฝึกพลังอดทนกล้ามเนื้อดังนี้

ความหนัก	30-50%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	15-30	ครั้ง
จำนวนเซต	2-4	เซต
เวลาพักระหว่างเซต	3-5	นาที
จังหวะในการยก	เร็ว	
ความถี่	2-3	ครั้ง/สัปดาห์

การฝึกด้วยแรงดันอากาศ

Lander and others (Lander, Bates, Sawhill, & Hamill, 1985) กล่าวว่ารูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบนช์ เพรส (Bench press) ด้วยความหนัก 90% ของความแข็งแรงสูงสุดจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ดังที่แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งช่วงแรกจะเรียกว่าช่วงความเร่ง (The acceleration phase) ซึ่งช่วงนี้จะใช้เวลาทั้งหมด 16 % แรกของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริค และพบว่าจะมีการเกิดแรงสูงสุดในช่วงนี้ ช่วงที่ 2 ที่จะตามมาคือ ช่วงที่แรงที่ใช้ในการออกแรงยกจะน้อยกว่าแรงต้านของบาร์เบลล์ และใช้เวลาต่อจากช่วงแรกคือ 16 % จนถึง 42% ของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริค ช่วงนี้จะถูกเรียกว่าช่วงสติคกิ้ง (Sticking region) เนื่องจากแรงที่ใช้ในการยกน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์จึงทำให้สูญเสียความเร็วในการดันขึ้น และช่วงต่อมาคือจะใช้เวลาตั้งแต่ 42% จนถึง 82% ของเวลาทั้งหมด โดยจะพบว่าในช่วงนี้จะเป็นอีกครั้งหนึ่งที่แรงที่ใช้ในการยกจะมากกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ และเรียกช่วงที่ 3 นี้ว่า ช่วงของความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength region) ต่อมาคือช่วงสุดท้ายที่จะใช้เวลา 18 % สุดท้ายของเวลาทั้งหมด โดยเรียกช่วงนี้ว่า ช่วงความหน่วง (The deceleration phase) ซึ่งจะพบว่าในช่วงนี้แรงที่ใช้ในการยกจะน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ เช่นเดียวกับวิลสัน (Wilson, 1994) กล่าวว่ารูปแบบของแรงนั้นมีลักษณะเดียวกับรูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากในท่าฝึกสควอทด้วยความหนัก 30% ของความแข็งแรงสูงสุด ที่จะเกิดแรงที่มากในตอนแรกที่ยก เนื่องจากมีโมเมนตัม (Momentum) เกิดขึ้น และการออกแรงตลอดมุมการเคลื่อนไหวที่เหลือจะเกิดขึ้นน้อย โดยจะเกิดมีช่วงของการหน่วง (Deceleration) ในช่วงท้ายของการยกเพื่อหยุดน้ำหนักไว้ นั้นจึงหมายถึงว่าระดับของแรงที่สูงจะเกิดเพียงเล็กน้อยของมุมการเคลื่อนไหว ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงกราฟของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบนช์ เพรส (Bench press) A คือ Acceleration phase, S คือ Sticking Region, M คือ Maximum strength region และ D คือ Deceleration phase (Lander et al., 1985**)**

แรงต้านที่เปลี่ยนแปลงได้เหมาะสมตลอดมุมการเคลื่อนไหว หรือคงที่ตลอดมุมการเคลื่อนไหว (Variable resistance)

David and others (David, Cronin, & Newton, 2010) กล่าวว่าจากการที่ได้มีการพยายามพัฒนาสร้างเครื่องมือในการฝึกรูปแบบใหม่ที่เอาชนะการเสียเปรียบทางกลไกของการยกน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวทจึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายแรงต้านที่เปลี่ยนแปลงได้เหมาะสมตลอดมุมการเคลื่อนไหว (Variable resistance device) ที่จะช่วยปรับแรงต้านในขณะการเคลื่อนไหวให้เหมาะกับการเปลี่ยนแปลงของข้อต่อ และช่วยชดเชยความเร่งที่เสียไป เนื่องจาก Baker (Baker et al., 2001) กล่าวว่าแรงต้านจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนไหวของข้อต่อ จากการยกหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายฟรีเวทอย่างเดียว ทำให้เกิดช่วงของความหน่วง 67% ของช่วงคอนเซ็นตริค ซึ่งทำให้แรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงช่วงคอนเซ็นตริคหายไป 19.4% ของความแข็งแรงสูงสุด

นิวแมททิค (Pneumatic)

David and others (David et al., 2010) กล่าวว่านิวแมททิค หมายถึง ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับอากาศ หรือใช้อากาศ โดยแรงต้านที่มาจากลมจะมีลักษณะเหมือนกับแรงต้านที่มาจากยางยืด โดยที่อุปกรณ์แรงต้านจากลม (Pneumatic devices) จะให้แรงต้านโดยไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ แต่จะขึ้นอยู่กับแรงดันของอากาศที่สร้างขึ้น และพื้นที่ที่แรงดันนั้นกดลง ดังแสดงในสมการที่ 1 โดยเดนนิส ไกเซอร์ ผู้ก่อตั้งเทคโนโลยีนิวแมททิค เรียกว่าเครื่อง ไกเซอร์ ได้ออกแบบเครื่องมือนี้ขึ้นทำให้ผู้ฝึกไม่ต้องออกแรงเอาชนะความเฉื่อยจากน้ำหนักของวัตถุที่ใช้ยก เป็นผลให้มีความเร็วในการเคลื่อนไหวมากกว่าการใช้ฟรีเวทเมื่อแรงต้านที่ให้เท่ากัน

สมการที่ 1

$$P = \frac{F\ (Pneumatic)}{A}$$ โดย

P คือ ความดันอากาศ (Air pressure)

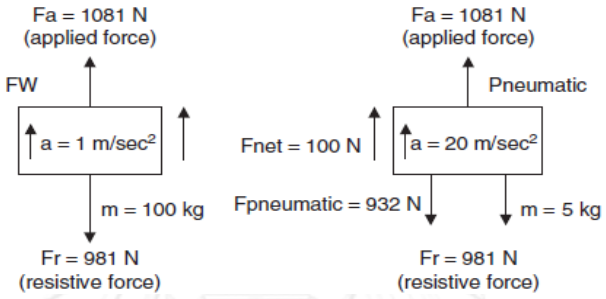
F (Pneumatic) คือ แรงลัพธ์ทั้งหมด (Resultant force)

A คือพื้นที่ที่ซึ่งอากาศกดลง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

ความเร่ง และแรง (Acceleration and force)

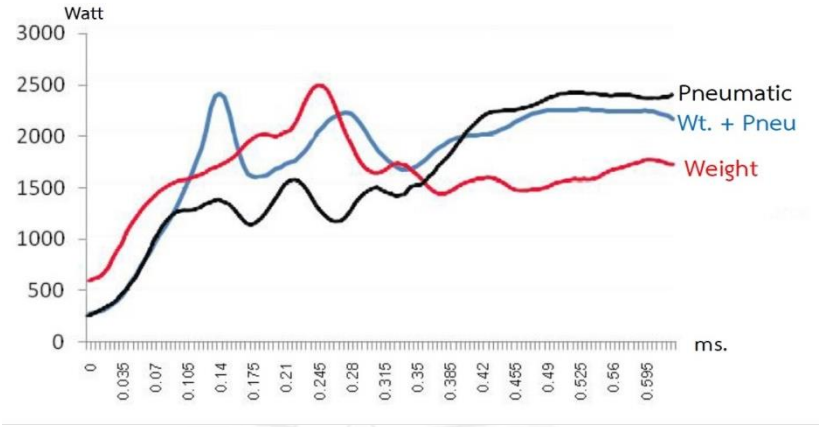
David and others (David et al., 2010) กล่าวว่านอกจากนี้ข้อดีของนิวแมททิคยังถูกคิดมาจากกฎของนิวตันข้อที่ 2 ดังแสดงในสมการที่ 2 ซึ่งความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ เครื่องฝึกนิวแมททิคจะใช้ความดันของอากาศเป็นแรงต้าน ดังนั้นมวลของวัตถุแทบจะเป็นศูนย์ เป็นผลให้นักกีฬาสามารถที่จะสร้างความเร่งได้มากกว่าการฝึกด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวท โดยที่แรงที่ใช้ในการออกแรงเท่ากัน (Applied force) ดังแสดงในรูปที่ 3

สมการที่ 2 F (net) = m (mass) × a (acceleration)



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบคิเนเมติค (Kinematic) และคิเนติค (Kinetic) ตามทฤษฎี ของอุปกรณ์แรงต้านแบบอิสระ (free weight) และแรงต้านจากนิวแมททิค โดยให้มีแรงต้านเท่ากัน

ลักษณะการออกแรงของการฝึกด้วยน้ำหนัก การฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับแรงดันอากาศ ในท่าสควอช โดยกราฟการเปรียบเทียบลักษณะการออกแรงที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 4 การออกแรงของการฝึกด้วยน้ำหนักจะออกแรงมากในช่วงแรกของการเคลื่อนไหว ส่วนการฝึกด้วยแรงดันอากาศจะทำให้ออกแรงเพิ่มมากขึ้นตลอดมุมของการเคลื่อนไหว แต่การผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ จะช่วยให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้มากในแรกของเคลื่อนไหว และออกแรงได้อย่างเต็มที่ตลอดช่วงการฝึก



รูปที่ 4 กราฟลักษณะการออกแรงของการฝึกด้วยน้ำหนัก การฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

ข้อดีของระบบนิวแมติก

อนุชา หิรัญวัฒน์ (อนุชา หิรัญวัฒน์, 2548) กล่าวว่า

1. ลมอัดมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูง ดังนั้นความเร็วของการทำงานก็จะมีค่าสูงไปด้วย
2. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงสามารถก่อให้เกิดการทำงานได้โดยตรง
3. ความเร็ว และแรงของอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวแมติก สามารถทำการปรับแต่งได้ตามต้องการ
4. ลมอัดสามารถส่งผ่านไปตามท่อได้ง่าย แม้ว่าจะมีระยะทางไกลก็ตาม
5. เครื่องมือและอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวแมติก สามารถป้องกันการทำงานเกินกำลังได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยในประเทศ

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, 2544) ได้ทำการวิจัยการเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักและการฝึกเชิงซ้อน ที่มีต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาประเภททีมของวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 72 คน โดยใช้วิธีการจัดกระทำแบบสุ่ม และทำให้ตัวแปรควบคุมคงที่ แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 18 คน มีกลุ่มควบคุมฝึกตามปกติ กลุ่มทดลองฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก กลุ่มทดลองฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และกลุ่มทดลองฝึกเชิงซ้อน ทำการฝึก 2 วัน ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทำการทดสอบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา พลังความอดทนของกล้ามเนื้อขา และความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซโทนิกของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 นำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของตูกี เอ หลังการทดลองสัปดาห์ที่12 พบว่า

1. การฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และการฝึกเชิงซ้อน มีผลต่อการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. การฝึกเชิงซ้อน มีผลต่อการพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขา มากกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การฝึกเชิงซ้อนและการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก มีผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซโทนิกของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว มากกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, 2545) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนกับการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนัก โดยกลุ่มตัวอย่างนั้นเป็นนักกีฬาวิ่ง 100 เมตร ทีมชาติไทยจำนวน 8 คน และแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน โดยกลุ่มทดลองฝึกเชิงซ้อนและกลุ่มควบคุมฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนักเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และมีการทดสอบความเร็วที่จุด 10 20 30 และ 40 เมตร ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า หลังการฝึก 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลอง สามารถเร่งความเร็วจากเส้นเริ่มถึงจุด 20 30 และ 40 เมตร ตามลำดับ ได้มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มฝึกเชิงซ้อนยังสามารถเร่งความเร็วจากเส้นเริ่มถึงจุด 40 เมตรได้มากกว่ากลุ่มฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงสรุปได้ว่าการฝึกเชิงซ้อนมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็วของนักกีฬา

จุลเกียรติ หงษา (จุลเกียรติ หงษา, 2546) ศึกษาผลของการฝึกวิ่งรูปแบบตัว X และรูปแบบตัว M ที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในกีฬาเทนนิส กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาชายของวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดอ่างทอง ระดับ (ปวช.) มีอายุระหว่าง 17-18 ปี จำนวน 30 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 10 คน คือกลุ่มควบคุม ฝึกโปรแกรมเทนนิสเพียงอย่างเดียว กลุ่มทอลองที่ 1 ฝึกวิ่งรูปแบบตัว X ควบคู่กับการฝึกโปรแกรมเทนนิส กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกวิ่งรูปแบบตัว M ควบคู่กับการฝึกโปรแกรมเทนนิส ทำการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทอลองที่ 1 และ กลุ่มทดลองที่ 2 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ 8 มีค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อนำค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวมาศึกษาภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่ากลุ่มทดลองที่ 2 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของความคล่องแคล่วว่องไวมากที่สุด จากข้อค้นพบดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ในการฝึกความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาเทนนิสนั้นสามารถนำรูปแบบการฝึกความคล่องแคล่วว่องไวทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ การฝึกวิ่งรูปแบบตัว X และการฝึกวิ่งรูปแบบตัว M มาฝึกควบคู่กับโปรแกรมเทนนิส

เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล (เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล, 2548) ศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดที่มีต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี ได้มาด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จากนักกีฬารักบี้ฟุตบอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 15 คน ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย แล้วสุ่มวิธีการทดลองให้แต่ละกลุ่มดังนี้ กลุ่มควบคุม ฝึกตามปกติ กลุ่มทดลองฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดและการฝึกตามปกติ โดยฝึก 2 วันต่อสับดาห์ คือวันอังคาร และวันศุกร์ใช้เวลาในการฝึก 8 สัปดาห์ โดยทำการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความอ่อนตัวแบบเคลื่อนที่ของสะโพกก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 นำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่า ที(t-test) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) โดยทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดและฝึกตามปกติมีความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ฝึกตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดและฝึกตามปกติมีความคล่องแคล่วว่องไว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาและความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ฝึกตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิด และฝึกตามปกติมีความคล่องแคล่วว่องไว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความอ่อนตัวแบบเคลื่อนที่ของสะโพกมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พลเทพ สุขศิริ (พลเทพ สุขศิริ, 2549) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีประสิทธิภาพในการเสิร์ฟลูกเทนนิส โดยศึกษากับนักกีฬาเทนนิสหญิง อายุระหว่าง 19-22 ปี ซึ่งมีจำนวน 15 คน ใช้ระยะเวลาในการฝึก 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ก่อนและหลังการฝึกนักกีฬาได้ทำการทดสอบวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการหาค่า 1RM และวัดความเร็วของลูกเสิร์ฟโดยการจับเวลาตั้งแต่ไม้กระทบบอลเหนือศีรษะ จนกระทั่งลูกตกถึงพื้นจำนวน 10 ลูก นำมาหาค่าเฉลี่ยความเร็วของลูกเสิร์ฟ วัดความแม่นยำในการเสิร์ฟลูกเทนนิส โดยการเสิร์ฟเข้าเป้าหมายที่กำหนดจำนวน 10 ลูก นับจำนวนครั้งที่เข้าเป้าหมาย ผลการศึกษาสรุปได้ว่า หลังการฝึกด้วยน้ำหนัก นักกีฬามีประสิทธิภาพในการเสิร์ฟดีขึ้นทั้งความเร็วและความแม่นยำในการเสิร์ฟเพิ่มขึ้น และมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าความเร็วในการเสิร์ฟหลังการฝึกเพิ่มขึ้น 0.3 วินาที มีค่าความแม่นยำหลังการฝึกเพิ่มขึ้น 2.2 ครั้ง และมีค่าความแข็งแรงหลังการฝึกเพิ่มขึ้น 0.23 กิโลกรัม

วรางคณา สารศิลป์ (วรางคณา สารศิลป์, 2549) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติ กับการฝึกตามโปรแกรมปกติอย่างเดียว ที่มีผลต่อความแรงในการเสิร์ฟ โดยมีกลุ่มผู้ร่วมทดลอง เป็นนักกีฬาเทนนิสเยาวชนตัวแทนเขตการศึกษา 8 จำนวน 20 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 10 คน คือกลุ่มที่ฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติ และกลุ่มที่ฝึกโปรแกรมปกติอย่างเดียว โดยใช้เวลาในการฝึกซ้อม 8 สัปดาห์ นำผลการทอสอบก่อนและหลังการฝึกมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Mann-Whitney U และ T-test ผลการศึกษาการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติก่อนและหลังการทดสอบ ได้ค่าเฉลี่ยผลต่างของความแรงที่ใช้ในการเสิร์ฟ เท่ากับ 4.900 มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ส่วนผลการฝึกตามโปรแกรมปกติอย่างเดียวก่อนและหลังการทดสอบได้ค่าเฉลี่ยผลต่างของความแรงที่ใช้ในการเสิร์ฟ เท่ากับ 1.100 ซึ่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 จากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลต่างของความแรง ในกลุ่มที่มีการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติ กับการฝึกตามโปรแกรมปกติอย่างเดียวก่อนและหลังการทดสอบ ได้ค่าเฉลี่ยผลต่างในกลุ่มที่ฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติ ดีกว่าการฝึกตามโปรแกรมปกติ ดีกว่าการฝึกตามโปรแกรมปกติอย่างเดียว เท่ากับ 3.800 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ซึ่งแสดงว่า โปรแกรมการฝึกพ

ลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติที่กำหนดให้ ในระยะ 8 สัปดาห์ สามารถเพิ่มความแรงในการเสิร์ฟของนักกีฬาเทนนิส ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุทธิกร อาภานุกูล (สุทธิกร อาภานุกูล, 2552) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเทนนิสชายจำนวน 20 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี ได้มาด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จากนักเทนนิสจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 10 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายด้วยการจับสลากเข้ากลุ่ม กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก ทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที (t-test) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) โดยทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่าการกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว มากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ก่อนการทดลองกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก มีความเร็วมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ฝึกแบบอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก มีความเร็วไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยในต่างประเทศ

Lander and others (Lander et al., 1985) กล่าวว่ารูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบนช์ เพรส (Bench press) ด้วยความหนัก 90% ของความแข็งแรงสูงสุดจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ดังที่แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งช่วงแรกจะเรียกว่าช่วงความเร่ง (The acceleration phase) ซึ่งช่วงนี้จะใช้เวลาทั้งหมด 16 % แรกของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริค และพบว่าจะมีการเกิดแรงสูงสุดในช่วงนี้ ช่วงที่ 2 ที่จะตามมาคือ ช่วงที่แรงที่ใช้ในการออกแรงยกจะน้อยกว่าแรงต้านของบาร์เบลล์ และใช้เวลาต่อจากช่วงแรกคือ 16 % จนถึง 42% ของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริค ช่วงนี้จะถูกเรียกว่าช่วงสติคกิ้ง (Sticking region) เนื่องจากแรงที่ใช้ในการยกน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์จึงทำให้สูญเสียความเร็วในการดันขึ้น และช่วงต่อมาคือจะใช้เวลาตั้งแต่ 42% จนถึง 82% ของเวลาทั้งหมด โดยจะพบว่าในช่วงนี้จะเป็นอีกครั้งหนึ่งที่แรงที่ใช้ในการยกจะมากกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ และเรียกช่วงที่ 3 นี้ว่า ช่วงของความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength region) ต่อมาคือช่วงสุดท้ายที่จะใช้เวลา 18 % สุดท้ายของเวลาทั้งหมด โดยเรียกช่วงนี้ว่า ช่วงความหน่วง (The deceleration phase) ซึ่งจะพบว่าในช่วงนี้แรงที่ใช้ในการยกจะน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์

Clark and others (ClarK, Martin, & Fornasiero, 2003) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (T ball forehand test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบสมรรถภาพเฉพาะด้านของกีฬาเทนนิสกับการทดสอบความเร็วในระยะ 5 เมตร 10 เมตร และ 20 เมตร ในนักกีฬาเทนนิสเยาวชนทั้งเพศชายและเพศหญิง พบว่า ในเพศชายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จะอยู่ในระดับสูง (r=0.55-0.94) และในเพศหญิงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะอยู่ในระดับปานกลาง (r=0.35-0.65) นอกจากนั้น จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจะพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวกับการทดสอบความเร็วที่ระยะ 20 เมตร จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดรองลงมาคือที่ระดับ 10 เมตร และ 5 เมตร ตามลำดับทั้งเพศชายและเพศหญิง

Roger and others (Roger et al., 2002) ได้ทำการศึกษาการฝึกด้วยแรงต้านโดยใช้ความเร็วสูง ในการเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อในหญิงสูงอายุ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นหญิงสูงอายุที่สามารถช่วยตัวเองได้ อายุ 73 ± 1 ปี ดัชนีมวลกาย 30.1 ± 1.1 กิโลกรัม/เมตร^2 แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่1 ฝึกแรงต้านด้วยจังหวะเร็ว กลุ่มที่2 ฝึกแรงต้านด้วยจังหวะช้า ทำการฝึกในท่าดันขา (Leg press) และท่าเหยียดเข่า (Knee extension) ใช้ความหนักในการฝึกที่ 70% ของ 1อาร์เอ็ม

ผลปรากฏว่า

1. กลุ่มที่ฝึกด้วยจังหวะเร็ว มีพลังของกล้ามเนื้อมากกว่ากลุ่มที่ฝึกด้วยจังหวะช้า ในท่าดันขา และท่าเหยียดเข่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความแข็งแรงสูงสุด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ทั้งสองกลุ่ม

สรุปการฝึกด้วยแรงต้านโดยใช้จังหวะเร็ว จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังของกล้ามเนื้อ ได้ดีกว่าการฝึกด้วยจังหวะช้า

Orr and others (Orr et al., 2006)ทำการศึกษาการฝึกพลังของกล้ามเนื้อเพื่อพัฒนาความสามารถในการทรงตัวของชายสูงอายุสุขภาพดี กลุ่มตัวอย่างเป็นชายสูงอายุสุขภาพดี 112 คน อยู่ในช่วงอายุ 69 ± 6 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสี่กลุ่ม โดยกลุ่มที่1 ฝึกด้วยความหนักต่ำ (20% ของความแข็งแรงสูงสุด) กลุ่มที่2 ฝึกด้วยความหนักปานกลาง (50% ของความแข็งแรงสูงสุด) กลุ่มที่3 ฝึกด้วยความหนักสูง (80% ของความแข็งแรงสูงสุด) และกลุ่มที่4 กลุ่มควบคุม (ไม่มีการฝึก) ทำการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์ จำนวน 3 เซต แต่ละเซตยก 6 ครั้ง

ผลปรากฏว่า การฝึกพลังของกล้ามเนื้อด้วยความหนักต่ำสามารถพัฒนาการทรงตัวได้มากกว่าความหนักอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ . 004

Frost and others (Frost, Cronin, & Newton, 2008) ได้ทำการศึกษาแรงต้านโดยใช้แรงดันอากาศโดยเปรียบเทียบกับการฝึกแบบใช้น้ำหนัก กลุ่มตัวอย่างเป็นชาย 30 คน โดยแต่ละคนผ่านการทดสอบโดยใช้แรงต้านจากน้ำหนักแบบอิสระ แบบบอริสติก และแรงดันอากาศ โดยทำทั้งหมด 6 เซต(15, 30, 45, 60, 75 และ 90 % ของ 1RM) ในท่านอนดันหน้าอกขึ้น (Bench press) ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้ ANOVAs with Holm-Sidak post hoc

ผลปรากฏว่า

1. แรงต้านจากแรงดันอากาศสามารถสร้างความเร็วได้มากกว่าแรงต้านจากน้ำหนัก และแบบบอริสติก

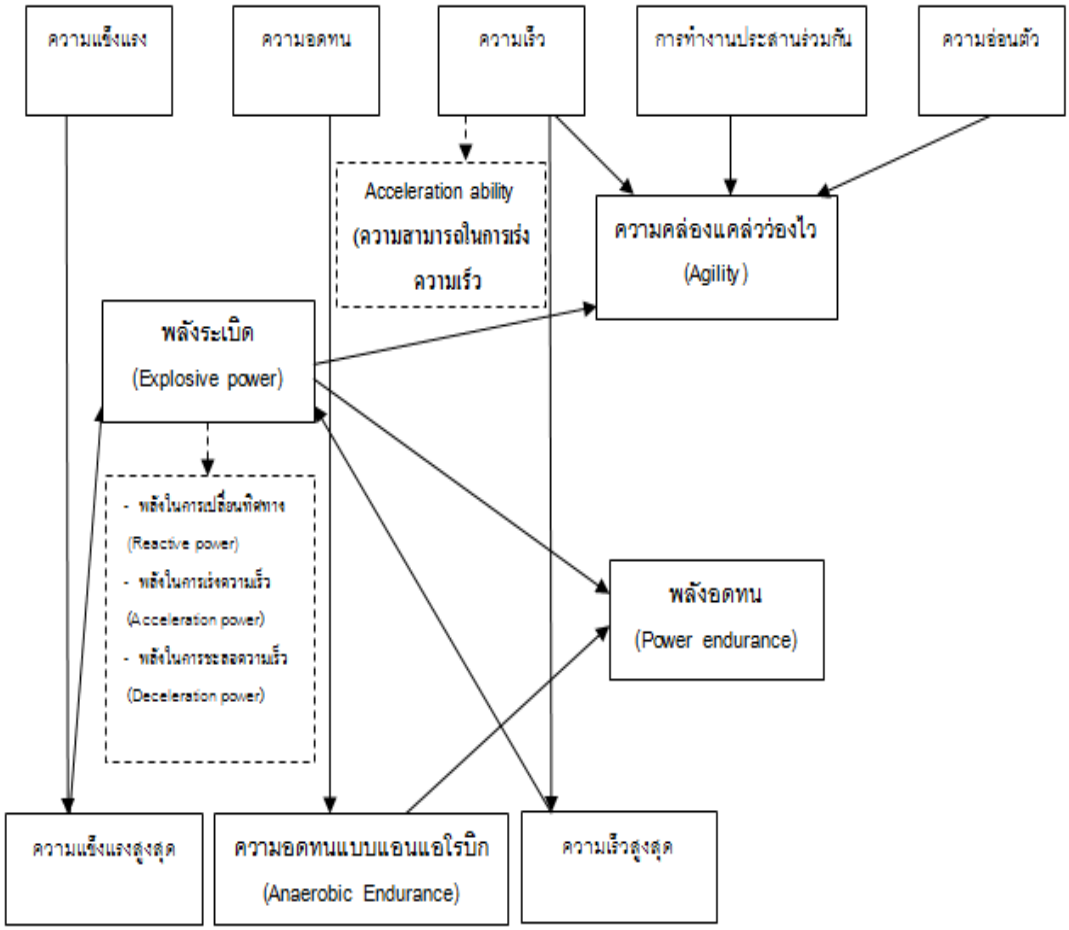
2. แรงต้านด้วยน้ำหนักสามารถสร้างแรงได้มากกว่าแรงดันอากาศ และแบบบอริสติก

3. แรงต้านแบบบอริสติกสามารถสร้างพลังของกล้ามเนื้อได้มากกว่าแรงต้านจากน้ำหนักและแรงดันอากาศ

Peltonen and others (Peltonen, Hakkinen, & Avela, 2013) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของระบบกล้ามเนื้อที่ตอบสนองต่อการฝึกโดยใช้น้ำหนัก และการฝึกโดยใช้แรงดันอากาศ โดยดูจากการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal voluntary contraction) จากเครื่องวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ (EMG) ผลปรากฏว่า มีการลดลงของการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อในการทดสอบแบบไฮเปอร์ทรอฟิก (Hypertrophic) และแบบความแข็งแรงสูงสุด น้อยกว่าการฝึกด้วยแรงดันอากาศ 8 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการทดลองว่าการฝึกด้วยแรงดันอากาศจะช่วยลดการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ แรงอย่างรวดเร็วที่เกิดขึ้น ในขณะที่เปรียบเทียบกับการฝึกด้วยน้ำหนักที่จะลดแรงอย่างรวดเร็วที่เกิดขึ้นเพียงอย่างเดียว และความเร็ว กับพลังของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นในการฝึกด้วยแรงดันอากาศในขณะที่ใช้ความหนักไม่มาก

กรอบแนวความคิดในการวิจัย



Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศที่เหมาะสม และเพื่อศึกษาผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนในการวิจัยออกเป็นสองขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเทนนิสชาย ซึ่งได้จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 15 คน

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. ต้องเป็นนักกีฬาเทนนิส ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ที่มีความชำนาญของผู้เล่นอยู่ในระดับ 4.0-5.5 โดยผู้วิจัยร่วมกับผู้ฝึกสอนเป็นผู้ประเมิน (ภาคผนวก ก)

2. ไม่มีโรคประจำตัว

3. นักกีฬาเทนนิสมีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว

4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ไม่ได้เข้าร่วมการทดสอบ 2 ครั้ง ของช่วงระยะเวลาการทดสอบ (ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ 3 สัปดาห์)

3. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

ขั้นตอนการวิจัย

1. นำเสนอรูปแบบการศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไขเพื่อหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

2. นำรูปแบบการศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อย เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย

3. นำรูปแบบการศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน เพื่อพิจารณาผ่านคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

4. นำรูปแบบการศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

5. ผู้วิจัยชี้แจงและทำหนังสืออธิบาย วัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย รวมถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการวิจัยต่อกลุ่มตัวอย่างและผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย เมื่อกลุ่มตัวอย่างยินยอมเข้าร่วมวิจัย ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ชี้แจงกับนักกีฬาว่าไม่ให้ออกกำลังกายอย่างหนัก 24 ชั่วโมงก่อนวันที่มาจะมาทดสอบทุกครั้ง รวมไปถึงการไม่รับประทานอาหารมาก่อน 2 ชั่วโมง และไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนมาก่อน 4 ชั่วโมง และให้นอนหลับให้เต็มที่ก่อนที่จะมาทดสอบทุกครั้ง ยิ่งไปกว่านั้นในการทดสอบนักกีฬาจะมีการถูกบอกให้ออกแรงยกให้แรง และเร็วที่สุดทุกครั้ง

6. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังนี้

6.1 ก่อนการเก็บข้อมูล

6.1.1 การวัด และเก็บข้อมูลตัวแปรทางสรีรวิทยา เช่น อายุ (Age, year) น้ำหนัก (Body mass, kg) ส่วนสูง (Height, cm)

6.1.2 ให้นักกีฬาอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะๆ หลังจากนั้นทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบคงที่ (Static stretching) และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching)

6.1.3 ทดสอบความแข็งแรงสูงสุด (1RM) ในขณะทำท่าซูโม่ สควอท ก่อนการทดสอบ เพื่อนำค่า 30% ของความแข็งแรงสูงสุดมาใช้ในการแบ่งสัดส่วนของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ โดยมีรูปแบบสัดส่วนระหว่างแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50

6.1.4 ใช้รูปแบบดุลยภาพลำดับ (Counterbalancing design) ในการวิจัย ซึ่งนักกีฬา 15 คนจะถูกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 3 คน ซึ่ง 5 กลุ่มนี้จะได้รับการทดสอบของรูปแบบแรงต้านทั้ง 5 รูปแบบของในแต่ละสัปดาห์ โดยทำการทดสอบ 1 รูปแบบแรงต้านในแต่ละ

สัปดาห์ ในการทดสอบทั้งหมด 5 สัปดาห์ที่ใช้แรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50

6.2 การทดสอบ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

6.2.1 ให้นักกีฬาอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะๆ หลังจากนั้นทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบคงที่ (Static stretching) และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching)

6.2.2 ให้นักกีฬาเข้ารับการทดสอบในขณะทำท่าซูโม่ สควอท ตามรูปแบบของแรงต้านที่ได้ทำการสุ่มไว้ก่อนหน้า เพราะฉะนั้นในการทดสอบแต่ละครั้งของการทดสอบนี้นักกีฬาบางคนอาจจะได้รูปแบบของแรงต้าน 90 : 10 หรือ 80 : 20 หรือ 70 : 30 หรือ 60 : 40 หรือ 50 : 50 ก็ได้โดยใช้ความหนักในการทดสอบเท่ากันคือ 30% ของ 1RM ทำการทดสอบ 3 เซ็ตๆ ละ 6 ครั้งต่อเนื่องกัน เพื่อหาค่าพลังสูงสุด โดยนำค่าที่มากที่สุดจากค่าพลังสูงสุดที่เกิดจากการยก 6 ครั้ง เพื่อนำไปเป็นข้อมูล นอกจากนี้ยังได้มีการพักระหว่างเซ็ต 5 นาที เพื่อให้นักกีฬาสามารถฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายกลับมาได้อย่างสมบูรณ์ในการทำเซ็ตต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำการเก็บข้อมูลอย่างฉับพลันหลังการทดลอง โดยทดสอบค่าพลังสูงสุด แรงสูงสุด และความเร็วสูงสุด

2. สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะความคิดเห็นที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องฝึกด้วยแรงดันอากาศ (Keiser power rack)
2. แผ่นเหล็กเพิ่มน้ำหนัก
3. เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 Power System)
4. แผ่นตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) รุ่น 400S (400 series performance force plate) ขนาด795 mm 795 mm x 60 mm ของบริษัท Fitness Technology ผลิตที่เมือง Adelaide ประเทศออสเตรเลีย บันทึกในงานวิจัยครั้งนี้ที่ความถี่ 200 Hz
5. Ballistic measurement software เวอร์ชั่น 2011 2.0 ของบริษัท Innervations ผลิตที่เมือง Perth ประเทศออสเตรเลีย

การวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าสถิติ ดังนี้

1. วิเคราะห์ผลของการทดสอบทุกรายการระหว่างกลุ่มโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขั้นตอนที่ 2 เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนัก

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเทนนิสชาย ซึ่งได้จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 30 คน (โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อำนาจการทดสอบ .80 และขนาดของผลที่จะเกิดขึ้น .60) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้การกำหนดกลุ่มแบบสุ่ม (Random assignment) ด้วยการจับสลากเข้ากลุ่ม กลุ่มละ 10 คน

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. ต้องเป็นนักกีฬาเทนนิส ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ที่มีความชำนาญของผู้เล่นอยู่ในระดับ 4.0-5.5 โดยผู้วิจัยร่วมกับผู้ฝึกสอนเป็นผู้ประเมิน (ภาคผนวก ก)

2. ไม่มีโรคประจำตัว

3. นักกีฬาเทนนิสมีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว

4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ไม่ได้เข้าร่วมการฝึก 80% ของช่วงระยะเวลาการฝึก (ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก 8สัปดาห์)

3. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

ขั้นตอนการวิจัย

1. นำเสนอรูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไขเพื่อหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) (

2. นำรูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อย เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย

3. นำรูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ เสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน เพื่อพิจารณาผ่านคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

4. ขอความร่วมมือกับผู้ฝึกสอน นักกีฬาและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ในส่วนของการวางแผนโปรแกรมการฝึกสมรรถภาพกล้ามเนื้อ

5. นำรูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

6. ผู้วิจัยชี้แจงและทำหนังสืออธิบาย วัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่ได้รับจาก. การวิจัย รวมถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการวิจัยต่อกลุ่มตัวอย่าง และผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย เมื่อกลุ่มตัวอย่างยินยอมเข้าร่วมวิจัย ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย

นอกจากนี้จากนี้ผู้วิจัยได้ชี้แจงกับนักกีฬาว่าไม่ให้ออกกำลังกายอย่างหนัก 24 ชั่วโมงก่อนวันที่มาจะมาทดสอบทั้งในการทดสอบก่อนการฝึก และการทดสอบหลังการฝึกของสัปดาห์ที่ 8 รวมไปถึงการไม่รับประทานอาหารมาก่อน 2 ชั่วโมง และไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนมาก่อน 4 ชั่วโมง และให้นอนหลับให้เต็มที่ก่อนที่จะมาทดสอบทุกครั้ง ยิ่งไปกว่านั้นในการทดสอบและการฝึกนักกีฬาจะมีการถูกบอกให้ออกแรงยกให้แรง และเร็วที่สุดทุกครั้ง

7. การทดสอบก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 วัน โดยในวันที่ 1 ทำการทดสอบพลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว และในวันที่ 2 ทำการทดสอบพลังอดทน

8. ผู้วิจัยทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้การกำหนดกลุ่มแบบสุ่ม (Random assignment) ด้วยการจับสลากเข้ากลุ่มๆ ละ 10 คน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนัก กับฝึกปกติ

กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ กับฝึกปกติ

กลุ่มควบคุม ฝึกปกติ

9. ผู้วิจัยดำเนินการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึก เป็นเวลา 8 สัปดาห์ๆ ละ 2 วัน โดยทำการฝึกซ้อมก่อนการฝึกปกติ

10. ทดสอบหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 วัน โดยในวันที่ 1 ทำการทดสอบพลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว และในวันที่ 2 ทำการทดสอบพลังอดทน

11. สรุปผลการวิจัยว่าการฝึกด้วยน้ำหนักผสมผสาน กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ สามารถพัฒนาพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่ว

ว่องไวได้หรือไม่ และสามารถพัฒนาได้ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักหรือไม่ พร้อมทั้งเสนอแนะความคิดเห็นที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำการเก็บข้อมูลโดยการทดสอบก่อนการทดลองโดยทดสอบพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว

2. ทำการเก็บข้อมูลโดยการทดสอบในแต่ละช่วงตามโปรแกรมที่ได้วางแผนไว้

3. ทำการทดสอบหลังการทดลองหลังจากเสร็จสิ้นการให้โปรแกรมการฝึก

4. สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะความคิดเห็นที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องฝึกด้วยแรงดันอากาศ (Keiser power rack)

2. เครื่องฝึกด้วยน้ำหนัก

3. เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 Power System)

4. เครื่องจับเวลานิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300

5. แผ่นตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) รุ่น 400S (400 series performance force plate) ขนาด795 mm 795 mm x 60 mm ของบริษัท Fitness Technology ผลิตที่เมือง Adelaide ประเทศออสเตรเลีย บันทึกในงานวิจัยครั้งนี้ที่ความถี่ 200 Hz

6. Ballistic measurement software เวอร์ชั่น 2011 2.0 ของบริษัท Innervations ผลิตที่เมือง Perth ประเทศออสเตรเลีย

การวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกในปัจจุบัน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าสถิติดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย (Mean)

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

3. ดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruency : IOC)

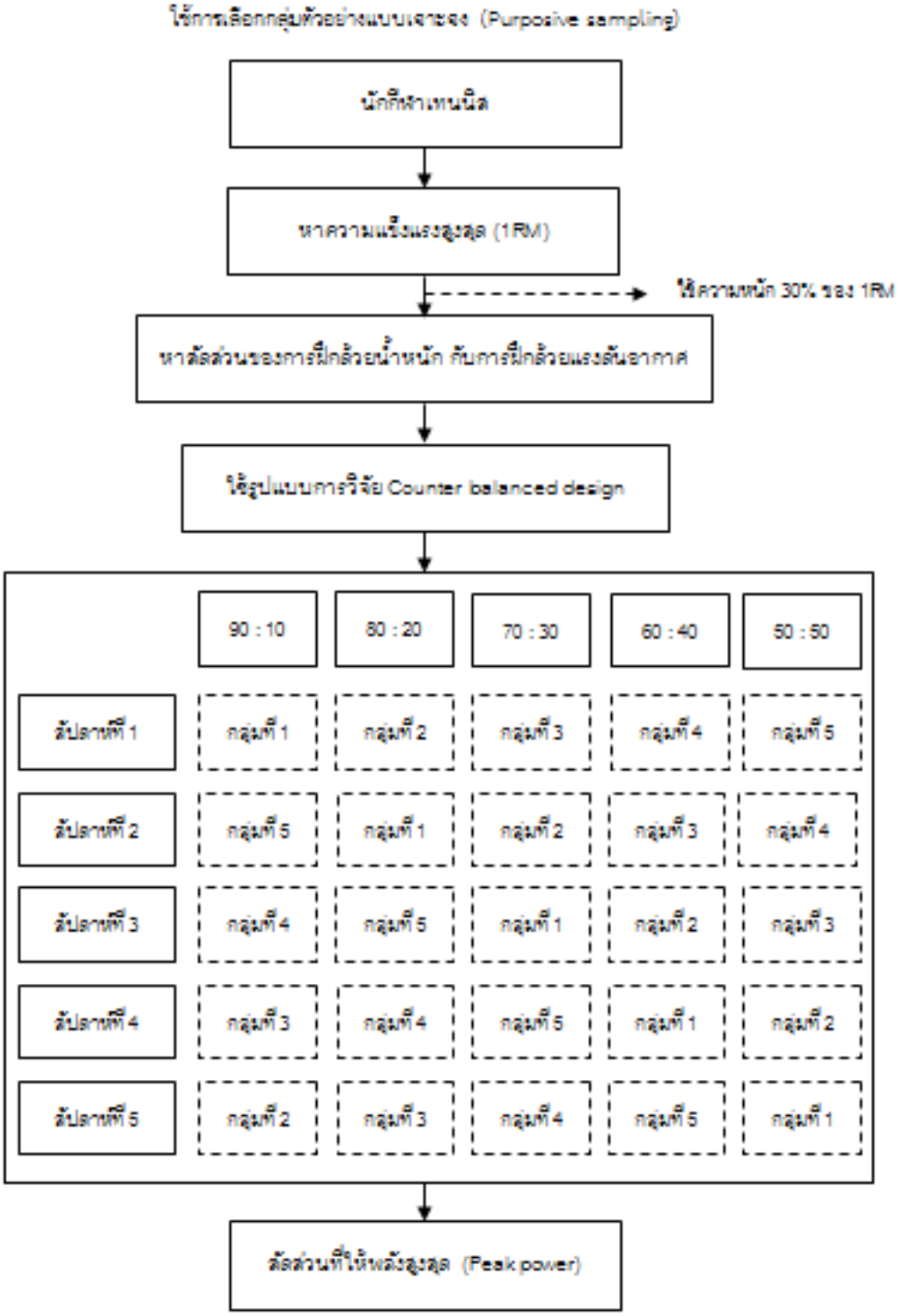
4. วิเคราะห์ผลของการทดสอบทุกรายการระหว่างกลุ่ม โดยใช้ ANOVA

5. วิเคราะห์ผลของการทดสอบทุกรายการภายในกลุ่ม โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

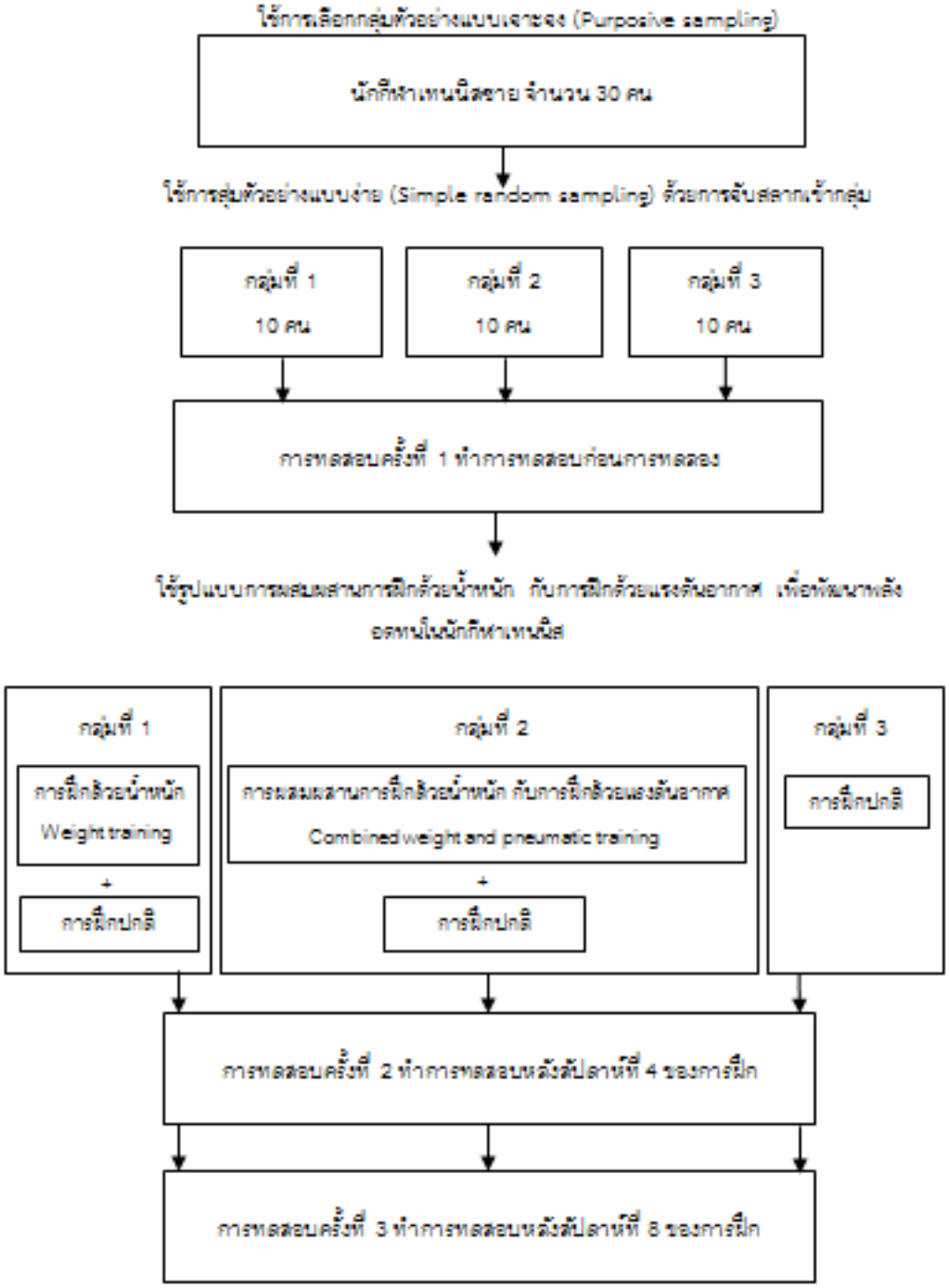
12. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ



ขั้นตอนที่ 2 เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบผลของรูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกในปัจจุบัน



บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ในขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยได้ศึกษาสัดส่วนของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เพื่อที่จะทำให้เกิดพลังสูงสุด

นอกจากนี้ในขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล พลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ของนักกีฬาเทนนิส ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนัก กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และกลุ่มควบคุม การฝึกปกติ มาวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีทางสถิติ แล้วจึงนำผลวิเคราะห์เสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียงและแผนภูมิ แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาสัดส่วนของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เพื่อที่จะทำให้เกิดพลังสูงสุด

ตอนที่ 1.1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของพลังสูงสุด แรงสูงสุด และความเร็วสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50

ตอนที่ 1.2 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด แรงสูงสุด และความเร็วสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนัก

ตอนที่ 2.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 2.2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 2.3 แผนภูมิแสดงค่าพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม และภายในกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาสัดส่วนของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เพื่อที่จะทำให้เกิดพลังสูงสุด แรงสูงสุด และความเร็วสูงสุด

ตอนที่ 1.1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังสูงสุด แรงสูงสุด และความเร็วสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของพลังสูงสุด แรงสูงสุด และความเร็วสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90:10 (G1), 80:20 (G2), 70:30 (G3), 60:40 (G4) และ 50:50 **(G5)**

	รูปแบบแรงต้าน						
	G1	G2	G3	G4	G5	F	Sig.
ตัวแปรตาม	$\bar{x}$ ± S.D.	$\bar{x}$ ± S.D.	$\bar{x}$ ± S.D.	$\bar{x}$ ± S.D.	$\bar{x}$ ± S.D.		
พลังสูงสุด	2690.93±107.52	2562.07±124.04	2452.13± 129.69	2388.07± 115.03	2236.20±115.82	50.29	0.00*
(วัตต์)							
แรงสูงสุด	2515.13±111.08	2499.07±102.72	2481.00± 120.27	2484.33± 101.04	2478.87±112.39	7.66	0.00*
(นิวตัน)							
ความเร็วสูงสุด	1.8647± 0.5	1.7220± 0.15	1.6160± 0.17	1.5373± 0.17	1.3427± 0.11	87.77	0.00*
(เมตรต่อวินาที)							

*$p < .05$

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด แรงสูงสุด และความเร็วสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของ Bonferroni ปรากฏผลดังตารางที่ 2 ตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50

รูปแบบแรงต้าน		G1	G2	G3	G4	G5
	วัตต์ $\bar{x}$	2690.93	2562.07	2452.13	2388.07	2236.2
G1	2690.93	–	88.87	198.80*	262.87*	414.73*
G2	2562.07		–	109.93*	174.00*	325.87*
G3	2452.13			–	64.07*	215.93*
G4	2388.07				–	151.87*
G5	2236.20					–

* $p < .05$

จากตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ พบว่า รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10 มีพลังสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 70:30, 60:40 และ 50:50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80:20 มีพลังสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 70:30, 60:40 และ 50:50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 70:30 มีพลังสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 60:40 และ 50:50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 60:40 มีพลังสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50:50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของแรงสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50

รูปแบบแรงต้าน	วัตต์ $\bar{x}$	G1	G2	G3	G4	G5
		2515.13	2499.07	2481.00	2484.33	2478.87
G1	2515.13	–	16.07*	34.13*	30.80*	36.27*
G2	2499.07		–	18.07	14.73	20.20
G3	2481.00			–	-3.33	2.13
G4	2484.33				–	5.47
G5	2478.87					–

* $p < .05$

จากตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ พบว่า รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90 : 10 มีพลังสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความเร็วสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50

รูปแบบแรงต้าน	เมตรต่อวินาที $\bar{x}$	G1	G2	G3	G4	G5
		1.8647	1.7220	1.6160	1.5373	1.6165
G1	1.8647	–	0.143*	0.249*	0.327*	0.522*
G2	1.7220		–	0.106*	0.185*	0.379*
G3	1.6160			–	0.079*	0.273*
G4	1.5373				–	0.195*
G5	1.6165					–

* $p < .05$

จากตารางที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ พบว่า รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10 มีความเร็วสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80:20 มีความเร็วสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 70:30, 60:40 และ 50:50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

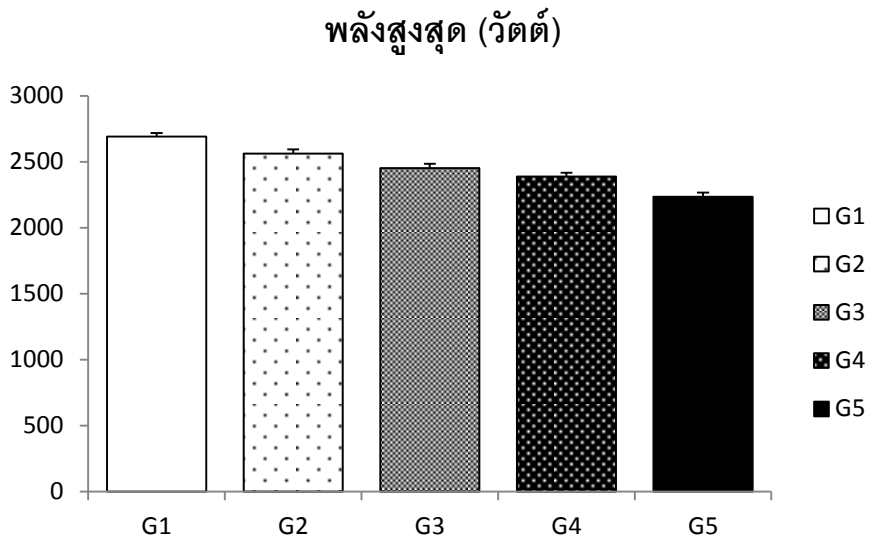
รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 70:30 มีความเร็วสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 60:40 และ 50:50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 60:40 มีความเร็วสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50:50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1.2 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด แรงสูงสุด และความเร็วสูงสุดของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50

แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50



รูปแบบแรงต้าน G1 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90 : 10

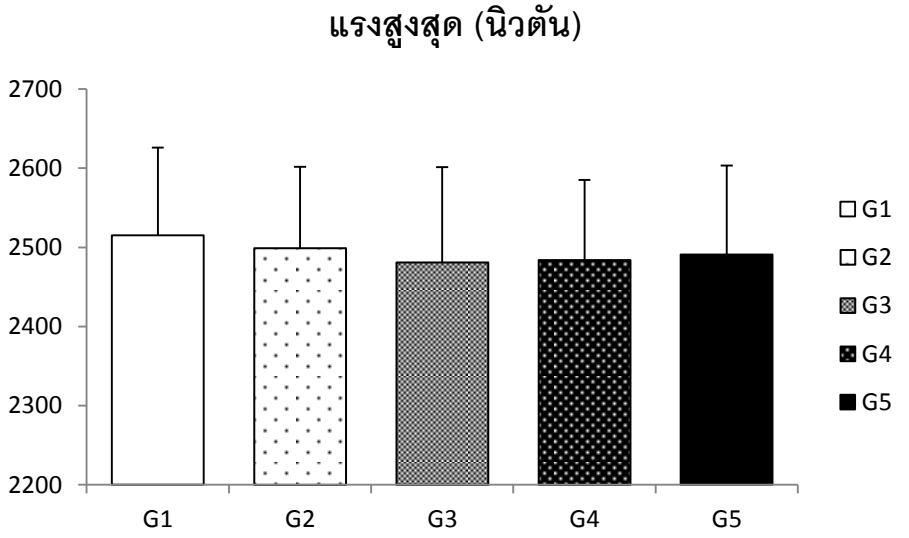
รูปแบบแรงต้าน G2 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80 : 20

รูปแบบแรงต้าน G3 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 70 : 30

รูปแบบแรงต้าน G4 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 60 : 40

รูปแบบแรงต้าน G5 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50 : 50

แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุด ของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50



รูปแบบแรงต้าน G1 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90 : 10

รูปแบบแรงต้าน G2 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80 : 20

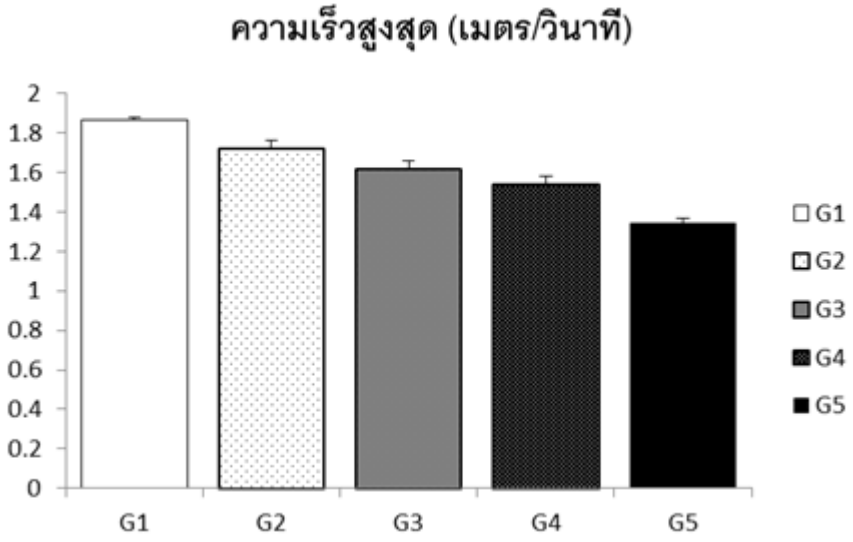
รูปแบบแรงต้าน G3 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 70 : 30

รูปแบบแรงต้าน G4 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 60 : 40

รูปแบบแรงต้าน G5 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50 : 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุด ของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50



รูปแบบแรงต้าน G1 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90 : 10

รูปแบบแรงต้าน G2 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80 : 20

รูปแบบแรงต้าน G3 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 70 : 30

รูปแบบแรงต้าน G4 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 60 : 40

รูปแบบแรงต้าน G5 = การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50 : 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนัก

ตอนที่ 2.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง $\bar{x}$ ± S.D.	หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 $\bar{x}$ ± S.D.	หลังการทดลองสัปดาห์ที่8 $\bar{x}$ ± S.D.
1. พลังอดทน (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	53.02±5.41	57.21±5.13	60.90±4.33
2. พลังสูงสุด (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	64.59±4.98	71.51±5.31	75.02±4.12
3. ความสามารถในการเร่งความเร็ว (เมตรต่อวินาที^{2})	2.91±0.19	3.03±0.19	3.12±0.18
4. ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	17.8±0.75	17.32±0.70	16.44±0.37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง $\bar{x}$ ± S.D.	หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 $\bar{x}$ ± S.D.	หลังการทดลองสัปดาห์ที่8 $\bar{x}$ ± S.D.
1. พลังอดทน (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	51.29±2.47	56.47±1.90	65.30±1.82
2. พลังสูงสุด (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	64.83±3.89	71.85±6.14	81.32±5.39
3. ความสามารถในการเร่งความเร็ว (เมตรต่อวินาที2)	2.88±0.24	3.01±0.19	3.17±0.25
4. ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	17.4±0.61	16.80±0.56	16.11±0.68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง $\bar{x}$ ± S.D.	หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 $\bar{x}$ ± S.D.	หลังการทดลองสัปดาห์ที่8 $\bar{x}$ ± S.D.
1. พลังอดทน (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	49.73±3.37	50.47±4.09	51.17±4.35
2. พลังสูงสุด (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	61.65±4.53	64.04±6.13	65.81±7.01
3. ความสามารถในการเร่งความเร็ว (เมตรต่อวินาที2)	2.78±0.14	2.97±0.19	3.07±0.20
4. ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	17.60±0.69	17.21±0.83	17.11±0.60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของค่าเฉลี่ยพลังอดทน ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลองที่ 1 N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	กลุ่มทดลองที่ 2 N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	กลุ่มควบคุม N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	F	p
พลังอดทน (วัตต์ต่อกิโลกรัม)					
ก่อนการทดลอง	53.02±5.41	51.29±2.47	49.73±3.37	1.74	0.195
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	57.21±5.13	56.47±1.90	50.47±4.09	8.78	0.001*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	60.90±4.33	65.30±1.82	51.17±4.35	38.31	0.00*

* $p < .05$

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยพลังอดทนของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ปรากฏผลดังตารางที่ 9 และตารางที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังอดทนของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4

กลุ่มตัวอย่าง		กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มควบคุม
	$\bar{x}$	57.21	56.47	50.47
กลุ่มทดลองที่ 1	57.21	–	-0.74	6.74*
กลุ่มทดลองที่ 2	56.47		–	6.00*
กลุ่มควบคุม	50.47			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 9 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังอดทนของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยพลังอดทนมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 2 มีพลังอดทนไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังอดทนของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

กลุ่มตัวอย่าง		กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มควบคุม
	$\bar{x}$	60.90	65.30	51.17
กลุ่มทดลองที่ 1	60.90	–	-4.41*	9.73*
กลุ่มทดลองที่ 2	65.30		–	14.13*
กลุ่มควบคุม	51.17			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังอดทนของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยพลังอดทนมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยพลังอดทนมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลองที่ 1 N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	กลุ่มทดลองที่ 2 N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	กลุ่มควบคุม N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	F	p
พลังสูงสุด (วัตต์ต่อกิโลกรัม)					
ก่อนการทดลอง	64.59±4.98	64.83±3.89	61.65±4.53	1.55	0.23
หลังการทดลองสัปดาห์ที่4	71.51±5.31	71.85±6.14	64.04±6.13	5.52	0.01*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่8	75.02±4.12	81.32±5.39	65.81±7.01	19.16	0.00*

* $p < .05$

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ปรากฏผลดังตารางที่ 12 และตารางที่ 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4

กลุ่มตัวอย่าง		กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มควบคุม
	$\bar{x}$	71.51	71.85	71.85
กลุ่มทดลองที่ 1	71.51	–	-0.34	7.47*
กลุ่มทดลองที่ 2	71.85		–	7.81*
กลุ่มควบคุม	71.85			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 12 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

กลุ่มตัวอย่าง		กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มควบคุม
	$\bar{x}$	75.02	81.32	65.81
กลุ่มทดลองที่ 1	75.02	–	-6.30*	9.21*
กลุ่มทดลองที่ 2	81.32		–	15.50*
กลุ่มควบคุม	65.81			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 13 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่ากลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลองที่ 1 N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	กลุ่มทดลองที่ 2 N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	กลุ่มควบคุม N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	F	p
ความสามารถในการเร่งความเร็ว (เมตรต่อวินาที^{2})					
ก่อนการทดลอง	2.91±0.19	2.88±0.24	2.78±0.14	1.166	0.327
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	3.03±0.19	3.02±0.19	2.97±0.19	0.289	0.752
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	3.12±0.18	3.17±0.25	3.07±0.20	0.560	0.578

* $p < .05$

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเร่งความเร็วก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลอง สัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลองที่ 1 N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	กลุ่มทดลองที่ 2 N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	กลุ่มควบคุม N=10 $\bar{x}$ ± S.D.	F	p
ความคล่องแคล่ววองไว (วินาที)					
ก่อนการทดลอง	17.81±0.75	17.39±0.60	17.64±0.68	0.933	0.406
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	17.32±0.70	16.81±0.56	17.21±0.83	1.458	0.251
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	16.45±0.37	16.11±0.68	17.11±0.60	8.143	0.002*

* $p < .05$

จากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่ววองไว ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ปรากฏผลดังตารางที่ 16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความคล่องแคล่ววองไวของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

กลุ่มตัวอย่าง		กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มควบคุม
	$\bar{x}$	16.45	14.67	17.12
กลุ่มทดลองที่ 1	16.45	–	0.341	-0.661*
กลุ่มทดลองที่ 2	14.67		–	-1.002*
กลุ่มควบคุม	17.12			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 16 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่ววองไวของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่ววองไวมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่ววองไวไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2.2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ และผลการเปรียบเทียบความแตกต่าง ของพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และค่าระดับแลกเตรท ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ในกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง สัปดาห์ที่4	หลังการทดลอง สัปดาห์ที่8	F	p
1. พลังอดทน (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	53.02±5.41	57.21±5.13	60.90±4.33	176.65	0.00*
2. พลังสูงสุด (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	64.59±4.98	71.51±5.39	75.02±4.12	44.23	0.00*
3. ความสามารถในการเร่งความเร็ว (เมตรต่อวินาที^{2})	2.91±0.19	3.03±0.19	3.12±0.18	25.65	0.00*
4. ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	17.8±0.75	17.32±0.70	16.44±0.37	46.44	0.00*

* $p < .05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของ Bonferroni ปรากฏผลดังตารางที่ 18, 19, 20 และตารางที่ 21

ตารางที่ 18 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังอดทนกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ระยะเวลา		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	53.02	57.21	60.90
ก่อนการทดลอง	53.02	–	-4.19*	-7.88*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	57.21		–	-3.69*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	60.90			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 18 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังอดทนของกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยพลังอดทนมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยพลังอดทนมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 19 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ระยะเวลา		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	64.59	71.51	75.02
ก่อนการทดลอง	64.59	–	-6.92*	-10.43*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	71.51		–	-3.51*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	75.02			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 19 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 20 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความสามารถในการเร่งความเร็วของกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ระยะเวลา		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	2.91	3.03	3.12
ก่อนการทดลอง	2.91	–	-0.12*	-0.21*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	3.03		–	-0.10*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	3.12			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 20 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเร่งความเร็วของกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 21 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความคล่องแคล่ววองไวของกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ระยะเวลา		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	17.81	17.32	16.78
ก่อนการทดลอง	17.81	–	0.49*	1.02*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	17.32		–	0.54*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	16.78			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 21 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่ววองไวของกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าความคล่องแคล่ววองไวมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และค่าระดับแลกเตรท ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่8	F	p
1. พลังอดทน (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	51.29±2.47	56.47±1.90	65.30±1.82	259.18	0.00*
2. พลังสูงสุด (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	64.83±3.89	71.85±6.14	81.31±5.39	128.85	0.00*
3. ความสามารถในการเร่งความเร็ว (เมตรต่อวินาที^{2})	2.88±0.24	3.01±0.19	3.17±0.25	24.67	0.00*
4. ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	17.4±0.61	16.80±0.56	16.11±0.68	76.08	0.00*

* $p < .05$

จากตารางที่ 22 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของ Bonferroni ปรากฏผลดังตารางที่ 23, 24, 25 และตารางที่ 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 23 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังอดทนของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ระยะเวลา		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	51.29	56.47	65.30
ก่อนการทดลอง	51.29	–	-5.17*	-14.01*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	56.47		–	-8.84*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	65.30			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 23 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังอดทนของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยพลังอดทนมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยพลังอดทนมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ระยะเวลา		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	64.83	71.85	81.31
ก่อนการทดลอง	64.83	–	-7.01*	-16.48*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	71.85		–	-9.47*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	81.31			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 24 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ **.05**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความสามารถในการเร่งความเร็วของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ระยะเวลา		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	2.88	3.02	3.17
ก่อนการทดลอง	2.88	–	-0.135*	-0.288*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	3.02		–	-0.153*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	3.17			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 25 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเร่งความเร็วของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 26 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ระยะเวลา	$\bar{x}$	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
		17.39	16.80	16.13
ก่อนการทดลอง	17.39	–	0.584*	1.267*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	16.80		–	0.683*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	16.13			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 26 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง สัปดาห์ที่4	หลังการทดลอง สัปดาห์ที่8	F	p
1. พลังอดทน (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	49.73±3.37	50.47±4.90	51.17±4.35	4.217	0.07
2. พลังสูงสุด (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	61.65±4.53	64.04±6.13	65.81±7.01	12.43	0.00*
3. ความสามารถในการเร่งความเร็ว (เมตรต่อวินาที^{2})	2.78±0.14	2.97±0.19	3.07±0.20	26.92	0.00*
4. ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	17.60±0.69	17.21±0.83	17.11±0.60	19.84	0.00*

* $p < .05$

จากตารางที่ 27 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของ Bonferroni ปรากฏผลดังตารางที่ 28, 29 และตารางที่ 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 28 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของพลังสูงสุดของกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ระยะเวลา		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	61.65	64.04	65.81
ก่อนการทดลอง	61.65	–	-2.39	-4.16*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	64.04		–	-1.77*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	65.81			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 28 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดของกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 29 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความสามารถในการเร่งความเร็วของกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ระยะเวลา		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	2.78	2.97	3.07
ก่อนการทดลอง	2.78	–	-0.18*	-0.29*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	2.97		–	-0.10*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	3.07			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 29 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็วของกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 30 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความคล่องแคล่ววองไวของกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ระยะเวลา		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	17.60	17.21	17.11
ก่อนการทดลอง	17.60	–	0.43*	0.71*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	17.21		–	0.28*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	17.11			–

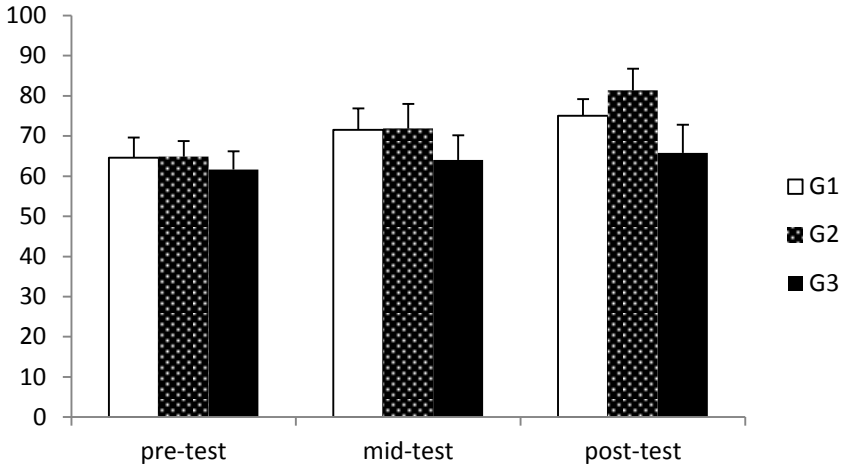
* $p < .05$

จากตารางที่ 30 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่ววองไวของกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าความคล่องแคล่ววองไวมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าความคล่องแคล่ววองไวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

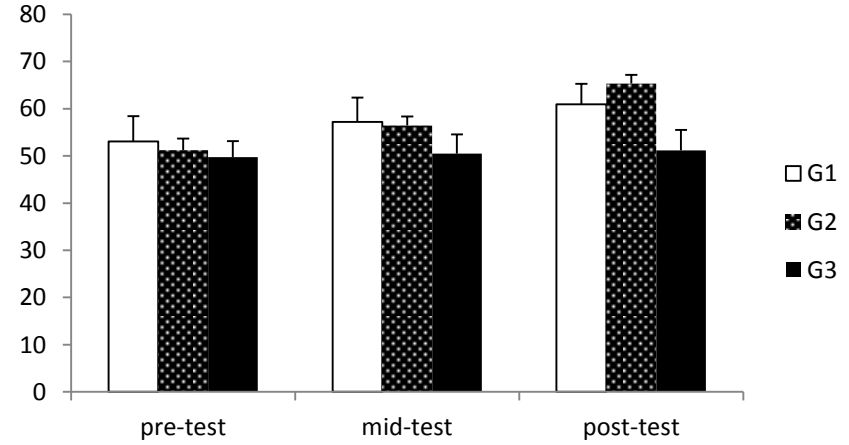
ตอนที่ 2.3 แผนภูมิแสดงค่าพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม และในกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังอดทน ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม



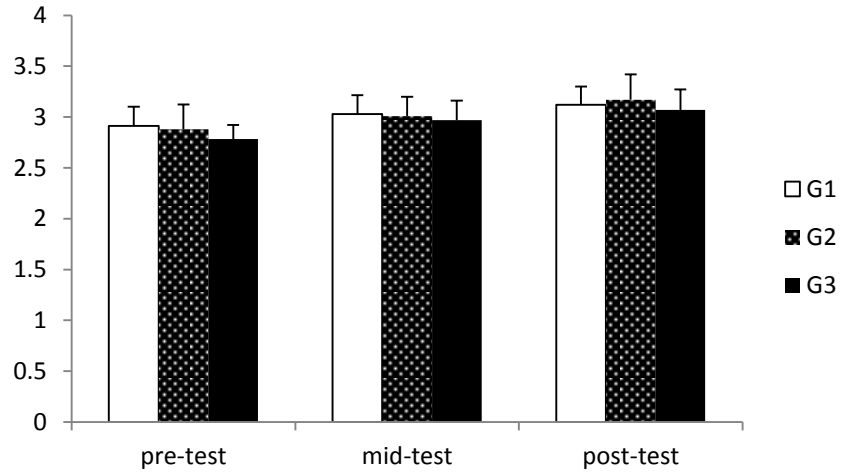
G1= กลุ่มทดลองที่ 1, G2= กลุ่มทดลองที่ 2, G3= กลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม



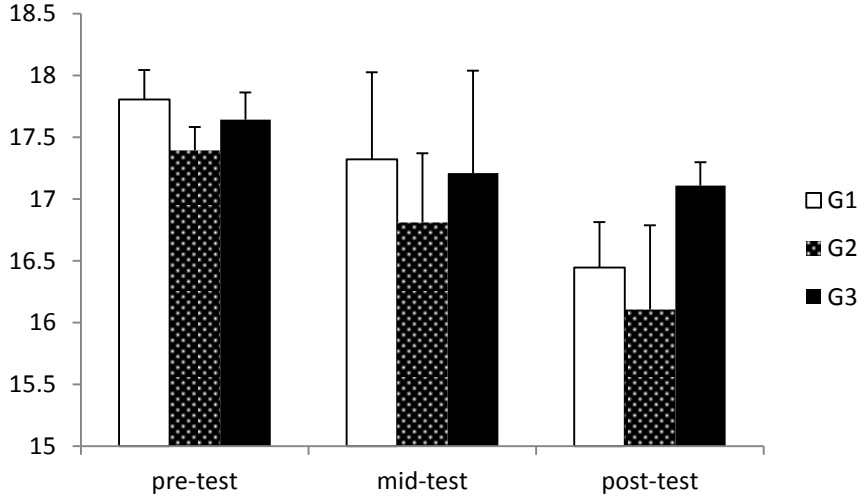
G1= กลุ่มทดลองที่ 1, G2= กลุ่มทดลองที่ 2, G3= กลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม



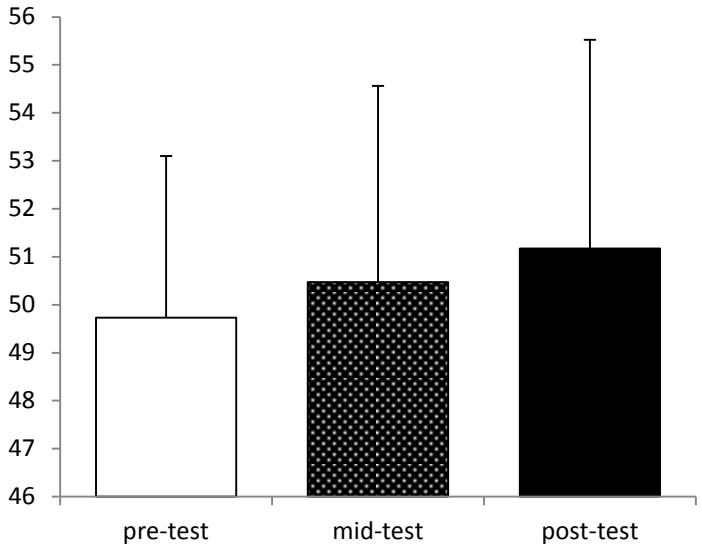
G1= กลุ่มทดลองที่ 1, G2= กลุ่มทดลองที่ 2, G3= กลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม

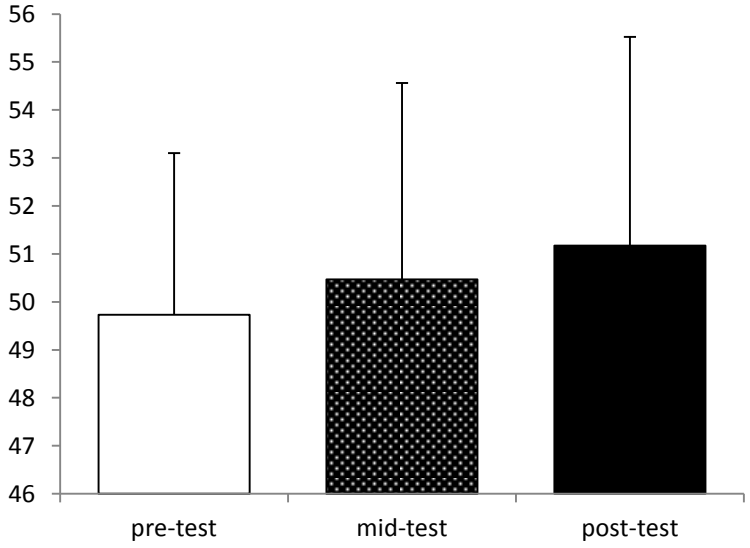


G1= กลุ่มทดลองที่ 1, G2= กลุ่มทดลองที่ 2, G3= กลุ่มควบคุม

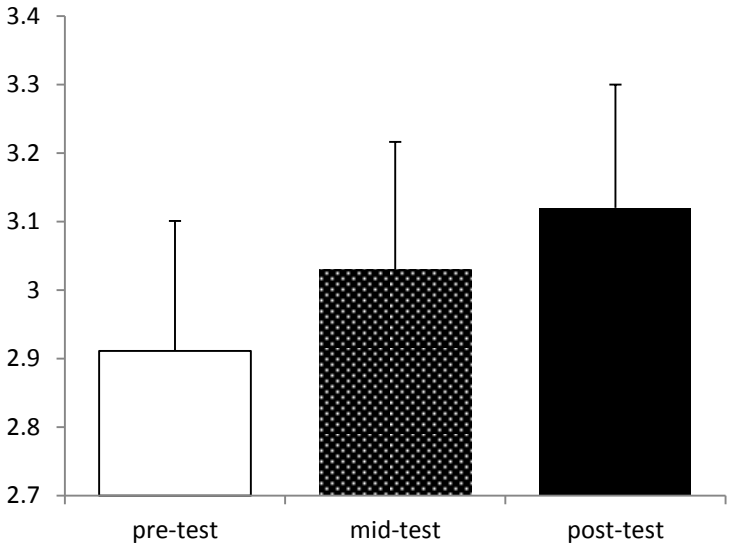
แผนภูมิที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังอดทน ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1



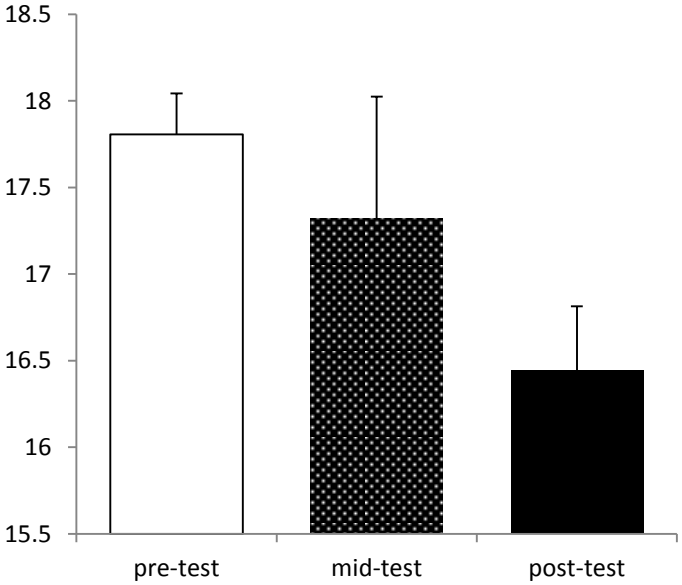
แผนภูมิที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1



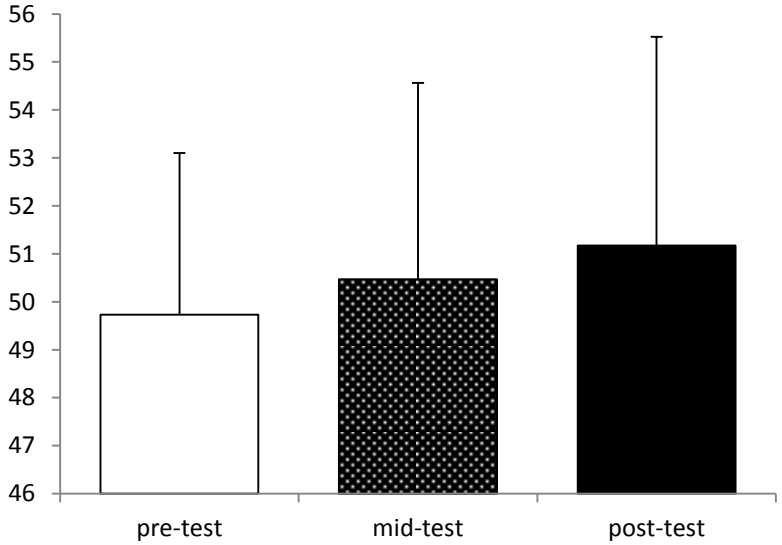
แผนภูมิที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1



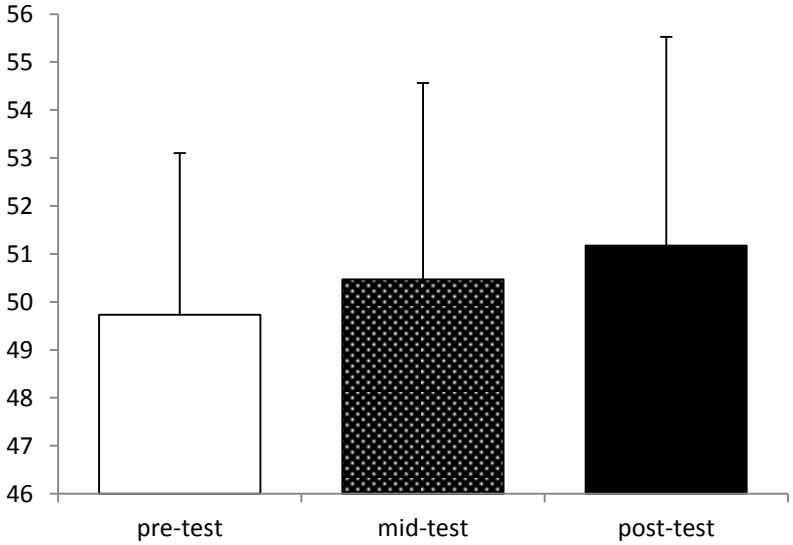
แผนภูมิที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1



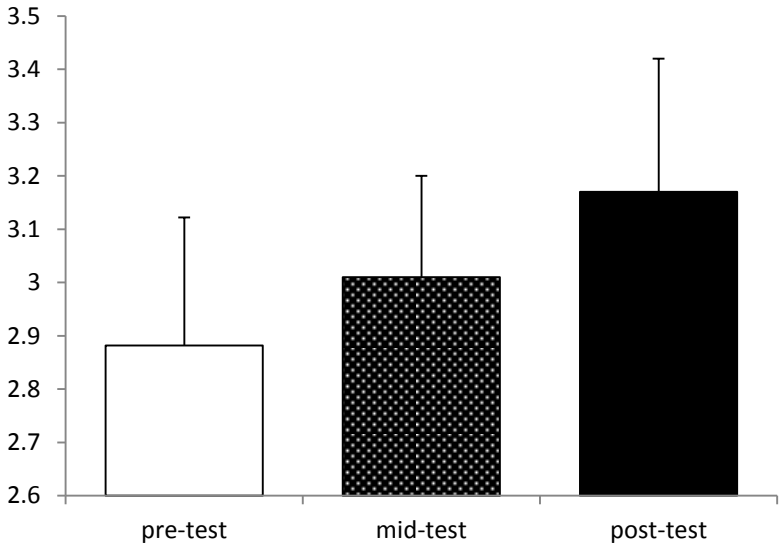
แผนภูมิที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังอดทน ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2



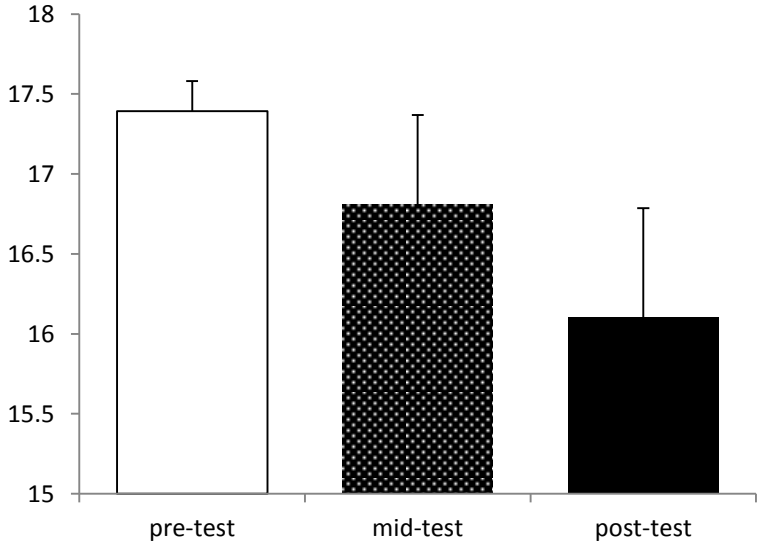
แผนภูมิที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2



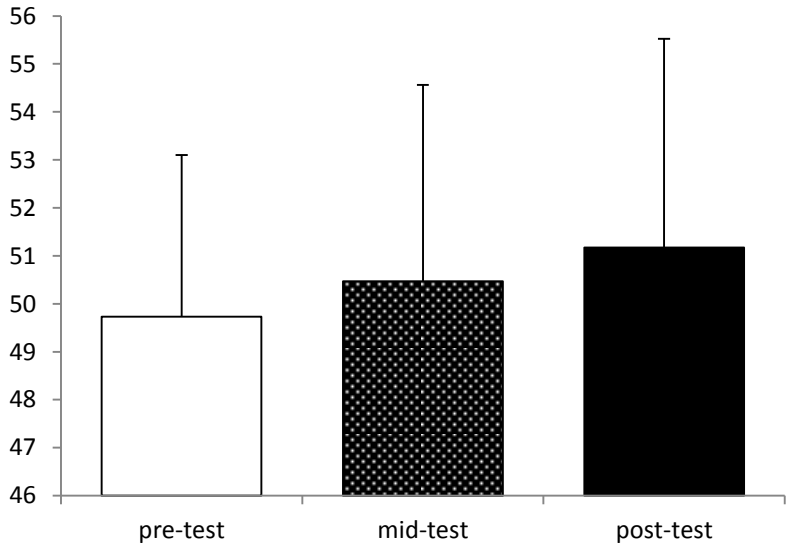
แผนภูมิที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2



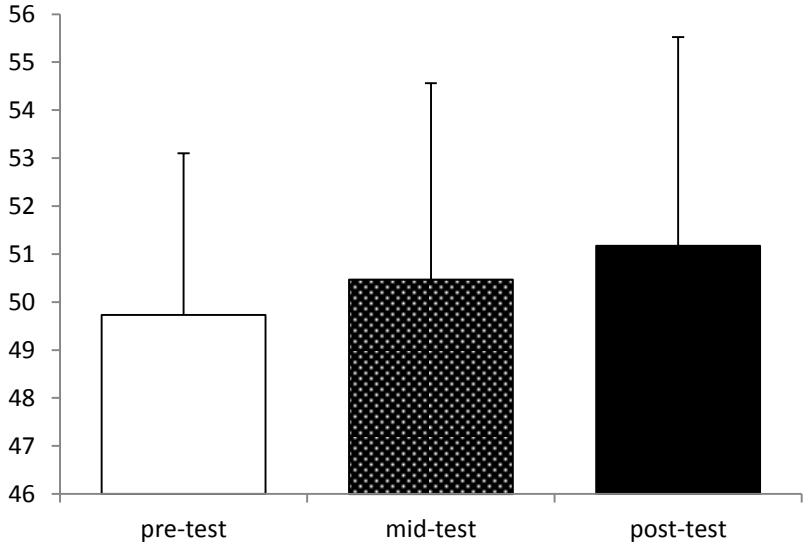
แผนภูมิที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2



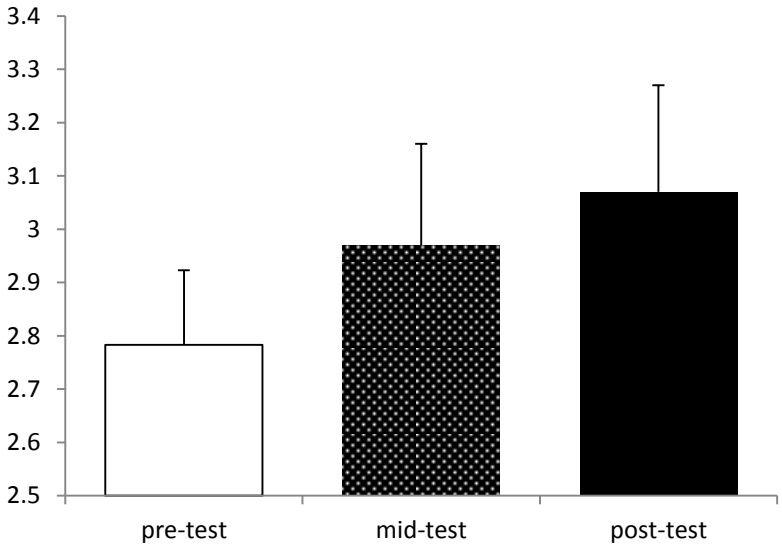
แผนภูมิที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังอดทน ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม



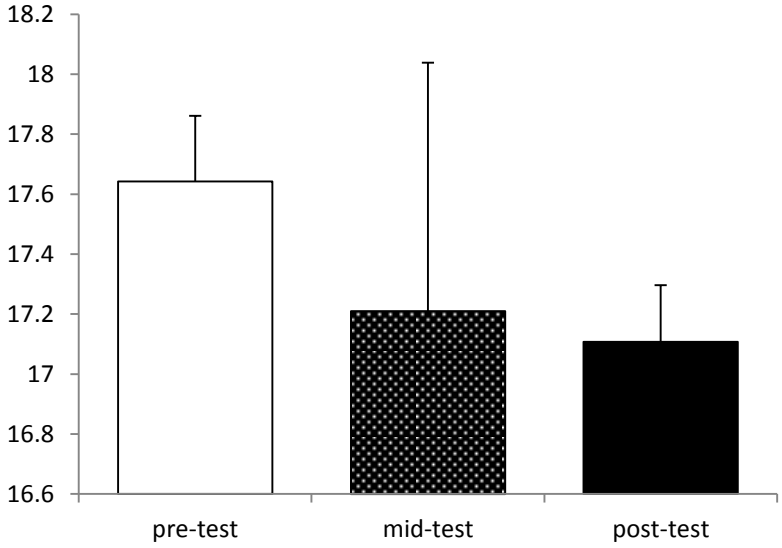
แผนภูมิที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม



แผนภูมิที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม



แผนภูมิที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม



บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัยในขั้นตอนที่ 1

การวิจัยในขั้นตอนที่หนึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนัก กับแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เพื่อที่จะทำให้เกิดพลังสูงสุดในนักกีฬาเทนนิสชายในระดับมหาวิทยาลัยซึ่งมีเกณฑ์อายุตั้งแต่ 18-25 ปี ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 15 คน ที่มีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว โดยนักกีฬาทั้ง 15 คน หลังจากนั้นทำการทดลองแบบถ่วงดุลลำดับ ดุลยภาพของลำดับ (Counterbalancing design) เพื่อทำการทดสอบหาค่าพลังสูงสุด และความเร็วสูงสุดของแรงต้านจากน้ำหนัก กับแรงดันอากาศทั้ง 5 สัดส่วน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ(One-way analysis of variance with repeated measure) ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) โดยทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า

1. รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90 : 10 มีพลังสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80 : 20 มีพลังสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 60 : 40 และ 50 : 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 70 : 30 มีพลังสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50 : 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 60 : 40 มีพลังสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50 : 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90 : 10 มีแรงสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วย

น้ำหนักกับแรงดันอกาศ 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90 : 10 มีความเร็วสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7. รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80 : 20 มีความเร็วสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 60 : 40 และ 50 : 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

8. รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 70 : 30 มีความเร็วสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50 : 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

9. รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 60 : 40 มีความเร็วสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50 : 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัยในขั้นตอนที่ 1

การวิจัยในขั้นตอนที่หนึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงดันอากาศ ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนัก กับแรงดันอากาศ 90 : 10(G1), 80 : 20(G2), 70 : 30(G3), 60 : 40(G4) และ 50 : 50(G5) เพื่อที่จะทำให้เกิดพลังสูงสุด จากการวิจัยพบว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90 : 10 มีความเร็วสูงสุดในการยก (Peak velocity) และรูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50 : 50 มีความเร็วสูงสุดน้อยที่สุดในการยก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของDavid and others (David Michael Frost et al., 2008) ซึ่งผลการวิจัยที่เกิดขึ้นนี้อาจจะอธิบายได้ว่าการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนัก 90 เปอร์เซ็นต์ กับแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะทำท่าซูโม สคอวท หรือหมายถึงรูปแบบแรงต้าน G1 สามารถทำให้ความเร็วสูงสุดในการยกได้มากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 เนื่องจากรูปแบบแรงต้าน G1 มีสัดส่วนของแรงต้านของแรงดันอากาศน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้การยกหรือการเคลื่อนไหว เคลื่อนไหวได้เร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับPeltonen and others (Peltonen et al., 2013) ที่กล่าวว่า การใช้แรงต้านของแรงดันอากาศในระดับที่ต่ำ จะทำให้ความเร็วในการยกมากกว่าการใช้แรงต้านด้วยน้ำหนักในระดับที่ต่ำเหมือนกัน ซึ่งสอดคล้องกับ David and others (David et al., 2010) กล่าวว่า ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับอากาศ หรือใช้อากาศ โดยแรงต้านที่มาจากอากาศจะมีลักษณะเหมือนกับแรงต้านที่มาจากยางยืด โดยที่อุปกรณ์แรงต้านจากอากาศ (Pneumatic devices) จะให้แรงต้านโดยไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ แต่จะขึ้นอยู่กับแรงดันของอากาศที่สร้างขึ้น และพื้นที่ที่แรงดันนั้นกดลง ดังแสดงในสมการ

$$P = \frac{F\ (Pneumatic)}{A}$$ โดย

P คือ ความดันอากาศ (Air pressure)

F (Pneumatic) คือ แรงลัพธ์ทั้งหมด (Resultant force)

A คือพื้นที่ที่ซึ่งอากาศกดลง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

เมื่อ P น้อยลง ก็จะส่งผลให้นักกีฬาสามารถทำได้เร็วขึ้น จึงทำให้รูปแบบแรงต้าน G1 มีความเร็วมากกว่าสัดส่วนแรงต้านที่เหลือ และนอกจากนั้นจากกฎของนิวตันข้อที่ 2 ดังแสดงในสมการ ซึ่งความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ เครื่องฝึกนิวแมททิคจะใช้ความดันของอากาศเป็นแรงต้าน ดังนั้นมวลของวัตถุแทบจะเป็นศูนย์ เป็นผลให้นักกีฬาสามารถที่จะสร้างความเร่งได้มากกว่าการฝึกด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวท โดยที่แรงที่ใช้ในการออกแรงเท่ากัน

F (net) = m (mass) × a (acceleration)

ในทางตรงกันข้ามรูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50 : 50 หรือหมายถึงรูปแบบแรงต้าน G5 มีความเร็วน้อยที่สุด เนื่องจากมีสัดส่วนของแรงต้านจากแรงดันอากาศมากที่สุดจึงทำให้การยก หรือการเคลื่อนไหวทำได้ช้ากว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90 : 10 , 80 : 20, 70 : 30 และ 60 : 40

จากการวิจัยพบว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90 : 10 มีพลังสูงสุด (Peak power) และรูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50 : 50 มีพลังน้อยที่สุด พลังสูงสุดของกล้ามเนื้อเป็นผลมาจาก แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากการยกเหล็กขึ้น และความเร็วสูงสุดของในการยก ได้เหมาะสมทั้งสองอย่าง (จาก Power = Force × Velocity) ซึ่งผลการวิจัยที่เกิดขึ้นนี้สอดคล้องกับ Frost and others (Frost et al., 2008) และอาจจะอธิบายได้ว่าการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนัก 90 เปอร์เซ็นต์ กับแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะทำท่าซูโม สคอวท หรือหมายถึงรูปแบบแรงต้าน G1 มีสัดส่วนของแรงต้านจากน้ำหนักมากที่สุด จึงทำรูปแบบแรงต้าน G1 มีแรงสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่เหลือและทำให้ในขณะที่ออกแรงยกเหล็กขึ้นนั้นเกิดแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งมาก ประกอบกับรูปแบบแรงต้านที่ G1 มีความเร็วสูงสุดในการยก อีกทั้งการใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ต่ำจะทำให้มวลหรือน้ำหนักในการยกมากขึ้น จึงทำให้ผลรวมของพลังสูงสุดนั้นมีค่ามากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 ในทางตรงกันข้ามรูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 50 : 50 หรือหมายถึงรูปแบบแรงต้าน G5 มีพลังสูงสุดน้อยที่สุด เนื่องจากมีสัดส่วนของแรงต้านจากน้ำหนักกับแรงต้านจากแรงดันอากาศมีค่าเท่ากัน ซึ่งทำให้แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากการยกเหล็กขึ้นไม่มาก และความเร็วในการยกช้า ซึ่งสอดคล้องกับ Peltonen and others (Peltonen et al., 2013) ที่กล่าวว่าแรงดันอากาศที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วลดลง จึงทำให้ผลรวมของพลังสูงสุดนั้นมีค่าน้อยกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 90 : 10 , 80 : 20, 70 : 30 และ 60 : 40\

สรุปผลการวิจัยในขั้นตอนที่ 2

การวิจัยในขั้นตอนที่สองเป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการที่จะศึกษาผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับแรงดันอากาศ ที่สัดส่วน 90 : 10 ที่ถูกผสมเข้าไป แล้วให้เกิดพลังสูงสุด ซึ่งได้จากการทดสอบในขั้นตอนที่1 และเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนัก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเทนนิสชาย ซึ่งได้จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 30 คน (โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อำนาจการทดสอบ .80 และขนาดของผลที่จะเกิดขึ้น .60) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้การกำหนดกลุ่มแบบสุ่ม (Random assignment) ด้วยการจับสลากเข้ากลุ่ม กลุ่มละ 10 คน และทำการฝึกท่าซูโม่ สควอท (Sumo squat) เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดย ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน ในวันจันทร์ และวันพฤหัสบดี ด้วยความหนัก 30% 1RM โดยกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนัก กับฝึกปกติ กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกด้วยการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ กับฝึกปกติ และกลุ่มควบคุม ฝึกปกติ ในส่วนของการทดสอบนั้นได้มีการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้งคือ ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 โดยค่าต่างๆ ที่ทำการเก็บรวบรวมประกอบด้วยพลังอดทน พลังสูงสุด ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variance) โดยทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยระหว่างกลุ่มทดลอง พบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีพลังอดทนมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีพลังอดทนมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองที่ 1 มีพลังอดทนมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีพลังสูงสุดมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีพลังสูงสุดมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองที่ 1 มีพลังสูงสุดมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ความสามารถในการเร่งความเร็วก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน

6. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีความคล่องแคล่วว่องไวไม่แตกต่างกัน

7. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของระดับแลกเตรทลดลงมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของระดับแลกเตรทลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

8. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของระดับแลกเตรทลดลงมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของระดับแลกเตรทลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยภายในกลุ่มทดลองที่ 1 พบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าพลังอดทนมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าพลังอดทนมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าพลังสูงสุดมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าพลังสูงสุดมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยภายในกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าพลังอดทนมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าพลังอดทนมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าพลังสูงสุดมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าพลังสูงสุดมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยภายในกลุ่มควบคุม พบว่า

1. พลังอดทนของกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ไม่แตกต่างกัน

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าพลังสูงสุดมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีค่าความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีค่าความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัยในขั้นตอนที่ 2

1. พลังอดทน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ต้องการที่จะเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนักเพียงอย่างเดียวที่มีต่อพลังอดทน จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีพลังอดทนมากกว่ากลุ่มควบคุม (ตารางที่ 9) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีพลังอดทนมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองที่ 1 มีพลังอดทนมากกว่ากลุ่มควบคุม (ตารางที่ 10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้

เหตุผลที่หลังการทดลองกลุ่มทดลองที่ 2 สามารถพัฒนาพลังอดทนได้มากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มควบคุม เนื่องจากกลุ่มทดลองที่ 2 ที่ฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศสามารถสร้างแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งได้มากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มควบคุม แล้วรูปแบบการฝึกด้วยแรงดันอากาศที่ผสมผสานเข้าไปนั้นยังช่วยเพิ่มความเมื่อยล้าในกับกล้ามเนื้อได้

มากกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักอย่างเดียว สอดคล้องกับ Peltonen and others (Peltonen et al., 2013) ที่กล่าวว่า การฝึกด้วยแรงดันอากาศนั้นสามารถช่วยเพิ่มแรงพยายามในการยกได้มากขึ้น และสามารถช่วยเพิ่มความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากแรงพยายามที่มากขึ้นในการยก และกลุ่มทดลองที่ 2 ยังสามารถออกแรงได้ตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว จึ่งทำให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่ 1 ที่จะออกแรงมากในช่วงแรกของการยกเพื่อเอาชนะแรงเฉื่อย หลังจากนั้นการออกแรงก็จะน้อยลง อีกทั้งการฝึกแบบพลังอดทนจะช่วยเพิ่มระบบของพลังงานแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งสอดคล้องกับ Paavolainen and others (Paavolainen, Hakkinen, Hamalainen, Nummela, & Rusko, 1999) ที่กล่าวว่ารูปแบบการฝึกพลังอดทนนั้นจะช่วยพัฒนาความสามารถในการใช้พลังงานในระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน (Aerobic power and Anaerobic power) อีกทั้งยังเพิ่มความจุของการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน และการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Aerobic capacity and Anaerobic capacity) เพราะการฝึกในรูปแบบพลังอดทนนั้นจะฝึกอยู่ในช่วงระบบพลังงานที่ใช้ไกลโคไลซิส (Glycolysis + lactic acid) เป็นพลังงานหลักและเกิดกรดแลกติกสะสม ซึ่งการฝึกอยู่ในช่วงพลังงานนี้จะช่วยส่งผลให้การเก็บกักพลังงานแบบครีเอทีน ฟอสเฟต (PCr store) ทำได้ดีขึ้น และใช้พลังงานแบบครีเอทีน ฟอสเฟต ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังส่งผลไปถึงความสามารถในการลำเลียงออกซิเจนไปใช้ได้ดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยส่งผลถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในเรื่องของการสมดุลของกรดและด่างในร่างกายได้ดีขึ้น จึงส่งผลให้กลุ่มทดลองที่ 2 ที่ฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ มีพลังอดทนมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนัก และกลุ่มควบคุม ฝึกปกติ

การผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงด้นอากศเพื่อเพิ่มพลังอดทนจะต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกมากกว่าการฝึกเพื่อเพิ่มพลังสูงสุด กล่าวคือการฝึกเพื่อเพิ่มพลังอดทนเกิดการพัฒนาอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกด้วยน้ำหนักอย่างเดียวหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 (ตารางที่ 10) ซึ่งสอดคล้องกับ Bompa ที่กล่าวว่าการฝึกเพื่อเพิ่มพลังอดทนต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกตั้งแต่ 6 สัปดาห์ขึ้นไป จึงจะเกิดการพัฒนา

2. พลังสูงสุด

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ต้องการที่จะเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนักเพียงอย่างเดียวที่มีต่อพลังสูงสุดที่สามารถยกได้ในท่าซูโม สคอวท พลังสูงสุด เกิดจากแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุด และความเร็วสูงสุดของการยกขึ้น จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ มีพลังสูงสุดมากกว่ากลุ่มควบคุม ฝึกปกติ (ตารางที่ 12) และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ มีพลังสูงสุดมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนัก และกลุ่มควบคุม ฝึกปกติ (ตารางที่ 13) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้

เหตุผลที่หลังการทดลองกลุ่มทดลองที่ 2 สามารถพัฒนาพลังสูงสุดที่สามารถทำได้มากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มควบคุม เนื่องจากกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนัก การออกแรงยกน้ำหนัก

ในการฝึกด้วยน้ำหนักจะออกแรงในช่วงแรกหรือช่วงที่กล้ามเนื้อทำงานแบบคอนเซ็นตริก (Concentric muscle action) ในการยกน้ำหนักขึ้น พอผ่านจุดนี้การทำงานของกล้ามเนื้อก็จะลดลงเปรียบเหมือนกับว่าน้ำหนักที่เราใช้มีน้ำหนักน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับLander and others (Lander et al., 1985) กล่าวว่ารูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบนช์ เพรส (Bench press) ด้วยความหนัก 90% ของความแข็งแรงสูงสุดจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ซึ่งช่วงแรกจะเรียกว่าช่วงความเร่ง (The acceleration phase) ซึ่งช่วงนี้จะใช้เวลาทั้งหมด 16 % แรกของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริก และพบว่าจะมีการเกิดแรงสูงสุดในช่วงนี้ ช่วงที่ 2 ที่จะตามมาคือ ช่วงที่แรงที่ใช้ในการออกแรงยกจะน้อยกว่าแรงต้านของบาร์เบลล์ และใช้เวลาต่อจากช่วงแรกคือ 16 % จนถึง 42% ของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริก ช่วงนี้จะถูกเรียกว่าช่วงสติคกิ้ง (Sticking point) เนื่องจากแรงที่ใช้ในการยกน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์จึงทำให้สูญเสียความเร็วในการดันขึ้น และช่วงต่อมาคือจะใช้เวลาตั้งแต่ 42% จนถึง 82% ของเวลาทั้งหมด โดยจะพบว่าในช่วงนี้จะเป็นอีกครั้งหนึ่งที่แรงที่ใช้ในการยกจะมากกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ และเรียกช่วงที่ 3 นี้ว่า ช่วงของความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength region) ต่อมาคือช่วงสุดท้ายที่จะใช้เวลา 18 % สุดท้ายของเวลาทั้งหมด โดยเรียกช่วงนี้ว่า ช่วงความหน่วง (The deceleration phase) ซึ่งจะพบว่าในช่วงนี้แรงที่ใช้ในการยกจะน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ เช่นเดียวกับ Wilson (Wilson, 1994) กล่าวว่ารูปแบบของแรงนั้นมีลักษณะเดียวกับรูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากในท่าฝึกสควอทด้วยความหนัก 30% ของความแข็งแรงสูงสุด ที่จะเกิดแรงที่มากในตอนแรกที่ยก เนื่องจากมีโมเมนตัม (Momentum) เกิดขึ้น และการออกแรงตลอดมุมการเคลื่อนไหวที่เหลือจะเกิดขึ้นน้อย โดยจะเกิดมีช่วงของการหน่วง (Deceleration) ในช่วงท้ายของการยกเพื่อหยุดน้ำหนักไว้ นั้นจึงหมายถึงว่าระดับของแรงที่สูงจะเกิดเพียงเล็กน้อยของมุมการเคลื่อนไหว เช่นเดียวกับ Elliott and others (Elliott, Wilson, & Kerr, 1989) ที่กล่าวว่ารูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักไม่สามารถพัฒนาความสามารถสูงสุดได้ เพราะน้ำหนักที่นำมาใช้ในการฝึกจะถูกจำกัดโดยการทำงานของร่างกายมนุษย์ กล่าวคือ เมื่อเริ่มยกน้ำหนักร่างกายจะออกแรงมากในช่วงแรก หรือช่วงที่กล้ามเนื้อทำงานแบบคอนเซ็นตริก และจะทำงานลดลงเรื่อยๆ นั้นหมายความว่าเมื่อผ่านจุดที่กล้ามเนื้อทำงานแบบคอนเซ็นตริกและช่วงท้ายของการยกก็จะเป็นช่วงของการหน่วงเพื่อหยุดน้ำหนักไว้ แต่ในกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ มีการนำการฝึกของแรงดันอากาศเข้ามาผสมผสานเพื่อช่วยเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น กล่าวคือช่วงแรงของการยกน้ำหนักขึ้นกล้ามเนื้อจะออกแรงมาก แต่พอผ่านช่วงแรกไปการออกแรงจะน้อยลง การที่ผสมผสานการฝึกด้วยแรงดันอากาศเข้าไป ทำให้จุดที่การออกแรงน้อยลง สามารถเพิ่มแรงต้านทำให้การออกแรงของกล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับ Frost and others (Frost et al., 2008) ที่กล่าวว่ารูปแบบการฝึกด้วยแรงดันอากาศสามารถเพิ่มแรงเฉื่อย (Inertia) และเพิ่มโมเมนตัม (Momentum) ในการยกได้ จึงทำให้กลุ่มทดลองที่ 2 ที่ฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ สามารถสร้างแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งการยกได้มากกว่า และเนื่องจากพลังสูงสุดเกิดจากแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุด และความเร็วสูงสุดของการยกขึ้น จึ่งส่งผลให้กลุ่มทดลองที่ 2 มีพลังสูงสุดมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มควบคุม

3. ความสามารถในการเร่งความเร็ว

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ต้องการที่จะเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนักเพียงอย่างเดียวที่มีต่อความสามารถในการเร่งความเร็ว จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าความสามารถในการเร่งความเร็วก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 14) ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ อาจเนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้ฝึกเพื่อพัฒนาพลังอดทนของกล้ามเนื้อ ซึ่งใช้ความหนักในการฝึกอยู่ที่ 30% ของ 1RM และจำนวนครั้งที่ใช้คือ 20 ครั้งต่อเซต จึงทำให้ความสามารถในการเร่งความเร็วไม่แตกต่างกัน เนื่องจากความสามารถในการเร่งต้องใช้พลังระเบิดในการที่จะพยายามเอาชนะแรงเฉื่อยในการเคลื่อนที่ ซึ่งสอดคล้องกับ Bompa (Bompa, 1999a) กล่าวว่า พลังหรือความสามารถในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) จะเกิดขึ้นได้นั้นต้องใช้การฝึกที่ทำให้เกิดพลังระเบิด (Explosive power) กล่าวคือต้องใช้ความหนักในการฝึกที่มากอยู่ในช่วง 85-100% ของ 1RM และจำนวนที่ใช้ในการฝึกไม่มาก คืออยู่ในช่วง 1-6 ครั้ง จะช่วยพัฒนาพลังระเบิดได้ดี

4. ความคล่องแคล่วว่องไว

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ต้องการที่จะเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนักเพียงอย่างเดียวที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไว จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีความคล่องแคล่วว่องไวไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 16) ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ อาจเนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้ฝึกเพื่อพัฒนาพลังอดทนของกล้ามเนื้อ ซึ่งใช้ความหนักในการฝึกอยู่ที่ 30% ของ 1RM ซึ่งองค์ประกอบที่จะทำให้เกิดความคล่องแคล่วว่องไวที่ดีนั้น Bompa (Bompa, 1999a) กล่าวว่าความคล่องแคล่วว่องไวนั้นเกิดจากองค์ประกอบหลายอย่างรวมเข้าด้วยกัน ได้แก่ พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ความเร็ว การทำงานประสานร่วมกันของระบบประสาท ความอ่อนตัว และการทรงตัวที่ดี อีกทั้งรูปแบบของการทดสอบใช้ระยะเวลาในการทำที่ไม่นานพอที่จะสามารถแสดงพลังอดทนของกล้ามเนื้อออกมาได้อย่างชัดเจน จึงอาจทำให้ผลของการวิจัยออกมาไม่แตกต่างกันในกลุ่มที่ผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนักเพียงอย่างเดียว

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

1. หลังจากการฝึกเพียง 8 สัปดาห์ การผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ สามารถพัฒนาพลังสูงสุด พลังอดทน และความคล่องแคล่วว่องไวได้ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนัก

2. การผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ สามารถพัฒนาพลังสูงสุด พลังอดทน และความคล่องแคล่วว่องไวได้ดี โดยใช้เวลาเพียง 8 สัปดาห์ รวมทั้งยังใช้เวลาน้อยในการฝึกแต่ละครั้ง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการฝึกนักกีฬาที่มีเวลาในการเตรียมความพร้อมก่อนการแข่งขันน้อย เหมือนกีฬาเทนนิส

3. การผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ สามารถทำให้กล้ามเนื้อออกแรกได้อย่างเต็มช่วงของการเคลื่อนไหว จึงเป็นแบบฝึกที่มีประสิทธิภาพ เหมาะที่จะเป็นแบบฝึกเพื่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา

4. การผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ ด้วยโปรแกรมพลังอดทนไม่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ กับชนิดกีฬาอื่นๆที่จำเป็นต้องใช้สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา โดยเฉพาะกีฬาที่ต้องใช้การเคลื่อนที่ด้านข้างเป็นส่วนใหญ่

2. ควรมีการศึกษาระยะเวลาของการคงอยู่ของผลการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ หลังจากที่ทำการฝึกตามระยะเวลาที่กำหนดไว้แล้วนั้น พลังอดทน พลังสูงสุด และความคล่องแคล่วว่องไวที่เพิ่มขึ้นนั้นจะยังคงอยู่ได้นานเพียงใด เพื่อเป็นแนวทางในการวางโปรแกรมการฝึกได้อย่างถูกต้อง

3. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ ในระยะเวลาที่นานกว่า 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Baker, D., Nance, S., & Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *journal of strength and Conditioning Research,* 15(1).

Bompa, T. O. (1993). *Periodization of Strength*. Toronto, Canada: Veritas.

Bompa, T. O. (1999a). *Periodization training for sport : Agility and strength training*. Toronto, Canada: Veritas.

Bompa, T. O. (1999b). Periodization training for sport : Programs for peak strength in 35 sports. Toronto, Canada: Veritas.

Bompa, T. O. (2005). *Periodization training for sport* (second ed.): Human kinetics.

Chuang, L.-R., & Shiang, T.-Y. (2007). The training effects of 10 weeks whole body vibration (WBV) stimulus on Shan-shou athletes. *Journal of Biomechanics,* 40, S356. doi: 10.1016/s0021-9290(07)70351-2

ClarK, S., Martin, D., & Fornasiero, H. L. (2003). Relationships Between Speed and Agility In Nationally Ranked Junior Tennis Player. from http://www.ausport.gov.au/fulltext/1998/acsm/smabs111.htm

Conley, M. S., & Rozenek, R. (2001). Health Aspects of Resistance Exercise and Training. *journal of strength and Conditioning Research,* 23(6).

David, F. M., Cronin, J., & Newton, R. U. (2010). A Biomechanical Evaluation of Resistance Fundamental Concepts for Training and Sports Performance. *Sport Med,* 40(4), 303-326.

Dunn, M. J. (1990). *Special education*. Oregon, USA: Oregon State University.

Elliott, B., Wilson, G., & Kerr, G. (1989). A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 21(4), 450-462.

Ferrauti, A., Weber, K., & sturder, H. K. (1997). Effects of tennis training on lipid metabolism and lipoproteins in recreational players. *Br J Sports Med,* 31, 322-327.

Frost, D. M., Cronin, J. B., & Newton, R. U. (2008). A comparison of the kinematics, kinetics and muscle activity between pneumatic and free weight resistance. *Eur J Appl Physiol,* 104(6), 937-956. doi: 10.1007/s00421-008-0821-8

Heyward, W. P. (1988). *Muscle testing for sport. In O. Appenzeller (ed.)*. Maryland : Urban & Schwarzinberg: Sport medicine.

Karp, J. R. (2001). Muscle fiber type and training. *National Strength and Conditioning Association,* 23(5), 21-26.

Keul, J., Stockhausen, W., Pokan, R., Huonker, M., & Berg, A. (1991). Metabolic and cardiovascular adaptation and performance of professional tennis players. *Deutsche Medizinische Wochenschrift,* 116(20), 761-767.

Lander, J. E., Bates, B. T., Sawhill, J. A., & Hamill, J. (1985). A comparison between free-weight and isokinetic bench pressing. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 17(3), 344-353.

Lori, P. S., & Margaret, J. T. (1998). Development of speed, agility and quickness for tennis athletes. *journal of strength and Conditioning Research,* 20(3), 14-19.

Mark, S. W., Joseph, W. M., Cal, D. C., Russell, G. M., & Arthur, E. G. (2010). Acute effects of elastic bands during the free-weight barbell back squat exercise on velocity, power and force production. *journal of strength and Conditioning Research,* 24(11), 2944-2954.

McArdle, D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (1996). *Exercise physiology*. Baltimore: William & Wikins.

Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power : Implications for a mixed methods training strategy. *National Strength and Conditioning Association,* 16(5), 20-31.

O'Shea, P. (2000). *Quantum Strength Fitness II (Gaining the Wining Edge)*: Pattrick's Books.

Orr, R., Nathan, D. V. J., Nalin, S. A., Ross, D. A., Stavrinos, T. M., & Maria, F.-S. A. (2006). Power training improves balance in healthy older adults. *journal of Gerontology: Medical Seiences,* 61*A*(1), 78-85.

Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time. *J Appl Physiol,* 86(5), 1527-1533.

Pearson, D., & Mazzetti, S. (1999). Periodization at a glance. *National Strength and Conditioning Association,* 21(2), 52-53.

Peltonen, H., Hakkinen, K., & Avela, J. (2013). Neuromuscular responses to different resistance loading protocols using pneumatic and weight stack devices. *J Electromyogr Kinesiol,* 23(1), 118-124. doi: 10.1016/j.jelekin.2012.08.017

Powers, S. K., & Walker, R. (1982). Physiological and anatomical characteristics of outstanding female junior tennis players. *Research Quarterly for Exercise and Sport,* 53(2), 172-175.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Roetert, E. P., Brown, S. W., Piorkowskil, P. A., & Woods, R. B. (1996). Fitness Comparisons Among Three Different Levels of Elite Tennis Players. *National Strength and Conditioning Association,* 10(3).

Roger, F. A., Nathan, L. K., Anthony, C., Jonathan, B., Kelly, M., & Maria, F.-S. A. (2002). High-Velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *American Geriatrics Society,* 50, 655-662.

Sharkey, B., & Gaskill, S. (2006). *Sport physiology for coaches*. Champaigh, IL: Human Kinetic.

Stone, M., & O'Bryant, H. (1987). *Weight training : Scientific approach*. Minneapolis: Burgess International.

Teichner, W. H. (1954). Recent studies of simple reaction time. *Psychological Bulletin,* 51(2), 128-149.

Tom, G. (1998). *Complete Conditioning for Tennis. United State Tennis Association.* Champaign: Human Kinetics

Umberger, B. R. (1998). Mechanics of the vertical jump and two – joint muscles : Implication for training. *National Strength and Conditioning Association*, 70-74.

Vodak, P., Savin, W., Haskell, W., & Wood, P. (1980). Physiological profile of middle-aged male and female tennis players. *Medicine and Science in Sport and Exercise,* 12(3), 159-163.

Wathen, D., & Roll, F. (1994). *Training Methods and Modes*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Weineck, J. (1990). *Functional anatomy in sport*. St. Louis: Mosby.

Wilk, K. E., Voight, M. L., Keirns, M. A., Gambetta, V., Andrews, J. R., & Dillman, C. J. (1993). Strecth-shortening drills for the upper extremities : theory and Clinical application. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy,* 17(5), 25-39.

Wilson, G. J. (1994). *Strenght and Power in sport*. Victoria, Australia: Blackwell Scientific Publications.

Winneck, J. P., & Short, F. X. (1985). *Physical fitness testing of the disabled*. Champaign, IL: Human Kinetics.

กรมพลศึกษา. (2539). การทดสอบและประเมินผลสมรรถภาพทางกาย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์การศาสนา.

จุลเกียรติ หงษา. (2546). ผลของการฝึกวิ่งแบบตัว X และรูปแบบตัว M ที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในกีฬาเทนนิส. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตร์ศาสตร์.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2538). เทคนิคการฝึกความเร็ว กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล. (2548). ผลของการฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดที่มีต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์. (2544). การเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และการฝึกเชิงซ้อน ที่มีผลต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์. (2545). ผลของการฝึกเชิงซ้อนที่มีต่อการเร่งความเร็วของนักวิ่ง 100 เมตร ทีมชาติไทย. รายงานผลการวิจัย ทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัย ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์, & กันยา ปาละวิวัธน์. (2535). สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ: ธรรมกมลการพิมพ์.

นาทรพี ผลใหญ่. (2552). การนำเสนอรูปแบบการฝึกที่ผสมผสานความอดทน และความแข็งแรง เพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล. วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พลเทพ สุขศิริ. (2549). ผลของการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีประสิทธิภาพในการเสิร์ฟเทนนิส. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรางคณา สารศิลป์. (2549). ผลการฝึกพลัยโอเมตริกของกล้ามเนื้อหัวไหล่ที่มีผลต่อความแรงในการเสิร์ฟของนักกีฬาเทนนิสเยาวชนตัวแทนเขตการศึกษา 8. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศิลปชัย สุวรรณธาดา. (2532). การเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวทฤษฎีและปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพลศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธิกร อาภานุกูล. (2552). ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนุชา หิรัญวัฒน์. (2548). ระบบนิวแมติก: กับการควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
การแบ่งระดับความชำนาญของผู้เล่นโดยโปรแกรมการจัดอันดับเทนนิสสากล
National Tennis Rating Program

การแบ่งระดับความชำนาญของผู้เล่นโดยโปรแกรมการจัดอันดับเทนนิสสากล (National Tennis Rating Program) ซึ่งพัฒนาโดยสมาคมเทนนิสแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Tennis Association) ในปี ค.ศ. 1979 โดยแบ่งเป็นระดับ 1-7 ได้แก่

ระดับ	ความสามารถ
1.0	ผู้เล่นเพิ่งจะเริ่มเล่นเทนนิส
1.5	มีประสบการณ์น้อยและยังคงต้องเริ่มโยนลูกเทนนิสให้เล่น
2.0	มีประสบการณ์ในการเล่นบนสนามเทนนิส มีจุดอ่อนในการตีอย่างชัดเจน แต่ผู้เล่นคุ้นเคยกับตำแหน่งพื้นฐานสำหรับเทนนิสเดี่ยวและคู่
2.5	เรียนการตัดสินว่าลูกบอลตกที่ตำแหน่งใด แม้ว่าจะไม่สามารถป้องกันพื้นที่ในสนามได้ สามารถประคองการเล่นตีโต้ในช่วงสั้นกับผู้เล่นอื่นที่มีความสามารถระดับเดียวกัน
3.0	สามารถตีโต้ได้ในเวลาปานกลาง แต่ไม่สามารถพอเพียงที่จะตีเทนนิสได้ทุกท่า และไม่สามารถควบคุมทิศทาง ความไกลหรือความแรงของลูกได้ ส่วนมากจะมีรูปแบบการตีซ้ำ ๆ กัน คือ ตีโด่ง หรือตีลูกออกไปทางด้านหลัง
3.5	สามารถพัฒนาท่าตีให้สามารถควบคุมทิศทางของลูกในการตีโต้แบบปานกลาง แต่ไม่สามารถควบคุมความไกล หรือตีในลักษณะที่แตกต่างออกไปได้ เริ่มที่จะเป็นฝ่ายรุกหน้าตาข่ายมากขึ้น สามารถเพิ่มการป้องกันพื้นที่ในสนาม และสร้างกลุ่มที่ทำงานร่วมกันในการตีคู่ได้
4.0	มีความสามารถในท่าตีเทนนิสต่าง ๆ รวมถึงสามารถควบคุมทิศทางการตี และความลึกทั้งในท่าตีหน้ามือ (Forehand) และท่าตีหลังมือ (Backhand) ในการตีที่มีความรุนแรงปานกลาง รวมถึงสามารถใช้ lobs, overhead, approach shots และ volleys ได้ มีการกะแรงที่ผิดพลาดบ้างเป็นครั้งคราวเมื่อเสิร์ฟหรือเล่นคู่ การตีโต้อาจจะเกิดลูกเสียเนื่องจากความกระสับกระส่ายหรือใจร้อน
5.0	มีการกะระยะการตกของลูก และมีการตีได้แต้มสวยงามบ่อยครั้ง หรือมีรูปแบบการเล่นที่คงเส้นคงวาสม่ำเสมอ ตีลูก winner หรือออกแรงตีลูกส่งให้คู่ต่อสู้ตีผิดพลาด และสามารถตีลูก volleys ได้แต้ม รวมถึงสมารถประสบความสำเร็จในการทำ lobs, drop shots, half volleys และ overhead smashes นอกจากนี้ยังสามารถตีเทนนิสลึกได้ดี และการเสิร์ฟครั้งที่ 2 ส่วนใหญ่เป็นการเสิร์ฟลูกแบบหมุน (spin)
5.5	สามารถสร้างกำลัง และ/หรือมีความเหนียวแน่นในการตีเช่นเดียวกับอาวุธที่สำคัญ (major weapon) ในการแข่งขันสามารถใช้ยุทธวิธีการเล่นในภาวะแข่งขัน และสามารถตีไม่ผิดพลาดในสถานการณ์ที่ตึงเครียดได้
6-7	โดยทั่วไปไม่จำเป็นต้องใช้การจัดอันดับของ NTRP การจัดอันดับ หรืออันดับที่ได้รับในอดีตจะเป็นตัวบอกระดับมาตรฐานการเล่นของพวกเขา ระดับ 6.0 ได้รับการจัดอันดับในท้องถิ่นหรือระดับประเทศ ผู้เล่นระดับ 6.5 มีการเข้าร่วมการแข่งขันแบบ satellite tournament บ่อยครั้ง อย่างต่อเนื่อง ระดับ 7.0 สามารถแข่งขันได้เงินจนเป็นอาชีพของตนเองได้

ภาคผนวก ข
แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย

ชื่อ-นามสกุล..... วัน/เดือน/ปี เกิด.....

อายุ.....ปี เพศ..... น้ำหนัก.....กก. ส่วนสูง.....ซม.

ตัวแปรที่วัด	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 4 สัปดาห์	หลังการฝึก 8 สัปดาห์
1. ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)			
2. พลังสูงสุด (วัตต์ต่อกิโลกรัม)			
3. พลังอดทน (วัตต์ต่อกิโลกรัม)			
4.ความสามารถในการเร่งความเร็ว (เมตรต่อวินาทีกำลังสอง)			

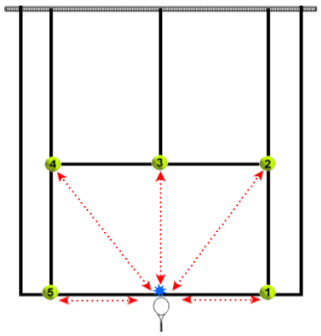
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
แบบทดสอบสมรรถภาพทางกาย

1. แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (Spider test) (Roetert, Brown, Piorkowskil, & Woods, 1996)

อุปกรณ์

เครื่องจับเวลานิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300



วิธีการทดสอบ

1. นักกีฬายืนที่จุดเริ่มต้น เมื่อได้ยินเสียงจากเครื่องจับเวลานิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 ให้วิ่งเก็บลูกเทนนิสจากจุดที่ 1 มาวางตรงจุดเริ่มต้น ให้วิ่งไปเก็บลูกเทนนิสตำแหน่งที่ 2 แล้วนำมาวางไว้ในตำแหน่งเริ่มต้น แล้ววิ่งไปตำแหน่งที่ 3 เก็บลูกเทนนิสแล้วนำมาวางในตำแหน่งเริ่มต้น ทำแบบนี้จนครบทั้ง 5 จุด ถือเป็นการสิ้นสุดการทดสอบ 1 ครั้ง

2. ทำการทดสอบ 3 ครั้ง แล้วนำครั้งที่ดีที่สุดมาเป็นข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. แบบทดสอบพลังสูงสุด (Peak power))

อุปกรณ์

เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 Power System)

วิธีการทดสอบ

1. นักกีฬาขึ้นไปยืนบนเครื่องเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด แล้วทำการกระโดดในท่าย่อเข่าทำมุม 90 องศา ต่อเนื่องกันจำนวน 6 ครั้ง
2. นำค่าพลังสูงสุด มาเป็นข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. แบบทดสอบพลังอดทน (Power endurance test)

อุปกรณ์

เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 Power System)

วิธีการทดสอบ

1. นักกีฬาขึ้นไปยืนบนเครื่องเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด แล้วทำการกระโดดในท่าย่อเข่าทำมุม 90 องศา ต่อเนื่องกันจำนวน 30 ครั้ง
2. นำค่าพลังสูงสุด และค่าพลังเฉลี่ยของการกระโดด 30 ครั้ง มาเป็นข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. แบบทดสอบความสามารถในการเร่งความเร็ว (Acceleration ability)

อุปกรณ์

เครื่องจับเวลานิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300

วิธีการทดสอบ

1. ติดตั้งเครื่องจับเวลา นิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 (Newtest powertimer SW-300) โดยใช้เซ็นเซอร์ในการออกตัว และหยุดเวลา ในระยะทาง 10 เมตร
2. นักกีฬาเตรียมความพร้อม อบอุ่นร่างกาย และพร้อมทำการทดสอบ
3. อธิบายวิธีการทดสอบให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเข้าใจโดยละเอียด
4. นักกีฬาเข้ามายืนเตรียมตัววิ่งหลังเซ็นเซอร์ที่จุดออกตัว
5. เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณจากตัวเครื่อง ให้เร่งความเร็วสูงสุดเท่าที่ทำได้จนถึงจุดสิ้นสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

แบบบันทึก และวิธีการหาสัดส่วนแรงต้านของการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

แบบบันทึกการหาสัดส่วนแรงต้านของการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

ชื่อ-นามสกุล..... วัน/เดือน/ปี เกิด.....กลุ่มที่.....

อายุ.....ปี เพศ..... น้ำหนัก.....กก. ส่วนสูง.....ซม.

	90 : 10 (วัตต์)	80 : 20 (วัตต์)	70 : 30 (วัตต์)	60 : 40 (วัตต์)	50 : 50 (วัตต์)
สัปดาห์ที่ 1					
สัปดาห์ที่ 2					
สัปดาห์ที่ 3					
สัปดาห์ที่ 4					
สัปดาห์ที่ 5					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการหาสัดส่วนแรงต้านของการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

อุปกรณ์

แผ่นวัดแรง (Force plate) โดยต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ และใช้โปรแกรม BMS (Ballistic Measurement System)

เครื่องไกเซอร์ (Keiser)

วิธีการทดสอบ

1. ใช้ความหนักที่ 30% ของหนึ่งอาร์เอ็ม
2. นำความหนักที่ได้มาหาสัดส่วนแรงต้านของการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศตามที่ต้องการ (90 :10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 หรือ 50 : 50)
3. ให้นักกีฬาอบอุ่นร่างกายให้เสร็จสิ้น และพร้อมทำการทดสอบ
4. อธิบายวิธีการทดสอบให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเข้าใจโดยละเอียด
5. นักกีฬามายืนในไกเซอร์ (Keiser) ที่มีการติดตั้งเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิดแล้วยืนตรงแบกน้ำหนัก โดยใช้ท่าเท้ากว้างแบกน้ำหนักย่อตัวลงอย่างช้าๆจนกระทั่งเข่าเป็นมุม 90 องศา และดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง (Sumo squat) จำนวน 6 ครั้ง ด้วยความพยายามสูงสุด อย่างรวดเร็ว
6. นำค่าพลังสูงสุดที่ได้มาเป็นข้อมูล

ภาคผนวก จ
รูปแบบการฝึกปกติ (การฝึกทักษะเทนนิส)

โปรแกรมการฝึกปกติ สัปดาห์ที่ 1-8

ฝึกวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ เวลา 17.00 - 18.00 น.

ลำดับที่	เนื้อหา	เวลาฝึก	เวลารวม
1.อบอุ่นร่างกาย (Warm up)	วิ่งเหยาะๆรอบสนาม	15 นาที	
2. ฝึกทักษะ (Skill)	1. จับคู่ครึ่งสนาม (Half court) ฝึกการตีโต้ด้วยการตีลูกกระดอนหน้ามือ (Forehand ground strokes) และการตีลูกกระดอนหลังมือ (Backhand ground strokes) 2. ฝึกตีลูกกระดอนหน้ามือ (Forehand ground strokes) จากท้ายสนาม (Full court) โดยมีผู้โยนลูกเทนนิสข้ามตาข่ายให้ ผู้ตีจะต้องก้าวเข้าไปตีตำแหน่งที่ลูกลอยมาแล้วตีข้ามตาข่าย 3. ฝึกตีลูกกระดอนหลังมือ (Backhand ground strokes) จากท้ายสนาม (Full court) โดยมีผู้โยนลูกเทนนิสข้ามตาข่ายให้ ผู้ตีจะต้องก้าวเข้าไปตีตำแหน่งที่ลูกลอยมาแล้วตีข้ามตาข่าย 4. จับคู่ที่ท้ายสนาม (Full court) ฝึกการตีโต้ ด้วยการตีลูกกระดอนหน้ามือ(Forehand ground strokes) และการตีลูกกระดอนหลังมือ (Backhand ground strokes) 5. จับคู่ฝึกการตีลูกลอยในอากาศ (Volley) โดยให้เพื่อนเป็นผู้ตีป้อนจากท้ายสนาม และผู้ฝึกทำการตีลูกลอยในอากาศหน้ามือ (Forehand volley) และลูกลอยในอากาศหลังมือ (Backhand volley) 6. ฝึกการเสิร์ฟ (Service) ทั้งทางด้านขวา และทางด้านซ้าย	10 นาที 10 นาที 10 นาที 10 นาที	60 นาที
3. คูลดาวน์ (Cool down)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	15 นาที	

โปรแกรมการฝึกปกติ สัปดาห์ที่ 1-8

ฝึกวันอังคาร และวันพฤหัสบดี เวลา 17.00 - 18.00 น.

ลำดับที่	เนื้อหา	เวลาฝึก	เวลารวม
1.อบอุ่นร่างกาย (Warm up)	วิ่งเหยาะๆรอบสนาม	15 นาที	
2. ฝึกทักษะ (Skill)	1. ฝึกตีลูกกระดอนหน้ามือ (Forehand ground strokes) จากท้ายคอร์ท (Full court) โดยมีผู้โยนลูกเทนนิสข้ามตาข่าย ผู้ตีจะต้องก้าวเข้าไปตีตำแหน่งที่ลูกลอยมาแล้วตีข้ามตาข่าย 2. ฝึกตีลูกกระดอนหลังมือ (Backhand ground strokes) จากท้ายคอร์ท (Full court) โดยมีผู้โยนลูกเทนนิสข้ามตาข่าย ผู้ตีจะต้องก้าวเข้าไปตีตำแหน่งที่ลูกลอยมาแล้วตีข้ามตาข่าย 3. จับคู่ที่ท้ายสนาม (Full court) ฝึกการตีโต้ ด้วยการตีลูกกระดอนหน้ามือ (Forehand ground strokes) และการตีลูกกระดอนหลังมือ (Backhand ground strokes) 4. จับคู่ฝึกการตีลูกลอยในอากาศ (Volley) โดยให้เพื่อนเป็นผู้ตีป้อนจากท้ายสนาม และผู้ฝึกทำการตีลูกลอยในอากาศ หน้ามือ (Forehand volley) และลูกลอยในอากาศหลังมือ (Backhand volley) 5. ฝึกเล่นแต้มในประเภทเดี่ยว และประเภทคู่	10 นาที 10 นาที 10 นาที 10 นาที 20 นาที	60 นาที
3. คูลดาวน์ (Cool down)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	15 นาที	

ภาคผนวก ฉ
รูปแบบการฝึก และโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนัก (Weight training)

รูปแบบการฝึก

การฝึกด้วยน้ำหนัก หมายถึง การฝึกที่ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยใช้น้ำหนักจากภายนอกเป็นแรงต้านทาน ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำหนักจากโอลิมปิก บาร์เบล และแผ่นเหล็กเพิ่มน้ำหนัก ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าเท้ากว้างแบกน้ำหนักย่อตัวลงอย่างช้าๆจนกระทั่งเข่าเป็นมุม 90 องศา และดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง (Sumo squat) โดยมีขั้นตอนการฝึกดังนี้

1. ติดตั้งเครื่องไกเซอร์ (Keiser) ให้พร้อมกับการทำงาน โดยการใส่น้ำหนักที่ใช้ในการฝึก
2. ให้นักกีฬาอบอุ่นร่างกาย เตรียมความพร้อม ก่อนทำการฝึกด้วยน้ำหนัก
3. ให้นักกีฬามายืนในเครื่อง ไกเซอร์ (Keiser) แล้วยืนตรงเท้ากว้างแบกน้ำหนัก แล้วย่อตัวลงอย่างช้าๆ จนเข่าทำมุมประมาณ 90 องศา แล้วดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง
4. ทำในลักษณะแบบนี้ต่อเนื่องจนกว่าจะครบจำนวนชุด

โปรแกรมการฝึก

1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย ประมาณ 12 นาที ประกอบด้วย
   - วิ่งเหยาะๆ รอบสนาม 2 นาที
   - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที
2. ฝึกโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนัก

ความหนัก	30%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	20	ครั้ง
จำนวนชุด	3	ชุด

3. เวลาพัก
   - พักระหว่างชุด 4 นาที
   - พักก่อนการฝึกปกติ 60 นาที
4. คูลดาวน์ (Cool-down) 15 นาที
   - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 15 นาที
5. ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ติดต่อกัน โดยทำการฝึกทักษะเทนนิส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ช
รูปแบบการฝึก และโปรแกรมการฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

(Combined weight and pneumatic training)

รูปแบบการฝึก

รูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ(Combined weight and pneumatic training) หมายถึง การฝึกโดยใช้น้ำหนักจากแผ่นเหล็ก กับแรงดันอากาศผสมผสานกันในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นแรงต้านทาน ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำหนักแรงดันอากาศจากเครื่องไกเซอร์ และน้ำหนักจากแผ่นเหล็ก โดยใช้ท่าเท้ากว้างแบกน้ำหนักย่อตัวลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งเข่าเป็นมุม 90 องศา และดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง (Sumo squat) โดยมีขั้นตอนการฝึกดังนี้

1. ติดตั้งเครื่องไกเซอร์ (Keiser) ให้พร้อมกับการทำงานโดยการใส่น้ำหนักที่ใช้ในการฝึก
2. ให้นักกีฬาอบอุ่นร่างกาย เตรียมความพร้อม ก่อนทำการฝึกด้วยน้ำหนัก
3. ให้นักกีฬามายืนในเครื่อง ไกเซอร์ (Keiser) แล้วยืนตรงเท้ากว้างแบกน้ำหนัก แล้วย่อตัวลงอย่างช้าๆ จนเข่าทำมุมประมาณ 90 องศา แล้วดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง
4. ทำในลักษณะแบบนี้ต่อเนื่องจนกว่าจะครบจำนวนชุด

โปรแกรมการฝึก

1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย ประมาณ 12 นาที ประกอบด้วย
    - วิ่งเหยาะๆ รอบสนาม 2 นาที
    - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที
2. ฝึกโปรแกรมการฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

ความหนัก	30%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	20	ครั้ง
จำนวนชุด	3	ชุด

3. เวลาพัก
    - พักระหว่างชุด 4 นาที
    - พักก่อนการฝึกปกติ 60 นาที
4. คูลดาวน์ (Cool-down) 15 นาที
    - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 15 นาที
5. ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ติดต่อกัน โดยทำการฝึกก่อนการฝึกทักษะเทนนิส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ซ
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ เจริญ กระบวนรัตน์	ภาควิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร กมุทศรี	วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดรอภิลักษณ์ เทียนทอง .	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. อาจารย์เอกวิทย์ แสวงผล	สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขต กรุงเทพ และผู้ฝึกสอนกรีฑาทีมชาติไทย
5. อาจารย์มาโนช บุตรเมือง	ผู้ช่วยผู้อำนวยการสำนักงานการกีฬาด้านวิชาการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่ ศธ ๐๕๑๒.๒๔/ กีฬา

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพระราม ๑ ปทุมวัน
กทม. ๑๐๓๓๐

มิถุนายน ๒๕๕๕

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน

สิ่งที่สิ่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์

๒. โปรแกรมฝึกด้วยน้ำหนัก

๓. โปรแกรมการฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

ด้วย นายสุทธิกร อาภานุกูล นิสิตระดับดุษฎีบัณฑิต ชั้นปีที่ ๔ แขนงวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้การควบคุมของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้อง และความสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต ใคร่ขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิชิต คนึงสุขเกษม)

คณบดี

ร่าง .....
พิมพ์ .....

หน่วยหลักสูตรการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา ฝ่ายวิชาการและวิจัย

โทร.๐-๒๒๑๘-๑๐๑๖

โทรสาร ๐-๒๒๑๘-๑๐๑๖

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกแบบด้วยน้ำหนัก

เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักที่ต้องการวัด ว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

+1 หมายถึง มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึก

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึก

- 1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึก

เนื้อหา	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ		
	+ 1	**0**	**- 1**(ควรเปลี่ยนแปลงเป็น)
1. ท่าที่ใช้ในการเท้ากว้างแบกน้ำหนักย่อตัวลงจนกระทั่งเข่าทำมุม 90 องศา โดยประมาณและดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง (Sumo squat)			
2. ความหนักที่ใช้ในการฝึก 30% ของ 1RM			
3. จำนวนครั้งต่อชุดของการฝึก จำนวน 20 ครั้ง			
4. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 3 ชุด			
5. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 4 นาที			
6. จังหวะที่ใช้ในการฝึก เร็ว			
7. ความถี่ของโปรแกรมการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์ (จันทร์ ,พฤหัสบดี)			
8. ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนัก 8 สัปดาห์			

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ทรงคุณวุฒิ

(.....)

...../...../2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับโปรแกรมการฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศที่ต้องการวัด ว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

+1 หมายถึง มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึก

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึก

- 1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึก

เนื้อหา	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ		
	+ 1	**0**	**- 1**(ควรเปลี่ยนแปลงเป็น)
1. ท่าที่ใช้ในการเท้ากว้างแบกน้ำหนักย่อตัวลงจนกระทั่งเข่าทำมุม 90 องศา โดยประมาณและดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง (Sumo squat)			
2. ความหนักที่ใช้ในการฝึก 30% ของ 1RM			
3. จำนวนครั้งต่อชุดของการฝึก จำนวน 20 ครั้ง			
4. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 3 ชุด			
5. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 4 นาที			
6. จังหวะที่ใช้ในการฝึก เร็ว			
7. ความถี่ของโปรแกรมการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์ (จันทร์ ,พฤหัสบดี)			
8. ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ 8 สัปดาห์			

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ทรงคุณวุฒิ

(.....)

...../...../2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฌ
ใบรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

AF 02-12

The Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Subjects, Health Science Group, Chulalongkorn University
Institute Building 2, 4 Floor, Soi Chulalongkorn 62, Phyathai Rd., Bangkok 10330, Thailand,
Tel: 0-2218-8147 Fax: 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 150/2012

Certificate of Approval

Study Title No.106.2/55 : **A DEVELOPMENT OF COMBINED WEIGHT AND PNEUMATIC TRAINING MODEL TO ENHANCE POWER ENDURANCE IN TENNIS PLAYERS**

Principal Investigator : MR.SUTTIKORN APANUKUL

Place of Proposed Study/Institution : Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

The Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Subjects, Health Science Group, Chulalongkorn University, Thailand, has approved constituted in accordance with the International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP) and/or Code of Conduct in Animal Use of NRCT version 2000.

Signature: Prida Tasanapradit ..... Signature: Nuntaree Chaichanawongsaroj .....

(Associate Professor Prida Tasanapradit, M.D.) Chairman

(Assistant Professor Dr. Nuntaree Chaichanawongsaroj) Secretary

Date of Approval : 11 October 2012 Approval Expire date : 10 October 2013

The approval documents including

1) Research proposal
2) Patient/Participant Information Sheet and Informed Consent Form
3) Researcher

Protocol No. 106.2/55
Date of Approval 11 OCT 2012
Approval Expire Date 10 OCT 2013

The approved investigator must comply with the following conditions:

1. *The research/project activities must end on the approval expired date of the Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Subjects, Health Science Group, Chulalongkorn University (ECCU). In case the research/project is unable to complete within that date, the project extension can be applied one month prior to the ECCU approval expired date.*
2. *Strictly conduct the research/project activities as written in the proposal.*
3. *Using only the documents that bearing the ECCU's seal of approval with the subjects/volunteers (including subject information sheet, consent form, invitation letter for project/research participation (if available).*
4. *Report to the ECCU for any serious adverse events within 5 working days*
5. *Report to the ECCU for any change of the research/project activities prior to conduct the activities.*
6. *Final report (AF 03-12) and abstract is required for a one year (or less) research/project and report within 30 days after the completion of the research/project. For thesis, abstract is required and report within 30 days after the completion of the research/project.*
7. *Annual progress report is needed for a two- year (or more) research/project and submit the progress report before the expire date of certificate. After the completion of the research/project processes as No. 6.*

ข้อมูลสำหรับประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัย

ข้อมูลสำหรับประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(Patient/ Participant Information Sheet)

ชื่อโครงการวิจัย	การพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส
ผู้วิจัย	นายสุทธิกร อาภานุกูล
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิลปชัย สุวรรณธาดา
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์เคลื่อนที่	084- 0448208 E-mail: suttikorn_two@hotmail.com

เลขที่โครงการวิจัย 106.2/55
วันที่รับรอง 11 ต.ค. 2555
วันหมดอายุ 10 ต.ค. 2556

เรียน ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกท่าน

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส ซึ่งเป็นนักกีฬาในระดับมหาวิทยาลัย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยผลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศที่เหมาะสม
2. เพื่อศึกษาผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ
3. เพื่อเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนัก

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศที่เหมาะสม และเพื่อศึกษาผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนในการวิจัย ออกเป็นสองขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเทนนิสชายในระดับมหาวิทยาลัย (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) อายุระหว่าง 18-25 ปี โดยขอความร่วมมือจากผู้ฝึกสอน และนักกีฬา ซึ่งได้จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 15 คน

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. ต้องเป็นนักกีฬาเทนนิส ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ที่มีความชำนาญของผู้เล่นอยู่ในระดับ 4.0-5.5 โดยผู้วิจัยร่วมกับผู้ฝึกสอนเป็นผู้ประเมิน
2. ไม่มีโรคประจำตัว

3. นักกีฬาเทนนิสมีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว

4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ไม่ได้เข้าร่วมการทดสอบ 2 ครั้ง ของช่วงระยะเวลาการทดสอบ (ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ 3 สัปดาห์)

3. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

การทดสอบ

1. ทำการเก็บข้อมูลอย่างฉับพลันหลังการทดลอง โดยทดสอบพลังสูงสุด ใช้สถานที่ทดสอบที่ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุ และอุปกรณ์ทางการกีฬา (TREC) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เวลา 14.00-17.00 น. โดยแต่งชุดกีฬา และรับประทานอาหารกลางวันมาให้เรียบร้อย

2. ผู้วิจัยเป็นผู้ทำการทดสอบและบันทึกผล ซึ่งในการทดสอบทุกขั้นตอนกลุ่มตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยจะทราบผลของการทดสอบ

เลขที่โครงการวิจัย 106.2/55
วันที่รับรอง 11 ต.ค. 2555
วันหมดอายุ 10 ต.ค. 2556

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องฝึกด้วยแรงดันอากาศ
2. แผ่นเหล็กเพิ่มน้ำหนัก
3. เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (Ballistic Measurement System)

ใช้ระยะเวลาที่เข้าร่วมในการทำวิจัย เป็นจำนวน 5 สัปดาห์ โดยมีการเก็บข้อมูลอย่างฉับพลันหลังการทดลอง โดยการทดสอบแต่ละครั้งประกอบด้วย การทดสอบพลังสูงสุด โดยทดสอบหาค่าพลังสูงสุดที่สามารถทำได้ในการยกน้ำหนัก 6 ครั้ง และนำผลงานทดสอบที่ได้มากำหนดสัดส่วนในการฝึกในขั้นตอนที่ 2 ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 15 นาที

ขั้นตอนที่ 2 เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนัก

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเทนนิสชายในระดับมหาวิยาลัย (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และสถาบันการพลศึกษา กรุงเทพมหานคร) อายุระหว่าง 18-25 ปี ที่ฝึกซ้อมเพื่อความเป็นเลิศ โดยขอความร่วมมือจากผู้ฝึกสอน และนักกีฬา ซึ่งได้จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 30 คน มีสมรรถภาพทางกายและความสามารถทางทักษะกีฬาเทนนิสที่ใกล้เคียงกัน และเคยได้รับการฝึกอยู่ก่อนแล้ว จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย ด้วยการจับสลากเข้ากลุ่ม กลุ่มละ 10 คน

กลุ่มที่1 ฝึกด้วยน้ำหนัก และฝึกปกติ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 30 นาที เป็นเวลา 8 สัปดาห์

กลุ่มที่2 ฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับแรงดันอากาศ และฝึกปกติ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 30 นาที เป็นเวลา 8 สัปดาห์

กลุ่มที่3 ฝึกปกติ

โดยนักกีฬาจะได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดจากผู้วิจัย ทั้งนี้ได้มีการประสานงานกับผู้ฝึกสอน และนักกีฬาในการวางแผนทดสอบและการฝึก

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. ต้องเป็นนักกีฬาเทนนิส ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ที่มีความชำนาญของผู้เล่นอยู่ในระดับ 4.0-5.5 โดยผู้วิจัยร่วมกับผู้ฝึกสอนเป็นผู้ประเมิน
2. ไม่มีโรคประจำตัว
3. นักกีฬาเทนนิสมีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว
4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น
2. ไม่ได้เข้าร่วมการฝึก 80% ของช่วงระยะเวลาการฝึก (ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก 8สัปดาห์)
3. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

การทดสอบ การฝึก และการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำการทดสอบ และทำการฝึกโดยใช้สถานที่ที่ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุ และอุปกรณ์ทางการกีฬา (TREC) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เวลา 14.00-17.00 น. โดยแต่งการในชุดกีฬา และรับประทานอาหารกลางวันมาให้เรียบร้อย
2. ทำการเก็บข้อมูลโดยการทดสอบก่อนการทดลองโดยทดสอบตัวแปรที่ต้องการศึกษา (พลังสูงสุด พลังอดทน ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และระดับกรดแลคติกในเลือด)
3. ทำการเก็บข้อมูลโดยการทดสอบในแต่ละช่วงตามโปรแกรมที่ได้วางแผนไว้ (ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และ 8)
4. ผู้วิจัยเป็นผู้ทำการทดสอบ ทำการฝึก และเป็นผู้บันทึกผลของการทดสอบ ซึ่งในทุกขั้นตอนกลุ่มตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยจะทราบผลของการทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ และใช้ในการฝึก

1. เครื่องฝึกด้วยแรงดันอากาศ
2. เครื่องฝึกด้วยน้ำหนัก
3. เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด
4. เครื่องวัดระดับของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อแอคคูเทรน ทีซีจี พลัส ประเทศเยอรมนี

เลขที่โครงการวิจัย 106.2/55
วันที่รับรอง 11 ต.ค. 2555
วันหมดอายุ 10 ต.ค. 2556

ใช้ระยะเวลาที่เข้าร่วมงานวิจัยเป็นเวลา 8 สัปดาห์ จะมีการทดสอบเพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูล 3 ครั้ง

ทดสอบครั้งที่1 เป็นการทดสอบก่อนการทดลอง

ทดสอบครั้งที่2 เป็นการทดสอบหลังการทดลอง 4 สัปดาห์

ทดสอบครั้งที่3 เป็นการทดสอบหลังการทดลอง 8 สัปดาห์

การทดสอบแต่ละครั้งประกอบด้วย

1. การทดสอบพลังสูงสุด โดยทดสอบพลังสูงสุดโดยการกระโดด 6 ครั้ง โดยใช้เครื่องทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด ทำการทดสอบทั้ง 3 กลุ่ม ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 15 นาที

2. การทดสอบพลังอดทน โดยทดสอบพลังอดทนโดยการกระโดด 30 ครั้ง โดยใช้เครื่องทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด ทำการทดสอบทั้ง 3 กลุ่ม ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 15 นาที

3. การทดสอบความเร็ว โดยใช้การวิ่งด้วยความเร็ว 10 เมตร โดยใช้เครื่องนิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ sw-300 ในการจับเวลา ทำการทดสอบทั้ง 3 กลุ่ม ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 15 นาที

4. การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว โดยใช้แบบเฉพาะเจาะจงสำหรับการเคลื่อนที่ในกีฬาเทนนิส Spider test ทำการทดสอบทั้ง 3 กลุ่ม ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 15 นาที

5. การทดสอบระดับกรดแลคติกในเลือด โดยการเจาะเลือดหลังจากการทดสอบพลังอดทน โดยเครื่องวัดระดับของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อแอคคูเทรน ทีซีจี พลัส ประเทศเยอรมนี โดยการเจาะเลือดจากปลายนิ้วชี้ ให้ได้หยดเลือดขนาดเท่าหัวเข็มหมุด (ประมาณ 1-3 ไมโคลิตร) จำนวน 1 ครั้ง ทำการทดสอบทั้ง 3 กลุ่ม ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 5 นาที *โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการเจาะ และจำทำลายเลือดหลังเสร็จสิ้นการวัดผล*

เลขที่โครงการวิจัย 106.2/55
วันที่รับรอง 11 ตค 2555
วันหมดอายุ 10 ตค 2556

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย จะมีสมรรถภาพทางกายที่ดีขึ้นจากโปรแกรมต่างๆที่ได้รับ

ความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อความปลอดภัยกับผู้เข้าร่วมวิจัย จึงมีการตรวจสอบวิธีดำเนินการวิจัยอย่างรอบคอบ เพื่อมิให้เกิดความเสี่ยงใดๆที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย อาจมีผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อแขนขาในขณะออกกำลังกายและหลังออกกำลังกายในแต่ละครั้ง หรือไม่มีกำลังเพียงพอและท้อแท้ในระหว่างทำการเก็บข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา หรือรู้สึกอึดอัด หายใจไม่สะดวกขณะทำการทดสอบการออกกำลังกาย แต่อาการดังกล่าวจะหายเป็นปกติในเวลาอันสั้น ทั้งนี้ก่อนและหลังการออกกำลังกายทุกครั้งในการออกกำลังกายจะมีการอบอุ่นร่างกาย และผ่อนคลายกล้ามเนื้อ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้น

การวิจัยครั้งนี้เพื่อความปลอดภัยกับผู้เข้าร่วมวิจัย จึงมีการตรวจสอบวิธีดำเนินงานวิจัยอย่างรอบคอบ เพื่อมิให้เกิดความเสี่ยงใดๆที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย หากพบว่ามีการบาดเจ็บเกิดขึ้นระหว่างออกกำลังกาย หรือพบความผิดปกติระดับกรดแลคติกในเลือดให้หยุดการออกกำลังกายทันที ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องรีบแจ้งอาการให้ผู้วิจัยทราบโดยเร็ว เพื่อที่ผู้วิจัยจะทำการส่งต่อ ณ สถานพยาบาล และหากมีการบาดเจ็บเกิดขึ้น ผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดูแลรักษา

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างและแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูล และประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัยด้วยความ**สมัครใจ** การตอบรับและการ**ปฏิเสธ**การเข้าร่วมหรือ**ถอนตัว**จากการวิจัยครั้งนี้จะไม่มีผลต่อท่าน ท่านสามารถแจ้งออกจากการศึกษาได้ก่อนที่การวิจัยจะสิ้นสุดลง โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลหรือคำอธิบายใดๆ *ข้อมูลส่วนตัว และข้อมูลอื่นๆ ที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวของท่านจะได้รับการปกปิดเป็นความลับ เฉพาะคณะผู้วิจัย ผู้กำกับดูแลการวิจัย ผู้ตรวจสอบและคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน ยกเว้นว่าได้รับคำยินยอมจากท่าน ผลการวิจัยจะเสนอในภาพรวม หากท่านมีข้อสงสัยเกี่ยวกับโครงการวิจัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัย*

จะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว หากท่านมีข้อซักถามประการใด กรุณาติดต่อ นายสุทธิกร อาภานุกูล โทรศัพท์เคลื่อนที่ 084-0448208 E-mail: suttikorn_two@hotmail.com

ในการวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมฯ ทั้งสองขั้นตอนในการทดลองจะได้รับค่าเดินทางหรือค่าเสียเวลา และเฉลี่ยจ่ายเป็นรายครั้งที่ผู้มีส่วนร่วมฯ มาเข้าร่วมโครงการ

"หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th"

เลขที่โครงการวิจัย 106.2/55
วันที่รับรอง 11 ต.ค. 2555
วันหมดอายุ 10 ต.ค. 2556

ขอขอบคุณในความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

นายสุทธิกร อาภานุกูล

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย การพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ เพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส

เลขที่โครงการวิจัย 106.2/55

วันที่รับรอง 11 ต.ค. 2555

วันหมดอายุ 10 ต.ค. 2556

ผู้วิจัย นายสุทธิกร อาภานุกูล

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิลปชัย สุวรรณธาดา

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์เคลื่อนที่ 084- 0448208 E-mail: suttikorn_two@hotmail.com

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดี**แล้ว

ข้าพเจ้า**จึงสมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจง**ผู้เข้าร่วม**การวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมเข้ารับการทดสอบ และการฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน ในระหว่างเข้าร่วมการวิจัยจะเข้ารับการทดสอบสมรรถภาพทางกาย และการวัดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดโดยการเจาะเลือดจากปลายนิ้วปีบให้ได้หยดเลือดขนาดเท่าหัวเข็มหมุด (ประมาณ 1-3 ไมโครลิตร) จำนวน 3 ครั้ง ตลอดโครงการวิจัย

ข้าพเจ้ามี**สิทธิถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(นายสุทธิกร อาภานุกูล)	(.....)
ผู้วิจัยหลัก	ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)	(.....)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	พยาน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล : นายสุทธิกร อาภานุกูล

เกิดวันที่ : 15 มิถุนายน 2527

สถานที่เกิด : จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ปัจจุบัน : หอพักนิสิตชายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา (เกียรตินิยมอันดับ 2)
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เมื่อปีการศึกษา 2549

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เมื่อปีการศึกษา 2551

เข้าศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
วิทยาศาสตร์การกีฬา แขนงวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เมื่อปีการศึกษา 2552

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University