การตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซ็ททีแตกต่างกัน

นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ACUTE POWER OUTPUT AND BLOOD LACTATE CONCENTRATION RESPONSES TO POWER ENDURANCE TRAINING PROTOCOLS USING DIFFERENT INTRA-SET REST

Mr. Methawut Pongtanu

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Science
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2016
Copyright of Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซ็ทที่แตกต่างกัน
โดย	นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด)

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

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมธาวุฒิ พงษ์ธนู : การตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซ็ทที่แตกต่างกัน (ACUTE POWER OUTPUT AND BLOOD LACTATE CONCENTRATION RESPONSES TO POWER ENDURANCE TRAINING PROTOCOLS USING DIFFERENT INTRA-SET REST) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, หน้า.

วัตถุประสงค์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซตที่แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย ช่วงอายุ 18-25 ปี ไม่มีโรคประจำตัว จำนวน 15 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง(Purposive Sampling) ทำการทดลองการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอท (Parallel squat) ด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ ที่ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม (1RM) ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองออกแรงเอาชนะแรงต้านอย่างเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยใช้การถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing) ใน 4 เงื่อนไข คือ เงื่อนไขที่ 1 ฝึก 30 ครั้ง โดยไม่มีการพัก เงื่อนไขที่ 2 ฝึก 15 ครั้ง สลับการพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง เงื่อนไขที่ 3 ฝึก 10 ครั้ง สลับการพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง เงื่อนไขที่ 4 ฝึก 5 ครั้ง สลับการพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง โดยจะมีการเจาะเลือดก่อนการทดลองและหลังการการทดลอง 5 นาที นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำและเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

ผลการวิจัย ผลว่าวิธีการฝึกพลังเฉลี่ยโดยการฝึก 5 ครั้ง สลับการพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง มีค่าพลังอดทนมากกว่าการฝึก 30 ครั้ง โดยไม่มีการพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังจากการฝึก 5 นาที ยังมีค่าแลคเตทในเลือดน้อยกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย วิธีการฝึกพลังเฉลี่ยโดยการฝึก 5 ครั้ง สลับการพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง มีค่าพลังอดทนมากที่สุดและค่าแลคเตทในเลือดน้อยที่สุด สามารถนำไปใช้ในการฝึกเพื่อพัฒนาพลังอดทนได้

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5878318739 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: MUSCLE ENDURANCE / INTRA-SET REST / BLOOD LACTATE CONCENTRATION

METHAWUT PONGTANU: ACUTE POWER OUTPUT AND BLOOD LACTATE CONCENTRATION RESPONSES TO POWER ENDURANCE TRAINING PROTOCOLS USING DIFFERENT INTRA-SET REST. ADVISOR: ASST. PROF. CHANINCHAI INTIRAPORN, Ph.D., pp.

The purpose of this research was to study and compare acute power output and blood lactate concentration responses to power endurance training protocols using different intra-set rest.

Method: Fifteen male undergraduate students aged 18-25 from Faculty of Sports Science Chulalongkorn University performed a parallel squat with a pneumatic resistance. We used a weight of 30% of 1RM by letting the participants do it as quickly as they can. By using sequence balancing (Counterbalancing) in 4 conditions of the resistance and using counter balance for all 4 conditions as follows: Condition1: 30 repetitions without rest. Condition2: 2×15 repetitions with 15 seconds of rest between each 15 repetitions. Condition3: 3×10 repetitions with 15 seconds of rest between each 10 repetitions. Condition4: 6×5 repetitions with15 seconds of rest between each 5 repetitions; with blood testing both before and after training for 5 minutes. For every condition we then analyzed the results and compare it to see the differences between the sample groups.

Results: The results of the study of 6×5 repetitions with15 seconds of rest between each 5 repetition; were significantly higher than doing the 30 repetitions without rest course at a rate of .05. However, before the experiment, the level of lactate in the blood was not different but after the experiment of 5 minutes. The lactate in the blood was less with the rate of .05.

Summary: The results show that the training of 6X5 repetition with 15 seconds of rest between each 5 repetitions; have the most endurance power and less lactate in the blood. This could be used to train in order to improve power

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study: Sports Science Student's Signature .....
Academic Year: 2016 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตลอดจนผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ และอาจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาช่วยให้คำแนะนำดูแลเอาใจใส่ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการวิจัยในครั้งนี้ด้วยดี ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยขอคำปรึกษา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อภิลักษณ์ เทียนทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร กมุทศรี อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย อาจารย์ เอกวิทย์ แสวงผล อาจารย์ ดร. สุทธิกร อาภานุกูล ที่ได้เสียสละเวลาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬาตลอดจนคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

และที่สำคัญขอขอบพระคุณกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย พี่ๆ น้องๆ ผู้มีส่วนร่วมช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนกำลังใจจากเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือกันตลอด

ด้วยคุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา ครูอาอาจารย์ อีกทั้งผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนตลอดจนสนับสนุนผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

คำสำคัญ 3

สมมติฐานของการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

คำจำกัดความของการวิจัย 4

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

ระบบพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย 6

กรดแลคติกในการออกกำลังกาย 12

ความรู้พื้นฐานของกล้ามเนื้อ 16

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber types) 16

ชนิดการทำงานของกล้ามเนื้อ 19

องค์ประกอบของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ 20

กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา 22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ความสำคัญของพลังกล้ามเนื้อ 23
พลังอดทนของกล้ามเนื้อ 25
วิธีการฝึกพลังอดทนของกล้ามเนื้อ 26
การฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท 28
การฝึกด้วยแรงดันอากาศ 31
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33
งานวิจัยในประเทศ 33
งานวิจัยต่างประเทศ 37
กรอบแนวความคิดในการวิจัย 41
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 42
กลุ่มตัวอย่าง 42
ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 44
การเก็บรวบรวมข้อมูล 45
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 45
การวิเคราะห์ข้อมูล 46
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 47
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 61
ผลการวิจัยพบว่า 62
อภิปรายผลการวิจัย 62
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 64
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 64
รายการอ้างอิง 65
บันทึกข้อความ แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรม 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ใบรับรองโครงการจริยธรรม..... 72
ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย 73
หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย 78
ภาคผนวก ข แบบสอบถามสุขภาพ..... 80
ภาคผนวก ค โปรแกรมการทดลอง 82
ภาคผนวก ง วิธีการทดลอง..... 84
ภาคผนวก จ รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการทดสอบ 87
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 Counter balancing ของการทดสอบทั้ง 4 เงื่อนไข 45

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไป ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ของผู้เข้าร่วมการทดลอง 48

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังเฉลี่ย และความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 5 นาที โดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 49

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ(One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ย ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 50

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ยเป็นรายคู่ ด้วยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 51

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลัง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าที ของการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 4 และเงื่อนไขที่ 1 52

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ(One-way analysis of variance with repeated measures) ของความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 54

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ(One-way analysis of variance with repeated measures) ของความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลอง 5 นาที หลังจากฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลอง 5 นาที เป็นรายคู่ด้วยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) โดยการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 56

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1การใช้พลังงานในการออกกำลังกายขณะแตกต่างกัน 6

รูปที่ 2 ระบบพลังงานแบบฉับพลัน (Immediate Energy System) 7

รูปที่ 3 ระบบพลังงานระยะสั้น (Short – Term Energy System) 8

รูปที่ 4 ระบบพลังงานแบบระยะยาว (Long – Term Energy System) เมื่อใช้กลูโคสเป็นแหล่งพลังงานหลัก 9

รูปที่ 5 ระบบพลังงานแบบระยะยาว (Long – Term Energy System) เมื่อใช้ไตรกลีเซอร์ไรด์เป็นแหล่งพลังงานหลัก 10

รูปที่ 6 สัดส่วนของระบบพลังงานที่ใช้ในกีฬาชนิดต่างๆ 11

รูปที่ 7 สมมุติฐานรูปแบบการตอบสนองพลังสูงสุดในการฝึกแบบดั้งเดิม (Traditional) การฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท (Cluster set) และการฝึกแบบผสมผสานคลัสเตอร์เซ็ท (Undulating cluster set) 28

รูปที่ 8 สมมุติฐานรูปแบบการตอบสนองพลังสูงสุดเฉลี่ยในขณะฝึกแบบดั้งเดิม (Traditional) ฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท (Cluster set) และฝึกแบบผสมผสานคลัสเตอร์เซ็ท (Undulating cluster set) ของการยก 5 ครั้ง 29

รูปที่ 9 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) 31

รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าฉลี่ยพลังเฉลี่ย ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 57

รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 30 ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง โดยการเปรียบเทียบเงื่อนไขที่ 4 และเงื่อนที่ 1 58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลอง โดยการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 59

รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังทำการทดลอง 5 นาที โดยการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4..... 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

(Bompa and Carrera (2005)) กล่าวว่า กีฬาวิ่งระยะสั้น ว่ายน้ำ เบสบอล และซอฟบอล ต้องการพลังในการทำงานแบบซ้ำๆในระดับสูง รวมไปถึงการวิ่งในกีฬาประเภททีมทุกชนิดที่ต้องการการวิ่งด้วยแรงระเบิด (อเมริกันฟุตบอล บาสเกตบอล เบสบอล ฮอกกี้น้ำแข็ง รักบี้ และฟุตบอล) และรวมไปถึงการวิ่ง 100 เมตร ซึ่งในเวลา 10-12 วินาที นักวิ่ง 100 เมตร จะต้องวิ่งประมาณ 48-54 ก้าว ขึ้นอยู่กับความยาวของก้าว ดังนั้นขาแต่ละข้างต้องทำการสัมผัสกับพื้นประมาณ 24-27 ครั้ง โดยในการสัมผัสพื้นในแต่ละครั้งจะได้รับแรงกระแทกประมาณ 2 เท่าของน้ำหนักตัวของนักกีฬา ดังนั้นนักกีฬาที่แข่งขันในกีฬาเหล่านี้จะต้องทำกิจกรรมที่ใช้พลังซ้ำๆหลังจากการพักเพียงไม่กี่วินาทีในระหว่างเกม ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะต้องอยู่ในการฝึกของนักกีฬา เพื่อที่จะประสบความสำเร็จนักกีฬาเหล่านี้จะต้องสามารถออกแรงซ้ำๆในระดับสูงได้ 20-30 ครั้ง นั้นคือรูปแบบของพลังอดทนของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวให้เร็วและแรงที่สุดเท่าที่จะทำได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในระยะเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว (Fast-twitch muscle fiber) ที่ผ่านการฝึกจะสามารถแสดงพลังกล้ามเนื้อในระดับสูงสุดพร้อมทั้งยังมีประสิทธิภาพตลอดช่วงของการทำงาน

วัตถุประสงค์ของการฝึกพลังอดทนคือการฝึกเพื่อให้เส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว พร้อมรับมือกับความเมื่อยล้าเมื่อมีการสะสมของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนไหวแบบซ้ำๆในช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับชนิดกีฬาที่ต้องการพลังอดทน โดยการฝึกพลังอดทนแบบดั้งเดิม(Traditional)ใช้รูปแบบการฝึกโดยใช้แรงต้านจากน้ำหนักโดย Bompa and Carrera (2005) กล่าวว่า การฝึกพลังอดทนใช้ความหนักที่ 30-50 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม(1RM) จำนวนครั้งที่ใช้ในการฝึกแต่ละเซ็ท 15-30 ครั้งแบบต่อเนื่องโดยไม่มีการพัก พักระหว่างเซ็ท 3-5 นาที เพื่อเพียงพอที่จะให้ระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ได้ฟื้นตัวกลับมาอีกครั้ง ทำ 3-5 เซ็ท โดยมีระยะเวลาในการฝึกอย่างน้อย 4-6 สัปดาห์ และมีรูปแบบการฝึกที่น้อย (2-4 แบบฝึก) เพื่อให้เพียงพอต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่เป็นเป้าหมายของการฝึกพลังอดทน ในทางตรงกันข้าม Haff et al. (2003) กล่าวว่า การฝึกพลังอดทนแบบดั้งเดิม ทำให้ค่าความเร็ว พลังสูงสุด และการเคลื่อนไหว ลดลงในการยกแต่ละครั้งที่อยู่ในเซ็ทซึ่งเป็นผลมาจากความเมื่อยล้า ยิ่งไปกว่านั้น Haff, , and Stone (2008) กล่าวว่า ความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นในขณะฝึกพลังอดทนแบบดั้งเดิมแสดงถึงความเมื่อยล้าของระบบประสาทและกล้ามเนื้อจากการสะสมของแลคเตท

ในเลือด ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าและส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับ Viitasalo and Komi (1981) ที่บอกว่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ 5-9 ครั้ง สามารถทำให้เกิดการลดลงของแรงสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง และอัตราการพัก โดย Izquierdo et al. (2006) กล่าวว่า เมื่อทำการฝึกแรงต้านแบบดั้งเดิมโดยการทำซ้ำแบบต่อเนื่องและมีการพักระหว่างเซ็ท ส่งผลให้ความเร็วลดลง และพลังกล้ามเนื้อลดลงตลอดทั้งเซ็ท (Hardee, , Utter, Zwetsloot, & Mcbride, 2012; Lawton, , & Lindsell, 2006)

Haff et al. (2003) ; T. Lawton, , Drinkwater, Lindsell, and Pyne (2004) กล่าวว่า วิธีการหนึ่งที่จะรับมือกับการลดลงของความเร็วและพลังกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากการฝึกพลังอดทนแบบดั้งเดิม คือการใช้การฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท (Cluster set) ซึ่ง Haff et al. (2003) ; Haff, , Haff, et al. (2008) กล่าวว่า คลัสเตอร์เซ็ท (Cluster set) ด้วยการพักภายในเซ็ท (Intra – set rest) ช่วยให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับ Haff et al. (2003);Hardee et al. (2012);Lawton et al. (2006) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันของคลัสเตอร์เซ็ท แสดงให้เห็นว่าความเร็ว ความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อ เพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับ T. Lawton et al. (2004) กล่าวว่า เมื่อเปรียบเทียบการฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ทกับการฝึกแบบดั้งเดิม ประโยชน์ของคลัสเตอร์เซ็ทช่วยพัฒนาพลังกล้ามเนื้อมากขึ้น (Oliver et al., 2013) โดย Haff et al. (2003) กล่าวว่า การเพิ่มเวลาพักสั้นๆระหว่างการยกซ้ำในแต่ละเซทจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการยกแต่ละครั้งดีขึ้นในขณะทำซ้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Haff, , Haff, et al. (2008) กล่าวว่าการเพิ่มเวลาพัก 15-30 วินาที ระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะเหยียดขาออก จะได้แรงคืนกลับมาประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ของแรงในขณะเริ่มต้น ซึ่งรูปแบบการฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท ยังมีข้อสงสัยในเรื่องว่าต้องใช้จำนวนเท่าไรในการฝึกเพื่อพัฒนาพลังอดทนที่เหมาะสม

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซ็ทที่แตกต่างกันที่ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม โดยใช้ท่าแพระเรลสควอท (Paralell squat) ซึ่งเป็นท่าที่ฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อส่วนล่างที่ใช้ในการเคลื่อนไหว ว่ามีผลอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซ็ทที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ

พลังอดทนของกล้ามเนื้อ การพักภายในเซ็ท ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด

สมมติฐานของการวิจัย

วิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซ็ทที่แตกต่างกันมีการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดแตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มทดลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย ช่วงอายุ 18-25 ปี ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีอาการบาดเจ็บทางร่างกาย
2. งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง
3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

ตัวแปรต้น : รูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง

เงื่อนไขที่ 1 เงื่อนไขที่ 1 ฝึก 30 ครั้ง โดยไม่มีการพัก โดยทำให้เร็วที่สุด

เงื่อนไขที่ 2 ฝึก 15 ครั้ง สลับการพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด

เงื่อนไขที่ 3 ฝึก 10 ครั้ง สลับการพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด

เงื่อนไขที่ 4 ฝึก 5 ครั้ง สลับการพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด

ตัวแปรตาม : พลังอเฉลี่ย ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด

คำจำกัดความของการวิจัย

พลัง (Power output) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่หดตัวออกแรงแบบคอนเซนตริก(Concentric)ได้ปริมาณมาก อย่างรวดเร็ว ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าพลังที่ได้จากการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอท(Parallel squat) โดยใช้เครื่อง Keiser's Air 300 Squat มีหน่วยเป็นวัตต์

การฝึกพลังอดทน(Power endurance training) หมายถึง การฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถของกล้ามเนื้อให้หดตัวออกแรงได้ปริมาณมาก อย่างรวดเร็วในสภาวะเมื่อยล้า ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าเฉลี่ยของพลังที่ได้จากการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอท (Parallel squat) จำนวน 30 ครั้ง โดยใช้เครื่อง Keiser's Air 300 Squat มีหน่วยเป็นวัตต์

ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด(Blood lactate concentration) หมายถึง ระดับของแลคเตทที่สะสมในเลือดและกล้ามเนื้อที่บ่งชี้ระดับความหนักของงานและระดับความเมื่อยล้า (Fatigue) ในขณะออกกำลังกาย ในการวิจัยครั้งนี้หลังจากเสร็จสิ้นการทดสอบให้ผู้ทดสอบพัก 5 นาที แล้วทำการเจาะเลือด เพื่อหาความเข้มข้นของแลตเตทในเลือด โดยมีหน่วยเป็นมิลลิโมล/ลิตร

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซ็ทที่แตกต่างกัน
2. สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาใช้ประโยชน์ในทางการกีฬาและพัฒนาโปรแกรมการฝึกซ้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซตที่แตกต่างกัน จึงได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้เป็นข้อมูลไว้เป็นข้อมูลในการศึกษาค้นคว้า วิจัย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. ระบบพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย
2. กรดแลคติกในการออกกำลังกาย
3. ความรู้พื้นฐานของกล้ามเนื้อ
4. องค์ประกอบของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ
5. กลไกลการทำงานของกล้ามเนื้อขา
6. ความสำคัญของพลังกล้ามเนื้อ
7. พลังอดทนพลังกล้ามเนื้อ
8. วิธีการฝึกพลังอดทนของกล้ามเนื้อ
9. การฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท
10. การฝึกด้วยแรงดันอากาศ

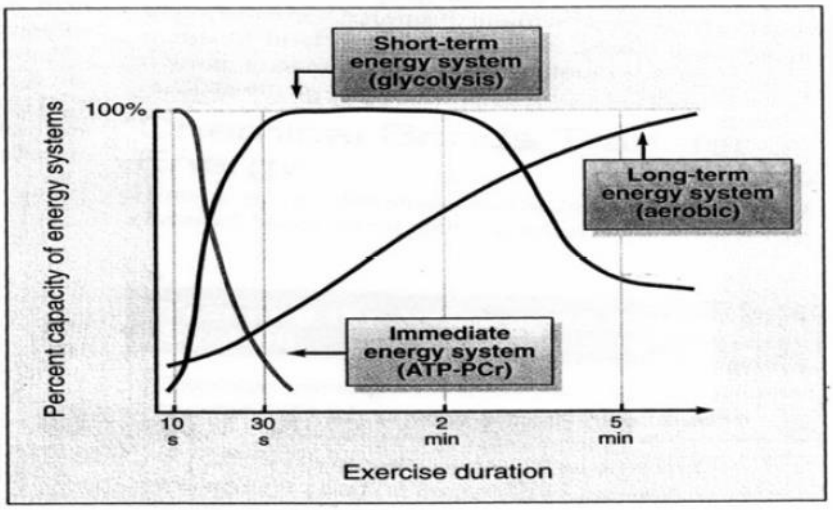
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ
2. งานวิจัยต่างประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย

พลังงานนับเป็นปัจจัยหลักในการออกกำลังกาย หรือการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆโดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานสำหรับนักกีฬาถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการปฏิบัติทักษะต่างๆ และพลังงานนั้นจะแสดงออกในรูปต่างๆ เช่น กำลัง ความแข็งแรง ความเร็ว ความอดทน ดังนั้น นักกีฬาและผู้ฝึกสอนที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้พลังงานในกีฬาแต่ละประเภทจะทำให้การแข่งขันมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากในกีฬาแต่ละประเภทนั้นมีความต้องการในการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน เช่น นักกีฬายกน้ำหนัก จะใช้พลังที่ได้มาจากการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งแตกต่างจากนักฟุตบอลที่ใช้พลังงานแบบผสมผสานทั้งการใช้พลังงานที่ได้มาจากการทำงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic energy system) และแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic energy system) จากการวิจัยของ McMillan, , Macdonald, and Hoff (2005) ได้ทำการศึกษาถึงพลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขันกีฬาฟุตบอล พบว่า กีฬาฟุตบอลมีการใช้ระบบพลังงานแบบผสมผสานกันระหว่าง การใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนสูงถึง 90% และพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน 10% ซึ่งการใช้พลังงานทั้งสองระบบนี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่แตกต่างกันออกไป เช่น ความหนักของงาน ระยะเวลาในการออกกำลังกาย เป็นต้น (W. D. McArdle, , & Katch, 2006) (รูปที่ 1)

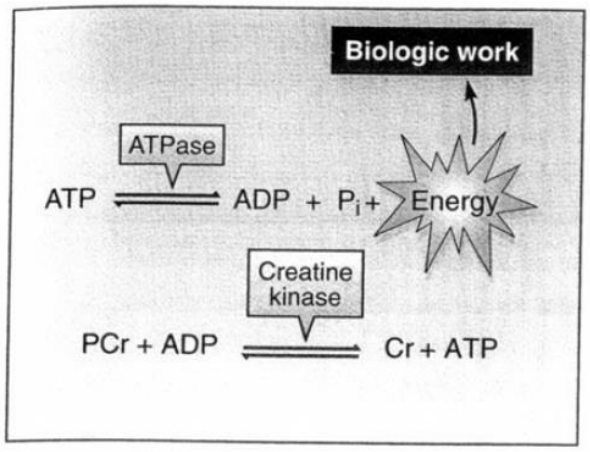


รูปที่ 1การใช้พลังงานในการออกกำลังกายขณะแตกต่างกัน

แหล่งที่มา : William D. McArdle (2000)

ระบบพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนไหวในกีฬาทุกประเภท ประกอบด้วย 3 ระบบ ดังนี้

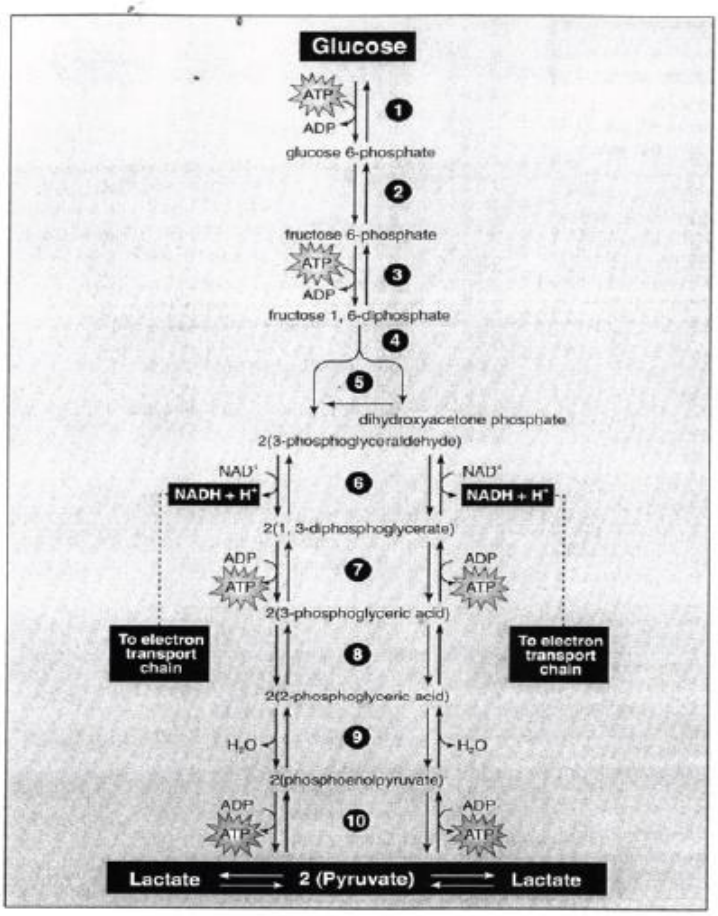
1.ระบบพลังงานแบบฉับพลัน (Immediate energy system) (รูปที่ 2) ให้พลังงานเพียงพอสำหรับในช่วงระยะเวลา 10 วินาทีแรกของการออกกำลังกาย โดยใช้เอทีพี (Adenosine Triphophate : ATP) ที่สะสมในกล้ามเนื้อและการสังเคราะห์ขึ้นใหม่จากครีเอทีนฟอสเฟต (Creatine Phophate : CP) ที่เก็บสะสมในกล้ามเนื้อ เอทีพีที่ถูกเก็บไว้ในกล้ามเนื้อจะสลายตัวให้พลังงานซึ่งกล้ามเนื้อนำไปใช้ในการหดตัวและกลายเป็นเอดีพี (Adenosine Diphophate : ADP) เมื่อเอทีพีถูกใช้หมดไป กล้ามเนื้อมัดนั้นจะหมดสภาพการทำงานหรือหมดแรงหดตัวต่อไปไม่ได้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสร้างเอทีพีขึ้นมาใหม่ กล้ามเนื้อจึงจะสามารถทำงานได้ต่อไปอีกโดยสร้างจากระบบฟอสฟาเจน (Phosphagen) โดยใช้พลังงานจากสารครีเอทีนฟอสเฟต (Creatine Phosphate : CP) กระบวนการนี้เกิดจากการมีปฏิกิริยาสองครั้งติดต่อกัน คือ ครีเอทีนฟอสเฟตแตกตัวก่อนให้ฟอสเฟต แล้วจึงทำให้เอดีพีรวมตัวกับฟอสเฟตกลายเป็นเอทีพี (W. D. McArdle et al., 2006)



รูปที่ 2 ระบบพลังงานแบบฉับพลัน (Immediate Energy System)
แหล่งที่มา : William D. McArdle (2000)

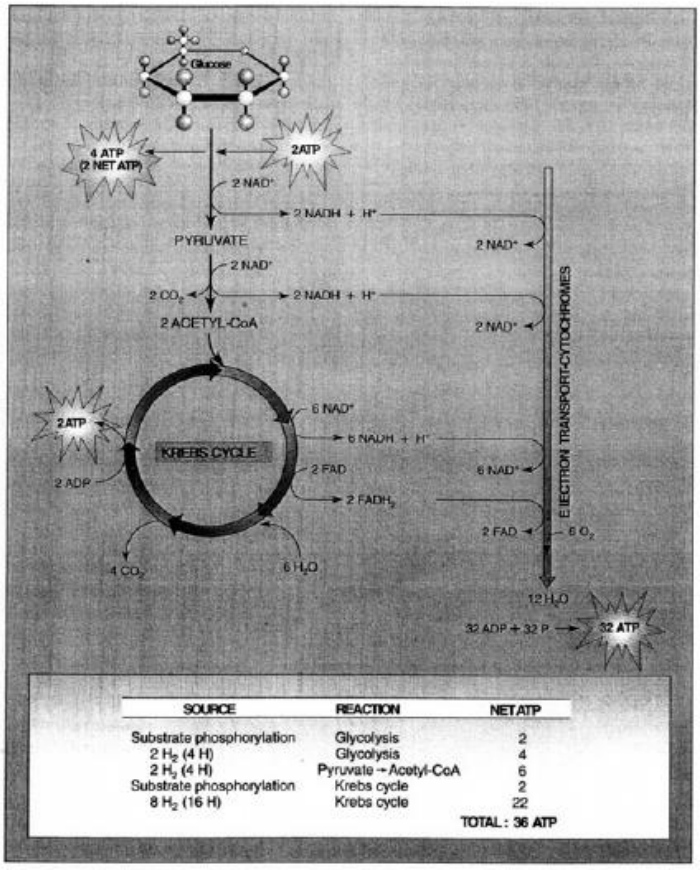
2.ระบบพลังงานระยะสั้น (Short – Term energy system) (รูปที่3) จะทำงาน 10 – 15 วินาที หลังจากการออกกำลังกายอย่างหนัก และสร้างพลังงานจากระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนจากกระบวนการไกลโคไลซิส (Anaerobic glycolysis) ทำให้เกิดเอทีพีขึ้นมาใหม่อย่างรวดเร็วจากกลูโคส (Glucose) และไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ (Muscle glycogen) พลังงานชนิดนี้สามารถสร้างเอทีพีในอัตราที่สูงซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในระยะเวลา 2 – 3 นาที และจะไม่สามารถสร้างเอทีพีในอัตราที่สูงนานเกินกว่า 2 – 3 นาที เพราะปริมาณความเข้มข้นของกรดแลคติก (Lactic acid) ที่เพิ่มขึ้นใน

กล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลผลิตที่สำคัญในกระบวนการนี้ จะทำให้ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ลดลง ส่งผลให้เกิดโปรตีนต่างๆทำงานได้น้อยลง และเกิดภาวะกล้ามเนื้อล้า (Muscle fatigue) (W. D. McArdle et al., 2006) ถ้ามีการสะสมกรดแลคติกในปริมาณที่สูงพลังงานระบบนี้จะลดต่ำลงไปเรื่อยๆ ยิ่งถ้ากล้ามเนื้อต้องทำงานนานๆ ความสามารถในการผลิตพลังงานนี้ก็จะลดน้อยลงตามลำดับจนกระทั่งผลิตได้ต่ำกว่า 10% ของพลังงานที่ต้องการใช้ในขณะนั้นและเมื่อกล้ามเนื้อทำงานต่อเนื่องออกไปอีก ระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนจะเข้ามามีบทบาทสำคัญ (เจริญ กระบวนรัตน์, 2538)



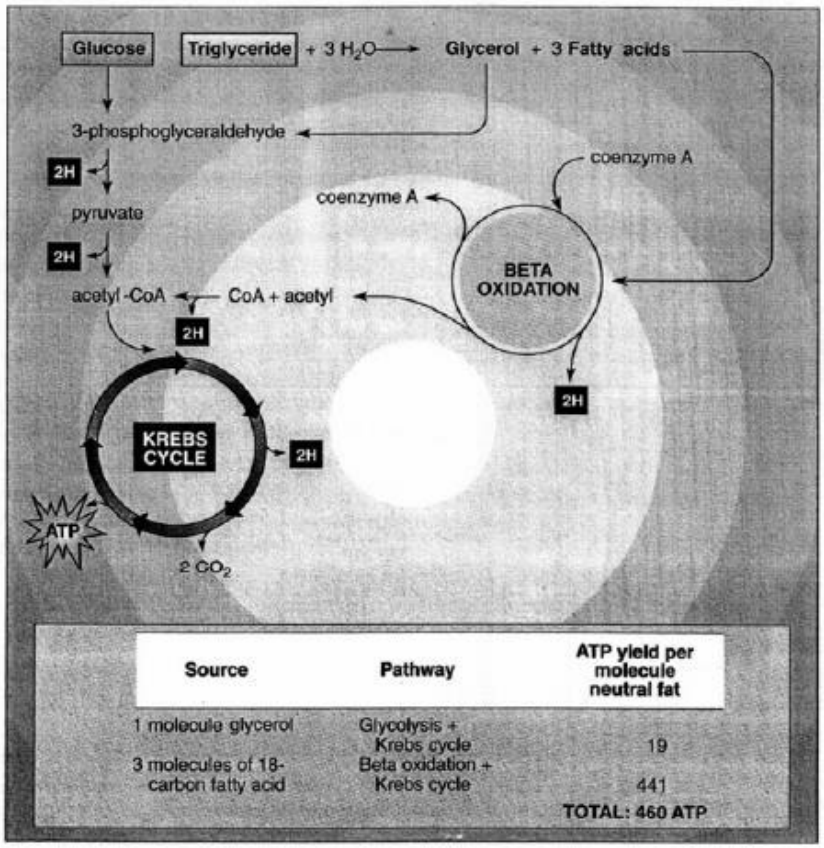
รูปที่ 3 ระบบพลังงานระยะสั้น (Short – Term Energy System)
แหล่งที่มา : William D. McArdle (2000)

3.ระบบพลังงานแบบระยะยาว (Long – Term energy system) เป็นการใช้พลังงานเอทีพีจากการเผาผลาญกลูโคส ไกลโคเจน กรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์ ที่ถูกกำจัดออกทางปอดและผิวหนัง ไม่มีการสะสมของสารเหล่านี้ไว้ในเซลล์ ดังนั้นเซลล์จะสามารถเผาผลาญสารอาหารโดยผ่านวิธีเมตาบอลิซึมไกลโคไลซีสและวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) ในระบบนี้จะให้พลังงานในรูปแบบเอทีพีได้สูงสุด 36 เอทีพี ต่อหนึ่งโมเลกุลของกลูโคส (รูปที่ 4) หรือ 460 เอทีพี ต่อหนึ่งโมเลกุลของไตรกลีเซอร์ไรด์ที่มีกรดไขมันประกอบไปด้วยคาร์บอน 18 ตัว (รูปที่ 5) การออกกำลังกายที่ต่อเนื่องสม่ำเสมอและไม่หนักเกินไปจะใช้ระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนเป็นแหล่งพลังงานหลักโดยไม่เกิดกรดแลคติกขึ้นในระหว่างกายออกกำลังกาย ข้อจำกัดของระบบพลังงานชนิดนี้ คือการขนส่งออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อที่ต้องการใช้พลังงานในระยะเวลาสั้นอาจมีไม่เพียงพอทำให้เซลล์ต้องกลับไปใช้ระบบพลังงานแบบฉับพลัน และระยะสั้นแทนในช่วงสุดท้ายของการแข่งขัน หรือในกรณีต้องการพลังงานจำนวนมากในระยะสั้น (W. D. McArdle et al., 2006)



รูปที่ 4 ระบบพลังงานแบบระยะยาว (Long – Term Energy System) เมื่อใช้กลูโคสเป็นแหล่งพลังงานหลัก

แหล่งที่มา : William D. McArdle (2000)

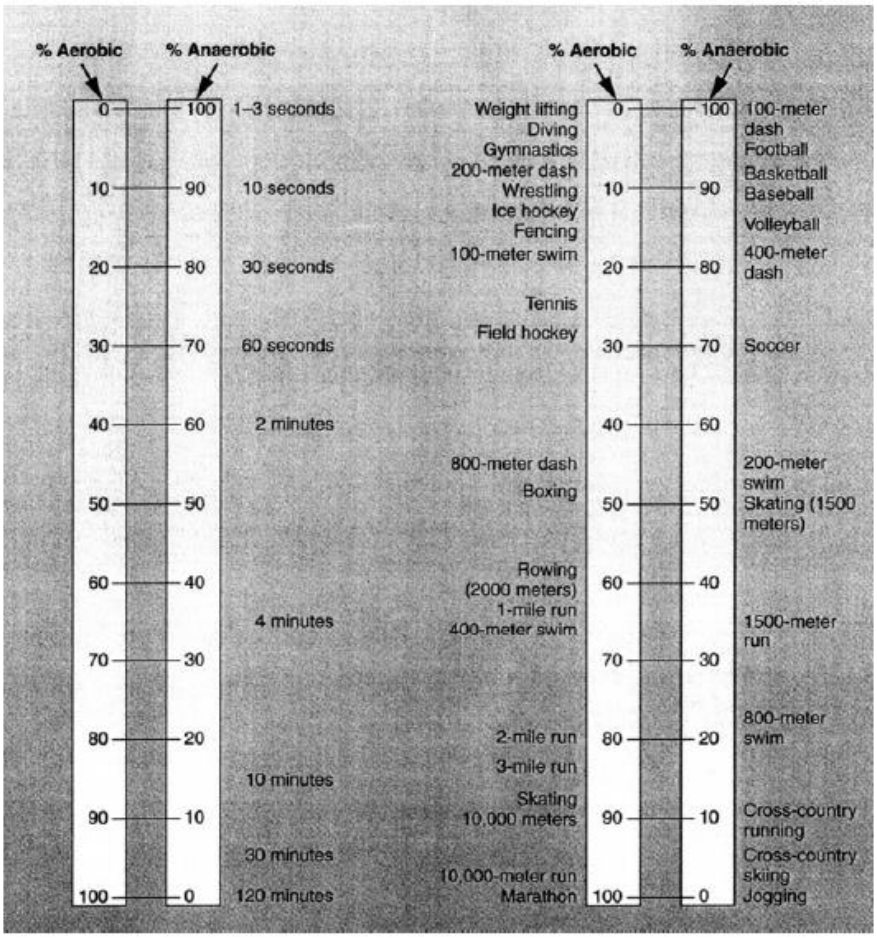


รูปที่ 5 ระบบพลังงานแบบระยะยาว (Long – Term Energy System) เมื่อใช้ไตรกลีเซอร์ไรด์เป็นแหล่งพลังงานหลัก

แหล่งที่มา : William D. McArdle (2000)

ในการแข่งขันกีฬาโดยส่วนใหญ่จะมีการใช้ระบบพลังงานที่ผสมผสานทั้งระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic energy system) และระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic energy system) (รูปที่ 6) ซึ่งตัวชี้วัดระดับการใช้พลังงานที่ใช้ในการแข่งขันกีฬา คือ ระดับกรดแลคติกในเลือด โดยระดับกรดแลคติกในช่วง 2 - 4 มิลลิโมล/ลิตร บ่งชี้ว่าร่างกายมีการใช้พลังงานทั้งสองระบบพลังงานร่วมกันในการผลิตเอทีพี หรือเรียกว่าระบบพลังงานใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน (Aerobic and Anaerobic energy system ; LA – O_2) ถ้ามีระดับของกรดแลคติกสูงกว่านี้ ร่างกายก็จะใช้พลังงานจากระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic energy system ; LA) แต่ถ้ามีระดับกรดแลคติกต่ำกว่า 2 มิลลิโมล/ลิตร ระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Energy System ; O_2) จะมีบทบาทสำคัญในการผลิตพลังงานให้แก่ร่างกายโดยมีค่าของอัตราการเต้นของ

หัวใจเท่ากับ อัตราของหัวใจที่จุดเริ่มล้า -20 ครั้งต่อนาที ซึ่งเรียกว่าระดับกั้นแอโรบิก (Aerobic threshold) (Jenssen, 1989)



รูปที่ 6 สัดส่วนของระบบพลังงานที่ใช้ในกีฬาชนิดต่างๆ

แหล่งที่มา : S. K. a. H. Powers, W.T. (2001)

กรดแลคติกในการออกกำลังกาย

กรดแลคติก คือ สารประกอบอินทรีย์ธรรมชาติที่สร้างมาจากกระบวนการทำงานของร่างกายโดยพบในกล้ามเนื้อ โลหิตและอวัยวะต่างๆ ในการทำงานของร่างกาย และเมื่อมีระดับการเกิดกรดแลคติกอย่างเหมาะสมคือไม่เกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร ภาวะนี้ร่างกายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ถ้ากรดแลคติกเกิดขึ้นในร่างกายมากเกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร จะมีผลกระทบต่อระบบต่างๆ ในการทำงานของร่างกายได้(Van Handle, 2000)

กรดแลคติกเกิดจากการเผาผลาญพลังงานเพื่อใช้ในการทำงานหรือการออกกำลังกายเป็นกรดอินทรีย์ $CH_3CH(OH)COOH$ จากการแตกสลายตัวไม่สมบูรณ์ของกลูโคส (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์และกุลธิดา เชิงฉลาด, 2544) นั่นก็คือ กลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็น กลูโคส - 6 - ฟอสเฟต (Glucose - 6 - Phophate) เพื่อให้ได้พลังงานเอทีพี (Adenosine Triphophate : ATP) และกลูโคสจะถูกเปลี่ยนให้เป็นไกลโคเจน (ถ้าหากว่ามีเกินความต้องการของร่างกาย) ไกลโคเจนจะถูกนำไปเก็บไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อ และจะถูกเรียกคืนมาเป็นกลูโคสในเวลาที่ร่างกายต้องการ ดังนั้นไกลโคเจนก็คือโมเลกุลของกลูโคสหลายๆ โมเลกุลรวมกันนั่นเอง แต่ไกลโคเจนที่ถูกเก็บไว้ในกล้ามเนื้อจำนวนนี้ ภายหลังจะถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นกลูโคสเพื่อใช้ในกิจกรรมของกล้ามเนื้อเท่านั้น เมื่อออกกำลังกายร่างกายก็จะนำไกลโคเจนมาใช้โดยเอ็นไซม์ฟอสโฟไลเลส (Phospholylase) จะแยกไกลโคเจนกลับมาเป็น กลูโคส - 6 – ฟอสเฟต (Glucose - 6 - Phosphate) จากนั้นจะแยกตัวออกเป็น 3 – คาร์บอน กลูโคส (3 – Carbon Glucose) 2 โมเลกุล และกลายเป็นไพรูเวท (Pyruvates) ต่อไป ปฏิกิริยาช่วงนี้ถึงเอาเอดีพี 2 โมเลกุล เข้าไปและเปลี่ยนแปลงออกมาเป็นเอทีพี 2 โมเลกุล ซึ่งสามารถให้ร่างกายนำเอาไปใช้ได้ ขณะที่เอทีพี 2 โมเลกุลได้ถูกสร้างขึ้น ไฮโดรเจนอิออน (H^+) จำนวน 4 อนุภาค ก็จะถูกปล่อยออกมาพร้อมๆกัน ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้จะดำเนินไปเรื่อยๆ ถ้าหากมีนิโคตินามาย อะดีนิน ไดนิวคลีโอไทด (Nicotinamide Adinine Dinucleotide : NAD) สำหรับนำเอาไฮโดรเจนอิออนไปกลายเป็นเอ็นเอดีไฮโดรเจนอิออน ($NADH^+$) ต่อจากนั้นถ้ามีออกซิเจนไฮโดรเจนอิออนก็จะถูกแยกออกจากเอ็นเอดีไฮโดรเจนอิออนไปให้ฟลาโวโปรตีน (Flavoprotein : FAD) และเข้าสู่ระบบไซโตรโครม (Cytrochrome system) เพื่อที่จะรวมตัวกับออกซิเจนแล้วได้พลังงานเอทีพี คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แต่ถ้ามีออกซิเจนไม่เพียงพอจะทำหน้าที่รับไฮโดรเจนอิออนจากเอ็นเอดีไฮโดรเจนไปจนเกิดกรดแลคติก การเกิดกระบวนการสร้างพลังงานเอทีพีด้วยการแยกกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์นี้ทำให้ระบบหายใจและการไหลเวียนโลหิตไม่สามารถปรับเข้าสถานการณ์ โดยการที่ไม่สามารถขนส่งออกซิเจนให้เพียงพอต่อความต้องการได้ กรดแลคติกส่วนใหญ่จึงไปสะสมในกล้ามเนื้อที่ทำงาน และจะปล่อยออกมาในโลหิตโดยการเมตาบอลิซึมในกล้ามเนื้อ ซึ่งนั่นคือปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในเลือดหลังการออกกำลังกายทันที (ประทุม ม่วงมี, 2527)

กรดแลคติกสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความหนักในการทำงานของร่างกายได้ โดยมีไพรูเวททำให้กลูโคสแตกตัวเพื่อสร้างพลังงานขึ้นมาจากการไม่ใช้ออกซิเจนจึงทำให้กรดแลคติกเกิดขึ้น กรดแลคติกที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อในระยะเวลานานทำให้ระบบไหลเวียนเริ่มสูญเสียสมดุลของออกซิเจนในร่างกาย หลังจากนั้นกรดแลคติกจากกล้ามเนื้อจะเข้าสู่กระแสโลหิตไปทั่วร่างกาย ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายลดลงและมีอาการเหนื่อยอย่างรวดเร็วหลังจากนั้นเมื่อร่างกายได้รับออกซิเจนเข้ามาจะรวมตัวกับกรดแลคติกทำให้ได้พลังงานเอทีพี คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ระดับที่มีกรดแลคติกสูงในร่างกายจะบ่งชี้ขีดจำกัดของความสามารถทางกาย เป็นเหตุผลสำคัญประการหนึ่งที่จำเป็นต้องสร้างโปรแกรมการฝึกความอดทน เพื่อให้ร่างสามารถใช้พลังงานแบบออกซิเจนที่มีประสิทธิภาพช่วยในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกของร่างกาย ดังนั้นโปรแกรมการฝึกความอดทนแก่ร่างกายจะสามารถใช้พลังงานแบบออกซิเจนได้ดีขึ้น ซึ่งทำให้ชะลอระดับการสะสมกรดแลคติกอย่างรวมเร็วก่อนความจำเป็น นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนเลือดของร่างกายด้วย

Plowman (1998)ได้กล่าวไว้เกี่ยวกับผลที่เกิดจากการสะสมของกรดแลคติกและส่งผลต่อร่างกาย ซึ่งผลที่สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจน คือ ค่าของความเป็นกรดด่าง และจากการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของร่างกายพบอาการ ดังนี้

1.ความเจ็บปวด (Pain) ยกตัวอย่างเช่น การวิ่งอย่างเต็มความสามารถเป็นระยะทาง 400 เมตร ซึ่งใช้ระบบพลังงานในส่วนของเอทีพี-ซีพีและระบบกรดแลคติก ซึ่งไฮโดรเจนอิออนที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้เกิดความเจ็บปวดของระบบประสาทและเกิดความเจ็บปวดในส่วนของกล้ามเนื้อต่อไป

2.การลดลงของสมรรถนะ (Performance decrement) มีผลมาจากกรดแลคติกที่ส่งผลให้เกิดความล้าในระบบต่างๆของร่างกาย และสามารถจำแนกเพิ่มเติมได้ดังนั้น

2.1การล้าของระบบเผาผลาญพลังงาน (Metabolic fatigue) ที่มีผลมาจากการลดลงของเอทีพี ที่เชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเอนไซม์ การเปลี่ยนแปลงของกลไกหรือกระบวนการส่งผ่าน (Substrate avilability) และการที่เอนไซม์ไม่สามารถเข้ารวมในปฏิกิริยาเคมีได้เนื่องจากปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนที่เพิ่มขึ้น และไฮโดรเจนอิออนจะรวมตัวกับเอนไซม์และทำให้เอนไซม์มีรูปร่าง ลักษณะและคุณลักษณะที่เปลี่ยนไป ในขณะเดียวกันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการส่งผ่าน ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้มีผลให้โมเลกุลของสารที่ส่งผ่านเซลล์เมมเบรน (Cell membrane) และระหว่างองค์ประกอบของเซลล์อื่นๆ เช่น ไมโตรคอนเดรีย เกิดความขัดข้องในการเคลื่อนที่ทำให้กระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์จากผลเอนไซม์ไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้นี้จะส่งผลโดยตรงกับการผลิตเอทีพี และส่งผลให้สมรรถนะของนักกีฬาลดลงในที่สุด

2.2การล้าของกล้ามเนื้อ (Muscular fatigue) ประการแรกสังเกตได้จากการลดลงของแรงและอัตราเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle contraction) ผลที่เกิดขึ้นนี้มีสาเหตุสองประการ

คือ ประการแรกเกิดการยับยั้งของเอนไซม์แอคโทมัยโอซิน เอทีพีเอส (Actomyosin ATPase) ซึ่งทำให้เอทีพีแตกตัวเพื่อใช้เป็นพลังงานในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ประการที่สอง คือ การที่ไฮโดรเจนอิออนที่ส่งผลในการรบกวนการทำงานและการส่งถ่ายแคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) ที่ทำหน้าที่ในการกระตุ้นและช่วยในการหดตัวของกล้ามเนื้อรวมไปถึงกระบวนการของโปรตีนครอสบริดจ์ (Protein cross - bridges) ในเส้นใยกล้ามเนื้อด้วย ซึ่งระดับของแลคเตทอิออนที่มีปริมาณสูงขึ้นก็จะส่งผลรบกวนต่อกระบวนการของโปรตีนครอสบิดจ์เช่นกันและจะทำให้แรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อนี้ลดลงด้วย

2.3การขจัดแลคเตทภายหลังการออกกำลังกาย (Lactate removal postexercise) ตามปกติร่างกายจะขจัดแลคเตทออกจากกระแสเลือดอยู่ตลอดเวลา แต่จะไม่มีอัตราที่แน่นอน ดั้งนั้นหากมีปริมาณของแลคเตทในกระแสเลือดสูงย่อมจะต้องอาศัยเวลาในการขจัดที่มากขึ้นเช่นกันแต่ปฏิกิริยาเคมีนั้นจะมีการปรับเปลี่ยนอัตราเร็วของกระบวนการ โดยขึ้นอยู่กับปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่น้อยย่อมจะเกิดปฏิกิริยาเคมีที่รวดเร็ว ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ผลที่เกิดขึ้นจากมวล (Mass action effect) ในช่วงของการคืนสภาพนั้น การขจัดแลคเตทออกจากร่างกายในปริมาณร้อยละ 50 นั้นจะใช้เวลาประมาณ 20 นาที หรือเรียกว่า ครึ่งเวลาของแลคเตท (Half of lactate) ดังนั้น ปริมาณและความเข้มข้นของแลคเตทจึงเป็นปัจจัยแรกที่มีผลต่ออัตราในการขจัดแลคเตทออกจากร่างกาย ปัจจัยที่สอง คือ ปัจจัยที่มีผลมาจากความสามารถของร่างกายหรือการใช้การออกกำลังกายเพื่อการผ่อนคลาย ปัจจัยที่สาม คือ ผลของความหนักของกิจกรรม และปัจจัยที่สี่ คือ รูปแบบของกิจกรรมในการออกกำลังกาย

กรดแลคติกเป็นดัชนีตัวบ่งชี้ในการวัดความหนักของการทำงานหรือการออกกำลังกายที่ดีที่สุดสำหรับใช้ในการฝึกนักกีฬา โปรแกรมการฝึกที่ดีจะมีประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายได้ (Craig et al., 1993) ถ้าใช้ในการวิเคราะห์ศึกษาความสามารถของนักกีฬาก็สามารถวิเคราะห์ในภาวะระดับความหนักของงานในภาวะเท่ากัน ถ้านักกีฬาคนใดมีความคงที่ของอัตราการเต้นของหัวใจนานจะเป็นผู้ที่มีประสิทธิภาพทางกายที่ดีกว่า ดังนั้นจึงควรใช้แนวคิดดังกล่าวเพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดโปรแกรมการฝึกให้มีประสิทธิภาพที่สุด (Oyono-Enguelle et al., 1990) ซึ่งสอดคล้องกับ Gullstrand, , and Svedenhag (1994) ที่มีแนวคิดว่า “ผู้ฝึกสอนหลายคนได้ใช้อัตราการเต้นของหัวใจในการอ้างอิงถึงกรดแลคติกในร่างกาย สำหรับการทดสอบสมรรถภาพและจัดโปรแกรมในการฝึกนักกีฬา ซึ่งอาศัยหลักความสัมพันธ์ของอัตราการเต้นของหัวใจ กรดแลคติก และความหนักของงาน เมื่อความหนักของงานเพิ่มขึ้น พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจและกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นด้วยความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถกำหนดความเร็วและความหนักของการทำงานได้”

นอกจากนี้ Troup (1990)ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับกรดแลคติกซึ่งมีความสอดคล้องดังนี้ กรดแลคติกเป็นดัชนีที่ดีในการบ่งชี้ปริมาณความหนักของการทำงาน เมื่อร่างกายมีระดับกรดแลคติก

เกิดขึ้นจะมีผลต่อการทำงานของร่างกาย ดังนั้น เมื่อร่างกายสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่เกิดขึ้นได้ดี ร่างกายก็จะสามารถทำงานต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโปรแกรมการฝึกดังนั้นจึงทำให้ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาเห็นความสำคัญและสนใจเกี่ยวกับปริมาณกรดแลคติกก็จะทำให้ประสิทธิภาพของนักกีฬาสูงขึ้น

ระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด (Blood lactate concentration)

แลคเตทหรือกรดแลคติกเป็นของเสีย (Waste products) ซึ่งเกิดจากกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) ในระหว่างที่ร่างกายทำงานที่ระดับความหนักปานกลางถึงระดับสูงสุด โดยในขณะพัก กระบวนการไกลโคไลติก (Glycolytic) จะดำเนินไปอย่างช้า ๆ ระดับของแลคเตทที่สะสมในเลือดและกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าประมาณ 1.4 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนในระยะเริ่มต้นของการออกกำลังกาย ระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดจะยังคงมีค่าเท่ากับขณะพัก แต่เมื่อความหนักของกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้น ความเข้มข้นของแลคเตทก็จะเกิดเร็วขึ้นจนถึงระดับที่กล้ามเนื้อไม่สามารถทำงานต่อไปได้ เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของการแสดงออกความสามารถทางกีฬาลดน้อยลง (Brooks G. A., 2004)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความรู้พื้นฐานของกล้ามเนื้อ

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber types)

Bompa(1999) กล่าวว่าถึงแม้ว่าทุกหน่วยยนต์จะทำงานเหมือนกัน แต่เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมดจะทำงานไม่เหมือนกัน เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีโครงสร้างและหน้าที่แตกต่างกัน บางชนิดเหมาะแก่การทำงานในสภาวะอนากาศนิยม (Anerobic) หรือภาวะที่มีการหายใจระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในขณะที่บางชนิดเหมาะแก่การทำงานในภาวะอากาศนิยม (Aerobic) หรือภาวะที่มีการหายใจระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน โดยแบ่งออกได้ดังนี้

1. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (Type I) จะใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานที่เรียกว่าอากาศนิยม (Aerobic) จะมีสีแดง และมีการหดตัวที่ช้า ดังนั้นนอกจากจะเรียกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1แล้วยังสามารถเรียกว่า เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดอากาศนิยม เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดสีแดง และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow twitch fiber, ST)
2. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 (Type II) 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 ดังนั้นการหดตัวของหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว จะเร็วและแรงกว่าการหดตัวของหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า ซึ่งจะพบว่านักกีฬาที่ประสบความสำเร็จในการแข่งขันกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความเร็วและพลังของกล้ามเนื้อจะมีพันธุกรรมกำหนดให้มีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่า แต่พวกเขาก็จะเกิดการล้าเร็วกว่า ในทางตรงกันข้ามนักกีฬาที่มีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้ามากกว่า ก็จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความอดทน เนื่องจากพวกเขาสามารถที่จะปฏิบัติทักษะที่มีความเข้มข้นต่ำได้เป็นเวลานานกว่า ถึงแม้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วจะถูกใช้ในกิจกรรมที่สั้นและเร็ว แต่ก็ไม่ใช้ความเร็วในการหดตัว แต่จะมาจากแรงของกล้ามเนื้อ

ซึ่งเกิดจากการที่ประสาทยนต์สามารถไประดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้ ดังนั้นจึงอธิบายได้ว่าทำไมนักกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความเร็ว จึงจำเป็นที่จะต้องฝึกเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อ เพราะการฝึกเคลื่อนไหวที่ใช้พลังกล้ามเนื้อสูงจะไปกระตุ้นการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว จึงทำให้นักกีฬาสามารถที่จะกระทำการเคลื่อนไหวที่เป็นแรงระเบิดและเร็วได้ โดยการจะระดมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดใดนั้นขึ้นยู่กับแรงต้านที่มากระทำ ถ้าแรงต้านปานกลางจนถึงต่ำก็จะมีการระดมระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าเป็นหลัก ซึ่งถ้ามีการเพิ่มแรงต้านมากขึ้นก็จะมีการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาใช้มากขึ้นตามในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว สัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีหลากหลายทั้งในกล้ามเนื้อมัดเดียวกันและคนละมัดซึ่งปกติแขนจะมีเปอร์เซ็นต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่าขา โดยกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Biceps) จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว 55 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps) จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว 60 เปอร์เซ็นต์ในขณะที่กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) ที่อยู่ในกล้ามเนื้อน่องจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเพียง 24เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกล้ามเนื้อที่มีเปอร์เซ็นต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากก็สามารถที่จะหดตัวได้เร็วและแรงยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีบทบาทที่สำคัญกับนักกีฬาประเภทที่ใช้ความแข็งแรงและพลังอดทนของกล้ามเนื้อ คือการที่กล้ามเนื้อสามารถออกแรงซ้ำๆ หลายๆครั้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือการที่นักกีฬาสามารถรักษาการออกแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดการแข่งขัน

S. K. Powers and Walker (1982)ได้กล่าวว่าเส้นใยกล้ามเนื้อแบ่งออกได้ 3 ชนิด ซึ่งแตกต่างกันที่ความเร็วในการหดตัว และความอดทนต่อการล้า เพราะว่ากล้ามเนื้อส่วนใหญ่จะผสมไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อทั้ง 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 จึงเป็นเส้นใย

ที่เหมาะในการผลิตสารสร้างพลังงาน 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

O'Shea (2000) ได้แบ่งกล้ามเนื้อออกเป็น 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)

ชนิดการทำงานของกล้ามเนื้อ

Bompa(1999) 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) หมายถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่ความยาวกล้ามเนื้อมีการเหยียดตัวออก การหดตัวแบบนี้จะเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อในทางตรงกันข้ามกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น ซึ่งจะทำให้เกิดงานทางลบในทางฟิสิกส์ เช่นการทำท่างอข้อศอก (Biceps curl) ในจังหวะที่มีการยกน้ำหนักออกจากตัว เป็นผลให้ความยาวของกล้ามเนื้อกลับสู่ความยาวตอนเริ่มต้นอีกครั้งและทำให้มุมของข้อศอกเพิ่มมากขึ้น

2. การทำงานแบบไอโซเมตริก (Isometric muscle action) โดย “Iso” มาจากคำว่า “Isos” แปลว่าเท่ากัน (Equal) และ “Metric” มาจากคำว่า “Meter” ซึ่งหมายถึง เมตร ที่เป็นหน่วยของการวัดความยาว 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 โดยในขณะที่เคลื่อนไหวนั้นทั้งการทำงานของ

กล้ามเนื้อแบบหดสั้นและการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออกจะเกิดแรงต้านที่เท่ากัน นอกจากนี้การฝึกชนิดนี้จะทำให้กล้ามเนื้อออกแรงได้สูงสุดตลอดทั้งการเคลื่อนไหวซึ่งการฝึกแบบอื่นทำไม่ได้

องค์ประกอบของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ

Sharkey and Gaskill (2006) ได้เสนอองค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อไว้ดังนี้

1. ความแข็งแรง (Strength) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวเพื่อให้ทำงานได้อย่างเต็มที่ในการออกแรงหนึ่งครั้ง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นเป็นพื้นฐานที่สำคัญของทุกชนิดกีฬาเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมหรือแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้ฝึกสอนควรจะสร้างความแข็งแรงให้เหมาะสมกับทักษะและรูปแบบของชนิดกีฬานั้นๆ ดังนั้นการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรคำนึงถึงอันดับแรก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาได้โดยการฝึกด้วยน้ำหนักเป็นต้น

2. พลังกล้ามเนื้อ (Power) คือ ความสามรถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็วทำให้เกิดงานในระดับสูง พลังแสดงออกมาให้เห็นในรูปของงานที่ทำ Sharkey and Gaskill (2006) 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. ความอดทนของกล้ามเนื้อและพลังอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance and Power endurance)

3.1 ความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาที่ยาวนาน โดยปราศจากความอ่อนล้า หรือมีอาการอ่อนล้าน้อยที่สุด แต่ละชนิดกีฬาต้องการความอดทนของกล้ามเนื้อไม่เหมือนกัน ดังนั้นควรมีรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมกับแต่ละชนิดกีฬา

3.2 พลังอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาหนึ่งด้วยความเร็ว เช่น จำนวนครั้งที่นักกีฬาทำได้ในเวลาที่จำกัด กีฬาที่ใช้ความหนักในระดับปานกลางในเวลาที่จำกัด (Medium load over a few minutes) ได้แก่นักกีฬามวยปล้ำจำเป็นต้องการพลังอดทนของกล้ามเนื้อในระดับปานกลาง (Medium-term power endurance) กีฬาที่ใช้ความหนักระดับเบาในเวลาที่จำกัด (Light load over a few minutes) ได้แก่นักวิ่งระยะไกล นักปั่นจักรยานระยะไกล เทนนิส ฟุตบอล วอลเล่ย์บอล บาสเก็ตบอล แบดมินตัน เป็นต้น จำเป็นต้องการพลังอดทนของกล้ามเนื้อที่ยาวนาน (Long-term power endurance) ส่วนการทำงานของกล้ามเนื้อที่ออกแรงในระยะสั้น เช่นการเตะลูกฟุตบอล จังหวะในการตีลูกเทนนิสจำเป็นต้องการพลังอดทนของกล้ามเนื้อน้อย(Short-term power endurance)

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

4.1 เวลาปฏิกิริยา หมายถึง ช่วงระยะเวลาระหว่างที่มีการกระตุ้นและปฏิกิริยาตอบสนองครั้งแรกต่อการกระตุ้น ปฏิกิริยาตอบสนองในที่นี้อยู่ภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจโดยการสั่งการจากระบบประสาทได้รับสิ่งเร้า แล้วสั่งการลงมาที่กล้ามเนื้อ ตัวอย่างเช่น เวลาที่นักกีฬาเบสบอลตีลูกเบสบอล

4.2 ความไว หมายถึง การตอบสนองของสิ่งกระตุ้นในระยะเวลาอันสั้น เช่นในการก้าวเท้าหนึ่งถึงสองก้าว ในกีฬาวอลเล่ย์บอลมีการใช้ความไวมาก เช่น จังหวะในการขึ้นบล็อก การเข้าไปตีลูก

4.3 ความเร็ว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้โดยใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด

นักกีฬาวิ่งระยะสั้นต้องการทั้งปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็วที่ดีเพื่อที่จะได้ชัยชนะ แต่ในนักกีฬาวิ่งระยะไกลไม่ต้องการปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว ต้องการเพียงแค่การรักษาความเร็วให้คงที่

5. การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาความสมดุลของร่างกายในขณะที่อยู่กับที่และในขณะที่เคลื่อนไหวอยู่ไม่เสียหลัก โซเซหรือวิ่งไม่ตรงทิศทางซึ่งเป็นความสามารถในการทำงานประสานกัน ระหว่างระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อในการทรงตัวแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ

5.1 การทรงตัวในขณะเคลื่อนที่ (Dynamic balance)

5.2 การทรงตัวขณะอยู่กับที่ (Static balance)

6. ความอ่อนตัว (Flexibility) หมายถึง ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อที่สามารถทำการยืดเหยียดออกและสามารถหดเข้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่มุมหรือข้อต่อในส่วนต่างๆของร่างกายสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับความอ่อนตัว ซึ่งความอ่อนตัวนี้สามารถพัฒนาได้จากการฝึกความยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั้นเอง

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

กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา

Weineck (1990) ได้วิเคราะห์กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ออกแรงทำให้เกิดการเคลื่อนที่บริเวณข้อต่อต่างๆ ของเขา โดยเรียงลำดับจากกล้ามเนื้อมัดที่ออกแรงมากไปหาน้อยตามลำดับดังนี้

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก ประกอบด้วย

-กล้ามเนื้อกลูเตียส แมกซิมัส (Gluteus maximus)

-กล้ามเนื้อแอดดัคเตอร์ แมกนัส (Adductor magnus)

-กล้ามเนื้อเซมิเมมเบรโนซัส (Semimembranosus)

-กล้ามเนื้อเซมิเทนดิโนซัส (Semitendinosus)

-กล้ามเนื้อกลูเตียส มีเดียส (Gluteus medius)

-กล้ามเนื้อควอดราตัส ฟีมอรีส (Quadratus femoris)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ประกอบด้วย

-กล้ามเนื้อควอไดรเซ็พส์ ฟีมอรีส (Quadriceps femoris)

-กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส (Rectus femoris)

-กล้ามเนื้อเทนเซอร์ ฟาสเซีย ลาตี (Tensor fasciae latae)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ประกอบด้วย

-กล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส (Gastrocnemius)

-กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus)

-กล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์ ฮอลลูซีส ลองกัส (Flexor hallucis longus)

-กล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์ ดิจิตอรัม ลองกัส (Flexor dijitorum longus)

-กล้ามเนื้อทิเบียลิส โพสทีเรีย (Tibialis posterior)

-กล้ามเนื้อเพอโรเนียส ลองกัส (Peroneus longus)

-กล้ามเนื้อเพอโรเนียส เบรวิส (Peroneus brevis)

Weineck (1990) ได้สรุปผลจากการวิเคราะห์กล้ามเนื้อว่าในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก มีกล้ามเนื้อ กลูเตียส แมกซิมัส เป็นกล้ามเนื้อมัดหนึ่งที่มีความแข็งแรงที่สุดในร่างกาย มีหน้าที่หลักคือ

การเหยียดสะโพก ได้แก่ในขณะที่ยกตัวขึ้นสู่ท่ายืนปกติจากท่าย่อตัว ในขณะวิ่ง และในขณะกระโดด ในกลุ่มกล้ามเนื้อควอไดรเซ็พส์ ฟีมอริส เป็นกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ที่สุดและมีความแข็งแรงที่สุดในร่างกาย มีหน้าที่หลักคือ การเหยียดเข่า ประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียลิส กล้ามเนื้อวาสทัส แลทเทอราลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส อินเตอร์มีเดียส โดยกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีสประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่และนอกจากจะทำหน้าที่เหยียดเข่าแล้วยังทำหน้าที่เหยียดสะโพกอีกด้วย ส่วนใหญ่กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้านั้นมีกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส เป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่มีหน้าที่หลักคือการเหยียดข้อเท้าเพื่อยกส้นเท้าให้พ้นพื้นได้แก่ในขณะวิ่งและในขณะกระโดด

จากข้อสรุปจะเห็นได้ว่า ในการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดด จะต้องพัฒนากล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่า กล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้าซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อเหล่านี้ จะต้องใช้ความหนักในระดับที่สามารถระดมเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมาทำงานได้

พลังกล้ามเนื้อขาที่ใช้ในการกระโดดในแนวดิ่ง มาจากกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก 4 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า 24.2 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า 35.8% ดังนั้นจึงใช้เป็นแนวทางในการเลือกท่าฝึกที่เหมาะสมกับท่าฝึกที่ใช้ในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกและกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ได้แก่ท่าแบกน้ำหนักย่อตัว

ความสำคัญของพลังกล้ามเนื้อ

ในการแข่งขันกีฬานั้นนักกีฬาจำเป็นต้องมีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อของตน เพื่อใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ของการแข่งขัน ซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปตามชนิดกีฬากีฬาBompa and Calcina (1993) ได้สรุปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาไว้ ดังนี้

1. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการลงสู่พื้นและในการเปลี่ยนทิศทาง(Landing reactive power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดนั้น ทักษะในการลงสู่พื้นเป็นทักษะที่สำคัญอย่างหนึ่ง และมักจะต่อเนื่องกับทักษะของการเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดด นักกีฬาจำเป็นจะต้องใช้พลังกล้ามเนื้อในการควบคุมร่างกายในขณะลงสู่พื้น และสามารถที่จะปฏิบัติทักษะที่ตามมานั้นได้อย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดดก็ตาม พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้นจะมีความสัมพันธ์กับความสูงของการตกลงสู่พื้นนั้น การลงสู่พื้น จากความสูง 80-100 เซนติเมตรนั้น ข้อเท้าจะต้องรับน้ำหนักประมาณ 6-8 เท่าของน้ำหนักตัว ซึ่งในขณะที่ลงสู่พื้นนั้น กล้ามเนื้อจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น (Eccentric contraction) นักกีฬาที่ได้รับการพัฒนา

พลังกล้ามเนื้ออย่างดีแล้ว ก็จะสามารถควบคุมร่างกายและแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้นได้ ซึ่งกล้ามเนื้อจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นหลังจากนั้นถ้ามีการกระโดดขึ้นในทันทีหรือมีการเปลี่ยนทิศทางกล้ามเนื้อมัดนั้นก็จะหดตัวแบบความยาวลดลง (Concentric contraction) สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาประเภททีมชนิดต่างๆ และกีฬาที่ใช้แร็คเก็ต (Racket)

2. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทุ่ม-พุ่ง-ขว้าง (Throwing power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ต้องมีการทุ่ม-พุ่ง-ขว้าง อุปกรณ์กีฬาแต่ละชนิดนั้น ต้องการพลังกล้ามเนื้อเพื่อที่จะสร้างความเร็วให้กับอุปกรณ์กีฬาเหล่านั้นจากจุดเริ่มต้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และมีอัตราเร่งเพิ่มขึ้นตลอดระยะทางของการเคลื่อนที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาชนิดที่จะต้องปล่อยอุปกรณ์ออกไปจากมือเพื่อให้ได้ระยะทางมากที่สุด

3. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดขึ้นจากพื้น (Take-off power) ในการแข่งขั้นกีฬาหลายชนิดที่ต้องมีการกระโดดนั้น ต้องการพลังกล้ามเนื้อในลักษณะแรงระเบิด (Explosive) เพื่อให้ประสิทธิภาพของการกระโดดดีที่สุด ซึ่งเป็นการกระโดดในขนาดที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูงหรือมีการย่อตัวก่อนที่จะกระโดดขึ้นไป ซึ่งถ้ายิ่งย่อตัวลงมากก็จะต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากเพื่อที่จะออกแรงยกตัวลอยขึ้นจากพื้นได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้านักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อไม่มากพอก็จะทาให้การกระโดดนั้นช้าลงและมีผลให้ประสิทธิภาพของการกระโดดลดลงด้วย

4. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเริ่มต้นเคลื่อนที่ (Starting power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ต้องใช้ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่ให้มีผลต่อประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่นั้นๆ สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาที่มีการต่อสู้ การออกอาวุธได้เร็วกว่าย่อมได้เปรียบคู่ต่อสู้ รวมทั้งการเริ่มต้นวิ่งออกจากที่ ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น ผู้ที่มีพลังกล้ามเนื้อมากกว่าก็จะเริ่มต้นวิ่งได้เร็วกว่า

5. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการชะลอความเร็ว (Deceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมชนิดต่างๆ และกีฬาที่ใช้แร็คเก็ต ที่มีการหลอกล่อคู่ต่อสู้หรือมีการชะลอความเร็วสลับกับการเร่งความเร็วหรือมีการชะลอความเร็วแล้วเปลี่ยนทิศทางต้องการพลังกล้ามเนื้อเป็นอย่างมากซึ่งกล้ามเนื้อจะมีการหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่ง จำเป็นต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากพอ ซึ่งการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้จะเกิดอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้ง่าย

6. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมและกีฬาประเภทบุคคลชนิดต่างๆ ทั้งที่แข่งขันกันบนบกและในน้ำ ต่างก็มีสถานการณ์ในการเร่งความเร็วด้วยกันทั้งสิ้น พลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วหรือสามารถเอาชนะแรงต้านทานของน้ำหนักได้ รูปแบบของพลังกล้ามเนื้อทั้งหกลักษณะนี้ เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีพื้นฐานมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวได้เร็ว (Fast twitch fiber)

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

Karp (2001) ได้ให้ความเห็นว่า เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะถูกระดมมาทำงานก่อนเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าในขณะที่กล้ามเนื้อทำงานอย่างรวดเร็ว เมื่อการทำงานอย่างรวดเร็วเกิดขึ้น การระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งจะต้องทำงานด้วยความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงเท่านั้น

พลังอดทนของกล้ามเนื้อ

มีผู้ให้ความหมายของพลังอดทนของกล้ามเนื้อไว้ดังนี้

Bompa and Carrera (2005) กล่าวว่า พลังอดทน (Power endurance) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะใช้พลังสูงสุดในการกระทำซ้ำกันหลายครั้ง โดยที่ความถี่และความเร็วของร่างกายไม่ลดลงหรือกระทำได้นานขึ้น

O'Shea (2000) กล่าวว่า พลังอดทนเป็นความสามารถในการใช้ความแข็งแรงและความเร็วในการทำงานที่ยาวนาน (พลังอดทน = ความแข็งแรง × ความเร็ว × ความไกลหรือความนาน)

McArdle and F.I and Katch (1996)กล่าวว่า พลังอดทนเป็นการทำงานแบบแอนแอโรบิก หรือ ระบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่น วิ่ง 22 ถึง 400 เมตร ว่ายน้ำ 100 เมตร ซึ่งจะใช้พลังงานในรูปเอทีพี-ซีพี และกรดแลคติก

Marcinik (1989) กล่าวว่า พลังอดทนเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงสูงสุดภายใน 90 วินาที

Sharkey and Gaskill (2006) กล่าวว่า พลังอดทนเป็นความสามารถในการปฏิบัติทักษะซ้ำๆโดยที่ความเร็วไม่ลดลง ซึ่งพลังอดทนส่วนใหญ่จะใช้จำนวนครั้งที่นักกีฬาสามารถปฏิบัติทักษะได้ภายในเวลากำหนดเป็นตัววัด โดยพลังอดทนสามารถแบ่งออกได้ 3 ชนิด ดังนี้

1.พลังอดทนระยะสั้น (Short – term power endurance) ได้แก่ กีฬาที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างหนักในระยะสั้นๆ เช่น ทุ่มน้ำหนัก วิ่งระยะสั้น หรือ กีฬาที่มีการเคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล มวยปล้ำ เป็นต้น

2.พลังอดทนระยะกลาง (Medium – term power endurance) ได้แก่ กีฬาที่กระทำซ้ำๆด้วยความหนักปานกลางในเวลาไม่กี่นาที เช่น การวิ่งระยะกลาง มวยปล้ำ ยิมนาสติก เป็นต้น

3.พลังอดทนระยะยาว (Long – term power endurance) ได้แก่ กีฬาที่ใช้ความหนักเบาซ้ำๆ จำนวนมาก ได้แก่ ปั่นจักรยานระยะไกล วิ่งระยะไกล รวมถึงกีฬาที่เคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่องที่ใช้เวลาในการแข่งขันนาน เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล เป็นต้น

สรุปได้ว่า พลังอดทนของกล้ามเนื้อ เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะใช้พลังสูงสุดในการกระทำซ้ำกันหลายครั้ง โดยที่ความถี่และความเร็วของร่างกายไม่ลดลงหรือกระทำได้นานขึ้น ทั้งที่ใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกที่ทำให้เกิดการสะสมของแลคเตทในเลือดและกล้ามเนื้อซึ่งทำให้เกิดสภาวะเมื่อยล้า

วิธีการฝึกพลังอดทนของกล้ามเนื้อ

Bompa and Calcina (1993)ได้เสนอรูปแบบการฝึกพลังอดทนของกล้ามเนื้อดังนี้

ความหนัก	70-85	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	15-20	ครั้ง
จำนวนเซ็ท	2-4	เซ็ท
เวลาพักระหว่างเซต	3-5	นาที
จังหวะในการยก	เร็ว	
ความถี่	2-3	ครั้ง/สัปดาห์

Bompa (1999) ได้นำเสนอรูปแบบฝึกพลังอดทนของกล้ามเนื้อดังนี้

ความหนัก	50-70	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	15-30	ครั้ง
จำนวนเซ็ท	2-3	เซ็ท

เวลาพักระหว่างเซ็ท	5-7	นาที
จังหวะในการยก	เร็ว	
ความถี่	2-3	ครั้ง/สัปดาห์

และต่อมา Bompa and Carrera (2005)ได้พัฒนารูปแบบการฝึกพลังกล้ามเนื้อ และนำเสนอรูปแบบการฝึกพลังอดทนกล้ามเนื้อดังนี้

ความหนัก	30-50	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	15-30	ครั้ง
จำนวนเซ็ท	2-4	เซ็ท
เวลาพักระหว่างเซ็ท	3-5	นาที
จังหวะในการยก	เร็ว	
ความถี่	2-3	ครั้ง/สัปดาห์

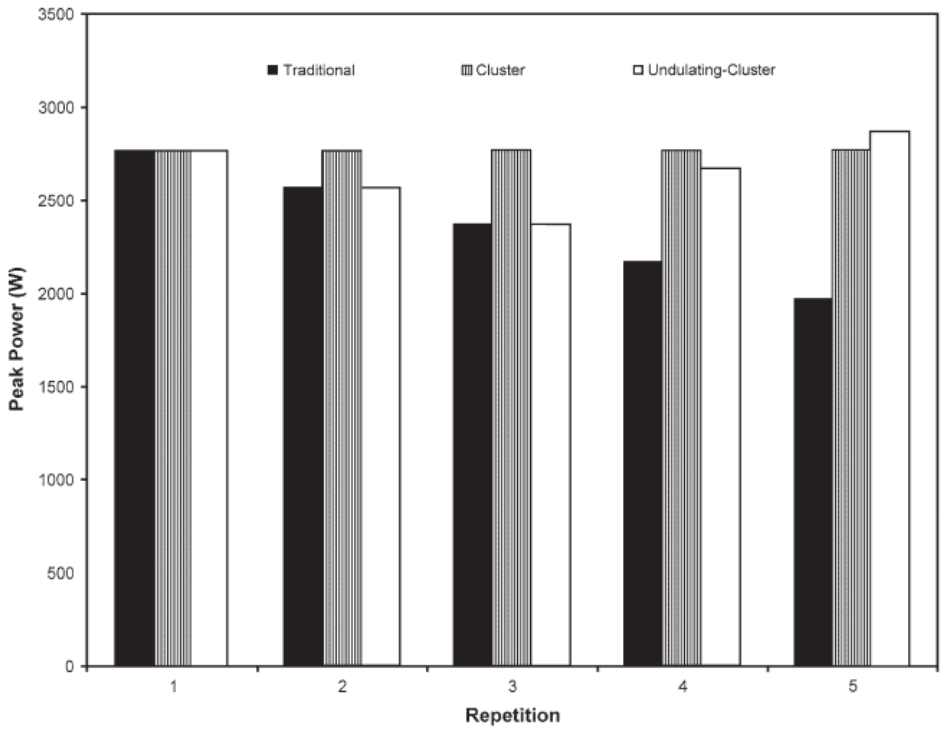
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท

T. Lawton et al. (2004) ให้ความหมายของคลัสเตอร์เซ็ทว่า คือ เซ็ทที่มีการเพิ่มการพักระหว่างการยกแต่ละครั้ง(Inter-repetition rest : IRR) หรือ การพักภายในเซ็ทระหว่างการทำซ้ำๆ (Intra-set rest : ISR)

ทฤษฎีพื้นฐานของการฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท

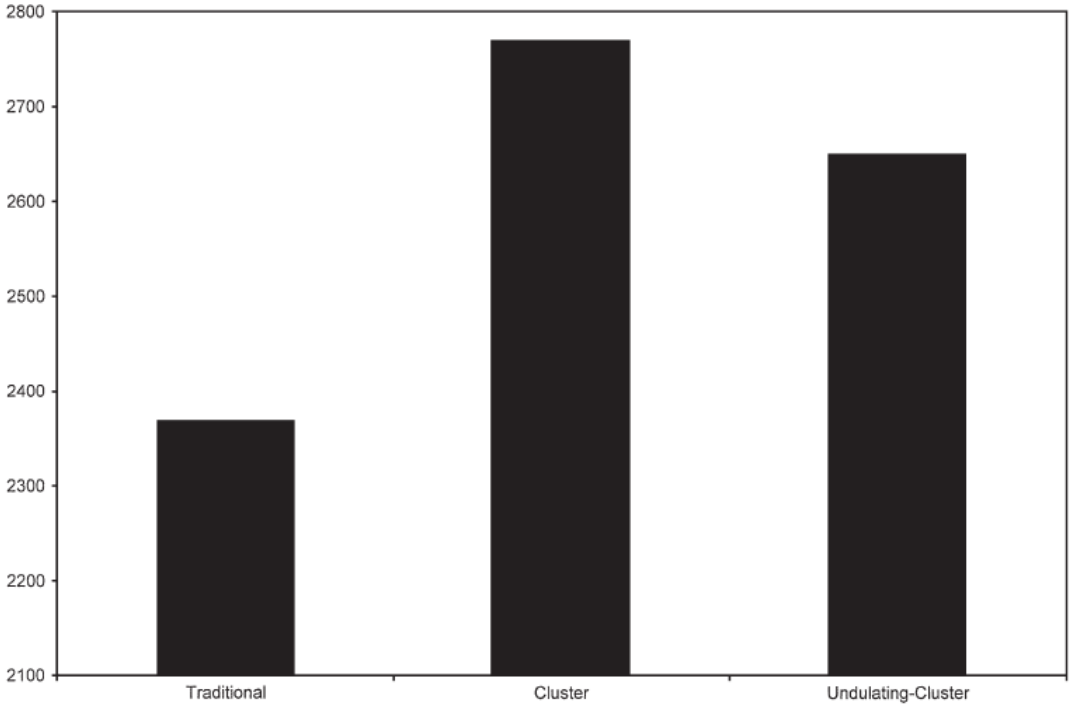
การใช้ช่วงเวลาพักที่สั้นๆระหว่างการทำซ้ำของแต่ละคนในเซท ในทางทฤษฎีแล้วควรที่จะส่งผลในการพัฒนาคุณภาพของการออกแรงในแต่ละช่วงเวลาในการทำซ้ำ(Haff et al., 2003)ในปี Haff et al. (2003) ได้นำเสนอรูปแบบการสมมุติฐานสำหรับผลกระทบของชุดคลัสเตอร์ในรูปแบบนี้ก็ชี้ให้เห็นว่าลักษณะการทำงานของพลังสูงสุด และความเร็วสูงสุดของบาร์เบล และระยะทางที่จะลดลงด้วยการทำซ้ำโดยวิธีการฝึกแบบดังเดิมที่ไม่มีการใช้การพักภายในเซทขณะทำซ้ำ(Interrepetition rest) (รูปที่7)



รูปที่ 7 สมมุติฐานรูปแบบการตอบสนองพลังสูงสุดในการฝึกแบบดั้งเดิม (Traditional) การฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท (Cluster set) และการฝึกแบบผสมผสานคลัสเตอร์เซ็ท (Undulating cluster set)

แหล่งที่มา (Haff et al., 2003)

แนวคิดของการพักภายในเซทขณะทำซ้ำหรือคลัสเตอร์เซ็ท (Cluster set) ได้แนะนำเป็นวิธีการเพื่อให้การทำซ้ำในแต่ละเซ็ทให้มีคุณภาพสูงสุด ดังนั้นจึงตั้งสมมุติฐานว่าการเพิ่มเวลาพัก 15 - 30 วินาที ในระหว่างการทำซ้ำซึ่งจะช่วยให้การพักฟื้นแต่ละบุคคลค่อยๆคืนกลับมาและทำให้การออกแรงในแต่ละครั้งมีพลัง ความเร็ว และการเคลื่อนที่ของบาร์เบลสูงขึ้น เมื่อพิจารณาการฝึกคลัสเตอร์เซ็ทที่อาจเป็นไปได้แล้ว สำหรับการเพิ่มพลังเฉลี่ยของการทำซ้ำของแต่ละบุคคล (รูปที่ 8)ของเซ็ทการฝึก (T. Lawton et al., 2004) การใช้แนวคิดคลัสเตอร์เซ็ทอาจเป็นประโยชน์ในการพัฒนาพลังเพราะมันอาจจะส่งผลให้เกิดการลดลงของความเมื่อยล้าที่เกิดจากการทำซ้ำ (T. Lawton et al., 2004; Rooney, , & Balnave, 1994) เมื่อทำการฝึกแบบดั้งเดิมก็เป็นไปได้ว่าความเมื่อยล้าระหว่างการทำซ้ำอาจจะเกี่ยวข้องกับระบบประสาทและกล้ามเนื้อหรือการสะสมของความเมื่อยล้าจากการเผาผลาญพลังงานส่งผลให้พลังในการทำซ้ำๆลดลง



รูปที่ 8 สมมุติฐานรูปแบบการตอบสนองพลังสูงสุดเฉลี่ยในขณะฝึกแบบดั้งเดิม (Traditional) ฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท (Cluster set) และฝึกแบบผสมผสานคลัสเตอร์เซ็ท (Undulating cluster set) ของการยก 5 ครั้ง

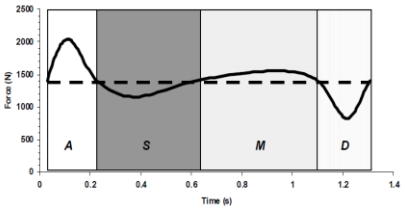
แหล่งที่มา (Haff et al., 2003)

Viitasalo and Komi (1981)ได้เสนอว่าการลดลงของแรงสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง และอัตราการพัก สามารถเกิดการหดตัวได้ไม่มาก (5-9 ครั้ง) พวกเขาตั้งสมมุติฐานการเพิ่มขึ้นของแลคเตทในเลือดทำให้เกิดความเมื่อยล้าขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาของการผลิตพลังสูงสุด

(Maximal force-generating capacity and Selected force-time curve) สมมุติฐานในการเพิ่มเวลาพักในระหว่างการทำซ้ำ 15-30 วินาที อาจส่งผลให้ครีเอทีนฟอสเฟทเติมเต็มกลับมา ในขณะที่การฝึกแบบดั้งเดิมได้ส่งผลให้เกิดการสูญเสียครีเอทีนฟอสเฟตมากขึ้น ซึ่งในที่สุดจะไปกระตุ้นการผลิตกรดแลคติก และแลคเตท(Haff et al., 2003)ซึ่งสอดคล้องกับ Sahlin and Ren (1989) ที่เสนอว่าการหดตัวสูงสุดได้ส่งผลให้เกิดการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของ เอทีพีและความเข้มข้นของครีเอทีนฟอสเฟต การลดลงของเอทีพีและครีเอทีนฟอสเฟต เกี่ยวเนื่องกับการเพิ่มความเข้มข้นของแลคเตทอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของแรงที่ผลิตได้ นอกจากนี้ 15 วินาทีของการพักฟื้นส่งผลในการเพิ่มขึ้นของแรงสูงสุดที่สร้างขึ้นประมาณ 79.7 ± 2.3 เปอร์เซ็นต์ของแรงเริ่มต้น (Sahlin & Ren, 1989) ในทำนองเดียวกัน เมื่อเวลา 30 วินาที ของการพักฟื้นในระหว่างการทำกิจกรรมซ้ำๆซึ่งเป็นการเพิ่มการสร้างพลังสูงสุดและลดการสร้างแลคเตทอย่างมีนัยสำคัญ(Wootton & Williams, 1983) การเพิ่มขึ้นของแลคเตทเกี่ยวข้องกับการทำสลับพักช่วงสั้นๆ (Short rest Interval)ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเกี่ยวของกับผลกระทบเชิงลบต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อซึ่งเป็นผลมาจากความบกพร่องในการผลิตเอทีพี Sahlin and Ren (1989) จากเหตุผลแนวคิดนี้การใช้คลัสเตอร์เซ็ทในการฝึกเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่จะพัฒนาการเสริมสร้าง ในขณะที่รูปแบบแนวคิดคลัสเตอร์เซ็ทที่จะนำมาพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดเพื่อเพิ่มการสร้างพลัง หรือกระตุ้นการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) Lawton et al. (2006) แนะนำการฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ทโดยเพิ่มน้ำหนัก อาจเป็นประโยชน์มากที่สุดสำหรับวิธีการฝึกแรงระเบิดหรือการฝึกความแข็งแรงแบบบอลิสติก (Ballitic) เช่นการใช้โปรแกรมที่อาศัยการเคลื่อนไหวของนักยกน้ำหนัก โดย Rooney et al. (1994)ชี้ให้เห็นว่าการทำสลับกับการพักระหว่างการทำซ้ำสามารถลดความเมื่อยล้าจากการทำซ้ำ แต่ไม่เพิ่มความแข็งแรงเมื่อเทียบกับการฝึกแบบดั้งเดิมในระดับความหนักเดียวกัน มากไปกว่านั้นการฝึกแบบดั้งเดิมอย่างต่อเนื่องจะพัฒนาความแข็งแรงและเพิ่มการกระตุ้นหน่วยยนต์ (Motor Unit) และทำให้กล้ามเนื้อปรับตัวสามารถทนต่อความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจากการเผาผลาญพลังงานได้มากขึ้น (Lawton et al., 2006; Rooney et al., 1994)นอกจากนี้ Kraemer, , and Evans (1996) แนะนำว่าแลคเตทเป็นสิ่งสำคัญต่อการตอบสนองการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ ด้วยแนวคิดและเหตุผลนี้การฝึกโดยใช้คลัสเตอร์เซ็ทอาจจะมีประโยชน์มากที่สุดสำหรับการพัฒนาพลังระเบิดมากกว่าการฝึกแบบดั้งเดิม และการฝึกแบบดั้งเดิมอาจให้ผลดีกับการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด หรือกระตุ้นการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ

การฝึกด้วยแรงดันอากาศ

Lander, , Sawhill, and Hamill (1985) กล่าวว่ารูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบนช์ เพรส (Bench press) ด้วยความหนัก 90 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ดังที่แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งช่วงแรกจะเรียกว่าช่วงความเร่ง (The acceleration phase) ซึ่งช่วงนี้จะใช้เวลาทั้งหมด 16 เปอร์เซ็นต์แรกของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริค และพบว่าจะมีการเกิดแรงสูงสุดในช่วงนี้ ช่วงที่ 2 ที่จะตามมาคือ ช่วงที่แรงที่ใช้ในการออกแรงยกจะน้อยกว่าแรงต้านของบาร์เบลล์ และใช้เวลาต่อจากช่วงแรกคือ 16 เปอร์เซ็นต์ จนถึง 42 เปอร์เซ็นต์ของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริค ช่วงนี้จะถูกเรียกว่าช่วงสติคกิ้ง (Sticking region) เนื่องจากแรงที่ใช้ในการยกน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์จึงทำให้สูญเสียความเร็วในการดันขึ้น และช่วงต่อมาคือจะใช้เวลาตั้งแต่ 42 เปอร์เซ็นต์ จนถึง 82 เปอร์เซ็นต์ของเวลาทั้งหมด โดยจะพบว่าในช่วงนี้จะเป็นอีกครั้งหนึ่งที่แรงที่ใช้ในการยกจะมากกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ และเรียกช่วงที่ 3 นี้ว่าช่วงของความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength region) ต่อมาคือช่วงสุดท้ายที่จะใช้เวลา 18 เปอร์เซ็นต์สุดท้ายของเวลาทั้งหมด โดยเรียกช่วงนี้ว่า ช่วงความหน่วง (The deceleration phase) ซึ่งจะพบว่าในช่วงนี้แรงที่ใช้ในการยกจะน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ เช่นเดียวกับวิลสัน (Wilson, 1994) กล่าวว่ารูปแบบของแรงนั้นมีลักษณะเดียวกับรูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากในท่าฝึกสควอทด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุด ที่จะเกิดแรงที่มากในตอนแรกที่ยก เนื่องจากมีโมเมนตัม (Momentum) เกิดขึ้น และการออกแรงตลอดมุมการเคลื่อนไหวที่เหลือจะเกิดขึ้นน้อย โดยจะเกิดมีช่วงของการหน่วง (Deceleration) ในช่วงท้ายของการยกเพื่อหยุดน้ำหนักไว้ นั้นจึงหมายถึงว่าระดับของแรงที่สูงจะเกิดเพียงเล็กน้อยของมุมการเคลื่อนไหว ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 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, Cronin, and Newton (2010) กล่าวว่าจากการที่ได้มีการพยายามพัฒนาสร้างเครื่องมือในการฝึกรูปแบบใหม่ที่เอาชนะการเสียเปรียบทางกลไกของการยกน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวทจึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายแรงต้านที่เปลี่ยนแปลงได้เหมาะสมตลอดมุมการเคลื่อนไหว (Variable resistance device) ที่จะช่วยปรับแรงต้านในขณะการเคลื่อนไหวให้เหมาะกับการเปลี่ยนแปลงของข้อต่อ และช่วยชดเชยความเร่งที่เสียไป เนื่องจาก Baker,et al. (2001) กล่าวว่าแรงต้านจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนไหวของข้อต่อ จากการยกหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายฟรีเวทอย่างเดียว ทำให้เกิดช่วงของความหน่วง 67 เปอร์เซ็นต์ของช่วงคอนเซ็นตริค ซึ่งทำให้แรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงช่วงคอนเซ็นตริคหายไป 19.4 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุด

นิวเมติก (Pneumatic)

David M Frost, , and Newton (2010) กล่าวว่า Pneumatic หมายถึงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับอากาศ หรือใช้อากาศ โดยแรงต้านจะมีลักษณะเหมือนกับแรงต้านที่มาจากยางยืด โดยที่อุปกรณ์แรงต้านจากอากาศ (Pneumatic devices) จะให้แรงต้านโดยไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ แต่จะขึ้นอยู่กับแรงดันของอากาศที่สร้างขึ้น และพื้นที่ที่แรงดันนั้นกดลง ดังแสดงในสมการที่ 1 โดยเดนนิส ไกเซอร์ ผู้ก่อตั้งเทคโนโลยี Pneumatic เรียกว่าเครื่อง ไกเซอร์ ได้ออกแบบเครื่องมือนี้ขึ้นทำให้ผู้ฝึกไม่ต้องออกแรงเอาชนะความเฉื่อยจากน้ำหนักของวัตถุที่ใช้ยก เป็นผลให้มีความเร็วในการเคลื่อนไหวมากกว่าการใช้ฟรีเวทเมื่อแรงต้านที่ให้เท่ากัน

สมการที่ 1

$$P = \frac{F(Pneumatic)}{A}$$

โดย

P	คือ ความดันอากาศ (Air Pressure)
F (Pneumatic)	คือ แรงลัพธ์ทั้งหมด (Resultant force)
A	คือ พื้นที่ซึ่งอากาศกดลง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

กฤตมุข หล่าบรรเทา (2555) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเป็นอาสาสมัครนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 51 คน ทำการฝึก 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกาย ก่อนการแบ่งเข้ากลุ่มการทดลอง ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายออกเป็น 3 กลุ่ม ทั้ง 3 กลุ่ม ฝึกที่ความหนัก 85 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม กลุ่มที่1 ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ 60 เปอร์เซ็นต์ แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่2 ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ 70 เปอร์เซ็นต์ แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่3 ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ 80 เปอร์เซ็นต์ แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองในสัปดาห์ที่4 หลังการทดลองในสัปดาห์ที่8 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการเปรียบเทียบความแตกแต่งระหว่างกลุ่มโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ตามวิธีการของ LSD มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองในสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวระหว่าง กลุ่มที่1 กลุ่มที่2และกลุ่มที่3 ไม่แตกแต่งกัน แต่พบความแตกต่างภายในกลุ่มที่1 กลุ่มที่2และกลุ่มที่3 หลังการทดลองในสัปดาห์ที่4และสัปดาห์ที่8

สรุปผลงานวิจัย การฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบที่สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนต่อน้ำหนักตัวตลอดจนพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายได้ไม่แตกต่างกัน

นภัส สังข์ทอง (2557) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันขณะฝึกด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนักที่แตกต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุด แรงสูงสุดและความเร็วสูงสุด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเป็น นิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย ช่วงอายุ 18-25 ปี จำนวน 13 คนและกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักตัวมากกว่า 1.5 เท่า โดยผู้วิจัยใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ในการทดลองใช้วิธีถ่วงดุลลำดับโดยจะต้องทำการฝึกด้วย

น้ำหนักท่าฮาล์ฟสควอท ด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศ ทั้ง 6 การทดลอง ได้แก่ ความหนักที่ 15 เปอร์เซ็นต์ 30 เปอร์เซ็นต์ 45 60เปอร์เซ็นต์ 75เปอร์เซ็นต์ และ 90เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 3 ครั้ง 1 เซต ใช้ระยะเวลาในหารทดสอบทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด แรงสูงสุดและความเร็วสูงสุดขณะฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนักต่างกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One way analysis of variance with repeated measure) หากผลว่ามีความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

ผลการวิจัย 1.ค่าพลังสูงสุดในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าฮาล์ฟสควอท ที่ความหนัก 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพลังมากกว่าความหนักที่ 60 เปอร์เซ็นต์ 75 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.ค่าแรงสูงสุดในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าฮาล์ฟสควอท ที่ความหนัก 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแรงมากกว่า ความหนักที่ 15 เปอร์เซ็นต์ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 45 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.ค่าความเร็วสูงสุดในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าฮาล์ฟสควอท ที่ความหนัก 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเร็วมากกว่า ความหนักที่ 30 เปอร์เซ็นต์ 45 เปอร์เซ็นต์ 60 เปอร์เซ็นต์ 75 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย ในการฝึกด้วยน้ำหนักท่าฮาล์ฟสควอทโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ ความหนักที่ 15 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมที่จะฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ความหนักที่ 90 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมที่จะฝึกเพื่อพัฒนาแรงกล้ามเนื้อ และความหนักที่ 15 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมที่จะฝึกเพื่อพัฒนาความเร็ว

สุทธิกร อาภานุกูล (2556) ได้ทำการศึกษาการพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส โดยมี 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 ได้ทำการศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศที่มีต่อพลังสูงสุด ซึ่งทดสอบโดยให้นักกีฬาเทนนิสชาย 15 คน ทำการยกท่าซูโม่ สคอวท 3 เซ็ตๆ ละ 6 ครั้ง ที่ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ 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 โดยผลการ

ทดลองพบว่า 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 และความคล่องแคล่ววองไว ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยเปรียบเทียบผลการทดลองทุกรายการก่อน และหลังการฝึก ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ พบว่า หลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่าพลังอดทน พลังสูงสุด ความคล่องแคล่ววองไว มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มที่ 3 ไม่พบความแตกต่างระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของทุกตัวแปร นอกจากนี้จาการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างกลุ่มพบว่า หลังการทดลอง กลุ่มที่ 2 มีค่าพลังอดทน พลังสูงสุด และความคล่องแคล่ววองไว มากกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเป็นรูปแบบการฝึกที่ช่วยเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิสได้ดี เนื่องจากรูปแบบการฝึกนี้สามารถพัฒนาทั้งพลังอดทน พลังสูงสุด และความคล่องแคล่ววองไว ยิ่งไปกว่านั้นรูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักผสมผสาน กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศนี้ยังช่วยทำให้สามารถเพิ่มพลังอดทนได้ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักอย่างเดียว

เอกวิทย์ แสวงผล, ถาวร กมุทศรี, and อารมย์ ตรีราช (2558)ได้ทำการศึกษาผลการฝึกด้วยน้ำหนักที่ระดับความหนักต่างกันที่มีต่อความเข้มข้นของแลกเตทในเลือดของนักวิ่ง 400 เมตร ชายทีมชาติไทย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่ง 400 เมตร ชายทีมชาติไทยจำนวน 8 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 8 คนต้องทำการฝึกด้วยน้ำหนัก 3 รูปแบบ คือ รูปแบบความแข็งแรงสูงสุด และความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อ โดยผ่านขั้นตอนการทำแบบ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดย

การหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ แล้วทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยใช้วิธีการทดสอบของตูกี (Tukey's)

ผลการวิจัย หลังการฝึกด้วยน้ำหนักแล้วพักฟื้นสภาพร่างกาย

นาทีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณแลกเตทในเลือดกลุ่มที่ทำการฝึกด้วยน้ำหนักแบบพลังกล้ามเนื้อมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ทำการฝึกด้วยน้ำหนักแบบความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นาทีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณแลกเตทในเลือดกลุ่มที่ทำการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อสร้างความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อมีค่ามากกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อสร้างความแข็งแรงสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างกับการฝึกด้วยน้ำหนักแบบสร้างพลังกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นาทีที่ 6 มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณแลกเตทในเลือดกลุ่มที่ทำการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อมีค่ามากกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อสร้างความแข็งแรงสูงสุดและการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อสร้างพลังกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปการวิจัย

หลังการฝึกด้วยน้ำหนัก ทั้ง 3 รูปแบบ แล้วพักฟื้นสภาพร่างกายนาทีที่ 1 พบว่า ระดับความเข้มข้น ของปริมาณกรดแลกเตทในเลือด ของกลุ่มฝึกด้วยน้ำหนัก แบบสร้างพลังกล้ามเนื้อ มีค่าสูงกว่า กลุ่มฝึกด้วยน้ำหนักแบบความแข็งแรงอดทนกล้ามเนื้อ และ กลุ่มฝึกแบบความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อตามลำดับทั้งนี้ เนื่องจากการฝึกด้วยน้ำหนักแบบสร้างความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเป็นการออกกำลัง แบบไม่ใช้ออกซิเจนและไม่ก่อให้เกิดกรดแลกติก ระบบพลังงานที่ใช้ก็มาจาก เอทีพี และ ซีพี จึงทำให้มีค่าความเข้มข้นของแลกเตทน้อยกว่า จึงน่าจะเป็นผลดีต่อการนำไปสู่การจัดโปรแกรม การฝึกซ้อมที่มีคุณภาพต่อไปการพักฟื้นสภาพร่างกายในระยะเวลา 3 นาที ร่างกายยังไม่สามารถขจัดแลกเตทให้หมดไปได้หรือกลับ สู่สภาวะปกติได้ การฝึกด้วยน้ำหนักแบบความแข็งแรงอดทน ของกล้ามเนื้อเป็นรูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีสภาวะการเกิด กรดแลกติกสูงกว่าระดับของการเข้าสู่ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกทำให้ประเมินได้ว่าการฝึกด้วยน้ำหนักแบบสร้างความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อนั้นจะเริ่มเข้าสู่สภาวะของการใช้ระบบพลังแบบแอนแอโรบิกแลกติกอย่างเต็มรูปแบบ

งานวิจัยต่างประเทศ

David Michael Frost, , and Newton (2008)ได้ทำการศึกษาแรงต้านโดยใช้แรงดันอากาศโดยเปรียบเทียบกับการฝึกแบบใช้น้ำหนัก กลุ่มตัวอย่างเป็นชาย 30 คน โดยแต่ละคนผ่านการทดสอบโดยใช้แรงต้านจากน้ำหนักแบบอิสระ แบบบอลิสติก และแรงดันอากาศ โดยทำทั้งหมด 6 เซ็ท ที่ความหนัก 15 เปอร์เซ็นต์ 30 เปอร์เซ็นต์ 45 เปอร์เซ็นต์ 60 เปอร์เซ็นต์ 75 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 1อาร์เอ็ม ในท่านอนดัน (Bench press) ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้ ANOVAs with Holm-Sidak post hoc

ผลปรากฏว่า

1. แรงต้านจากแรงดันอากาศสามารถสร้างความเร็วได้มากกว่าแรงต้านจากน้ำหนัก และแบบบอลิสติก

2. แรงต้านด้วยน้ำหนักสามารถสร้างแรงได้มากกว่าแรงดันอากาศ และแบบบอลิสติก

3. แรงต้านแบบบอลิสติกสามารถสร้างพลังของกล้ามเนื้อได้มากกว่าแรงต้านจากน้ำหนักและแรงดันอากาศ

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

สรุปผลการทดลองว่าการฝึกด้วยแรงดันอากาศจะช่วยลดการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ แรงอย่างรวดเร็วที่เกิดขึ้น ในขณะที่เปรียบเทียบกับการฝึกด้วยน้ำหนักที่จะลดแรงอย่างรวดเร็วที่เกิดขึ้นเพียงอย่างเดียว และความเร็ว กับพลังของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นในการฝึกด้วยแรงดันอากาศในขณะที่ใช้ความหนักไม่มาก

Hansen, , Pickering, and Newton (2011)ได้ทำการศึกษาน้ำหนักของรูปแบบการฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ทเพื่อเพิ่มพลังของช่วงล่างของร่างกายในการเตรียมพร้อมก่อนฤดูกาลแข่งในนักกีฬารักบี้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักรักบี้ที่ผ่านการฝึกมาเป็นอย่างดี 18 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ การฝึกแบบดั้งเดิม 9 คน และการฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ทจำนวน 9 คน โดยใช้ระยะเวลาในการทดลอง 8

สัปดาห์ และทำการเปรียบเทียบระหว่างการฝึกแบบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางชนิดวัดซ้ำ ผลปรากฏว่าทั้งสองกลุ่มของการฝึกมีความแข็งแรงสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง

ผลการวิจัย 1.ค่ามาตรฐานก่อนฝึกและหลังฝึกในท่าแบ็คสควอท (Back squat) ของทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.ค่าความสามารถในการยกน้ำหนักได้สูงสุดใน 1 ครั้ง (1RM) ของทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.เมื่อเปรียบเทียบ 1 อาร์เอ็ม ในทั้ง 2 กลุ่มการทดลองพบว่าในการฝึกแบบดั้งเดิมมีการเพิ่มขึ้นมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.ค่าความแข็งแรงในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าสควอท ที่ความหนัก 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพลังมากกว่าความหนักที่ 60 เปอร์เซ็นต์ 75 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Hardee et al. (2012) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของเวลาพักในขณะยกที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อในท่าพาวเวอร์คลีน การทดลองครั้งนี้ใช้นักศึกษาผู้ชายจำนวน 10 คน ที่มีความสามารถในการยกน้ำหนัก โดยทำการยก 3 เซต เซตละ 6 ครั้ง ในการยกน้ำหนักในท่าพาวเวอร์คลีนที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม กับการพักในขณะยกที่ 0 วินาที 20 วินาที และ 40 วินาที โดยทำการซุ่มคนในแต่ละวันและในแต่ละครั้งมีช่วงห่างอย่างน้อย 72 ชั่วโมง ผู้รับการฝึกทำท่าพาวเวอร์คลีนบนแผ่นวัดแรง (Force plate) ผลปรากฏว่า

1.พลังสูงสุดในขณะยกที่มีการพักระหว่างการยกที่ 0 วินาที ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ 15.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการยกในขณะที่มีการพักระหว่างการยกที่ 20 วินาที ที่ลดลง 5.5 เปอร์เซ็นต์

2.ในขณะยกที่มีการพักระหว่างการยกที่ 40 วินาที ความแรงสูงสุดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ 7.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับขณะยกที่มีการพักระหว่างการยกที่ 0 วินาที 2.7 เปอร์เซ็นต์ และขณะยกที่มีการพักระหว่างการยกที่ 20 วินาที เพิ่มขึ้น 0.4 เปอร์เซ็นต์

3.ในขณะยกที่มีการพักระหว่างการยกที่ 40 วินาที ความเร็วสูงสุดลงอย่างมีนัยสำคัญ 10.2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับขณะยกที่มีการพักระหว่ายกที่ 0 วินาที ลดลง 3.8 เปอร์เซ็นต์ และขณะยกที่มีการพักระหว่างการยกที่ 20 วินาที ลดลง 1.7 เปอร์เซ็นต์

Joy, , McCleary, Lowery, and Wilson (2013) ได้ทำการศึกษาพลังกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องวัดเคลื่อนไฟฟ้ากล้ามเนื้อในการฝึกท่าสควอทโดยใช้คลัสเตอร์เซ็ท เมื่อเร็วๆนี้ได้มีการแสดงให้เห็นว่าการฝึกเพื่อเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Hypertrophic)กับคลัสเตอร์เซ็ท(Cluster set) โดย

กลุ่มคลัสเตอร์เซ็ทสามารถสร้างความแข็งแรงและพลังในระยะการฝึก 12 สัปดาห์ ผลการทดลองแนะนำความแตกต่างกันของการปรับตัวในกล้ามเนื้อที่เป็นไปได้ โดยเปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกแบบดั้งเดิม(Traditional)และคลัสเตอร์เซ็ท(Cluster set) และกำหนดค่าในการทำท่า Parallal back squat โดยค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อและรวบรวมค่าที่ได้จากเครื่องวัดเคลื่อนไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) ในการทดลองจาก VL (Vastus lateralis) และ BF (Biceps femoris) โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้ผู้ทดลองเป็นชาย 10 คน ในการฝึกท่า Parallal squat โดยใช้การฝึกแบบดั้งเดิม (Traditional) และคลัสเตอร์เซ็ท(Cluster set) ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ของ 1อาร์เอ็ม ในการสุ่มแบบหลากหลาย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวัดแบบสามทางชนิดวัดซ้ำ (Three – way repeated measures ANOVA) ผลปรากฏว่า

1.ผลของการฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท (Cluster set) ให้ค่าเฉลี่ยของพลังกล้ามเนื้อในขณะยกครั้งหลังๆ(ครั้งที่4,6-10)เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.ผลของการฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท (Cluster set) จากการวัดเคลื่อนไฟฟ้ากล้าม VL (VL EMG) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละเซตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .049

3.การฝึกแบบดั้งเดิม (Traditional) ทำให้เกิดเคลื่อนกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อ VL(VL EMG) เพิ่มมากขึ้นในระยะหลังๆ(ครั้งที่ 6-8) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.จากการวัดเคลื่อนไฟฟ้ากล้ามเนื้อ BF (BF EMG) ไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก

สรุป การฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ท (Cluster set) สามารถเพิ่มพลังกล้ามเนื้อมากขึ้น แต่การฝึกแบบดั้งเดิม (Traditional) ใช้เมื่อกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นให้พร้อมสำหรับการฝึก เช่นการฝึกเพื่อเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Hypertrophy)

Lawton et al. (2006)ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของพลังในแต่ละครั้งของการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีการพักระหว่างครั้ง จากกลุ่มตัวอย่าง 26 คนซึ่งเป็นนักกีฬาบาสเกตบอลและฟุตบอล โดยทำการทดสอบด้วยท่านอนดัน(Bench press) ด้วยความหนัก 6 อาร์เอ็ม โดยผู้เข้าร่วมวิจัยได้ทำการทดสอบทั้ง 3 รูปแบบที่มีเวลาพักระหว่างครั้งแตกต่างกันคือ รูปแบบที่1 ทำการฝึก 6ครั้ง พักระหว่างครั้ง 20 วินาที(6x1) รูปแบบที่2 ทำการฝึก 6 ครั้ง โดยแบ่งเป็น ฝึก2 ครั้ง แล้วพัก 50 วินาที แล้วฝึกต่ออีก 2 ครั้ง แล้วพัก 50วินาที แล้วฝึกต่ออีก2 ครั้ง(3 x2) และรูปแบบที่ 3 ฝึก 6 ครั้ง โดยแบ่งเป็น ฝึก 3 ครั้ง แล้วพัก 100วินาที แล้วฝึกต่อ อีก3 ครั้ง(2 x3)

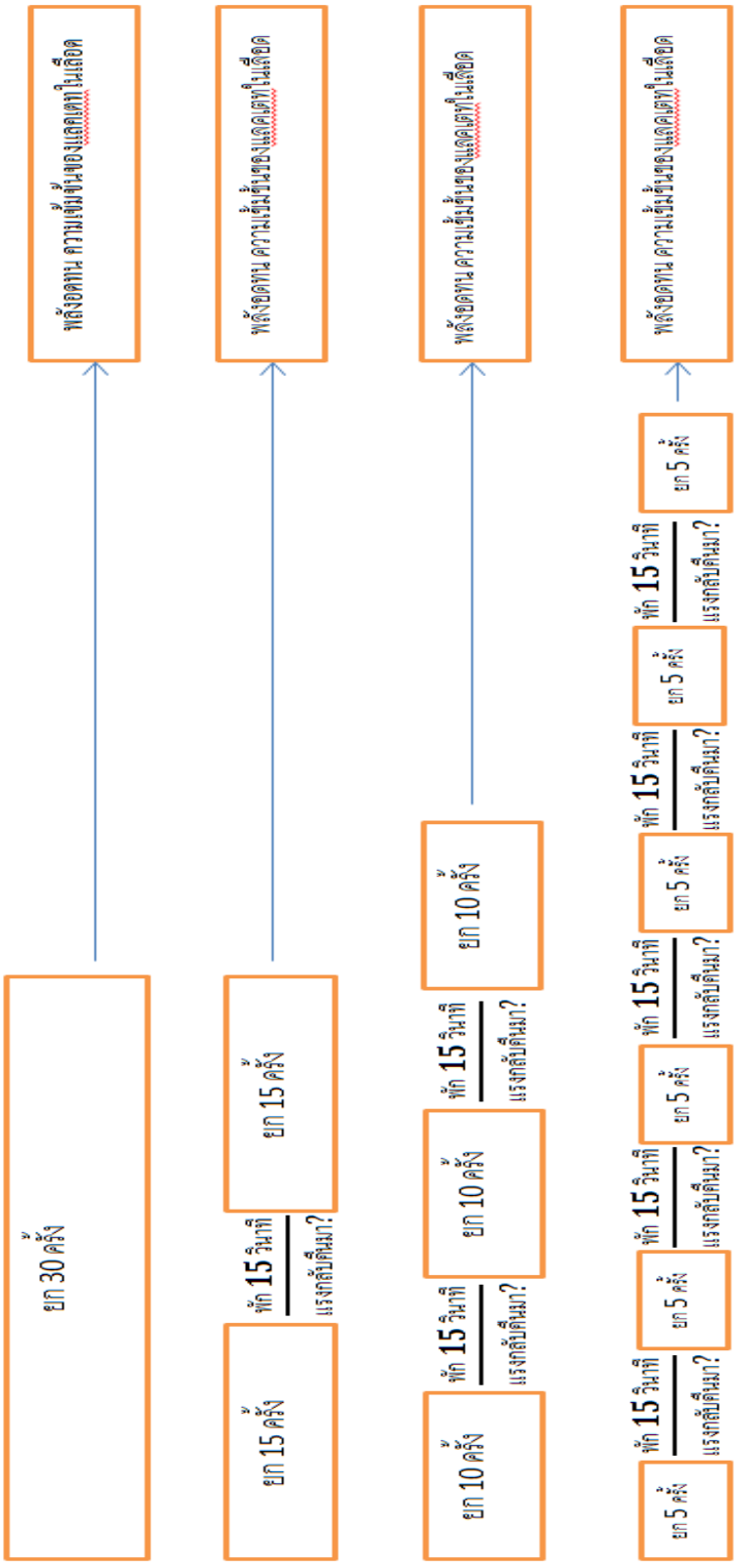
ผลการศึกษาพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของพลังในแต่ละครั้งทั้งสามรูปแบบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และพบมีพลังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ของทั้งสามรูปแบบเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกแบบดั้งเดิม(ต่อเนื่อง) สรุปผลการวิจัยพบว่า การใช้เวลาพักระหว่างครั้งในการฝึกช่วยให้จำนวนครั้งและมีพลังมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกแบบดั้งเดิม

Hamid, Bagheri, and Kashkuli (2013) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยน้ำหนักจากกลุ่มตัวอย่าง 20 คนอายุระดับมหาวิทยาลัยที่มีสุขภาพดีและมีประสบการณ์ในการฝึกด้วยน้ำหนักอย่างน้อย 6 เดือน โดยทำการทดลองด้วยท่า Bench press และ Leg press ที่ความหนัก 75 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม และมีเวลาการพักระหว่างครั้งที่แตกต่างกัน 3 แบบคือ แบบที่ 1 ไม่มีเวลาพักระหว่างครั้ง แบบที่ 2 มีเวลาพักระหว่างครั้ง 2 วินาที และแบบที่ 3 มีเวลาพักระหว่างครั้ง 4 นาที พบว่า การฝึกด้วยน้ำหนักที่ความหนัก 75 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม แบบที่1 ไม่มีเวลาพักระหว่างครั้ง มีการรักษาจำนวนครั้งในการฝึกด้วยน้ำหนักด้วยท่า Bench press และ Leg press ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ 2 ที่มีเวลาพักระหว่างครั้ง 2 วินาที และแบบที่ 3 มีเวลาพักระหว่างครั้ง 4 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Haff et al. (2015) ได้ทำการศึกษาผลของความแตกต่างของเวลาพักระหว่างครั้งที่มีผลต่อการลดลงของความเร็วของบาร์เบลในขณะฝึกแบบบอลลิสติกในท่านอนดันโดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายที่มีสุขภาพดีระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 34 คน โดยได้ทำการทดสอบหาค่า 1 อาร์เอ็ม หลังจากนั้น1 สัปดาห์ ทำการทดสอบด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ 40 เปอร์เซ็นต์ และ 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ละน้ำหนักทดสอบ 15 ครั้ง จำนวน 1 เซ็ท ทั้ง 3 รูปแบบคือ รูปแบบที่1 ฝึกแบบต่อเนื่องไม่มีเวลาพัก (CR) รูปแบบที่2 ฝึกแบบมีเวลาพักระหว่างครั้ง 6 วินาที่ (IRR6) และรูปแบบที่3 ฝึกแบบมีเวลาพักระหว่างครั้ง 12 วินาที่ (IRR12) ผลการทดสอบพบว่ารูปแบบที่3 ฝึกแบบมีเวลาพักระหว่างครั้ง 12 วินาที่ (IRR12) มีความเร็วสูงสุดลดลงน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2

Eliseo et al. (2016) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการฝึกที่มีเวลาพักระหว่างครั้งและการฝึกแบบดั้งเดิมที่ไม่มีเวลาพักระหว่างครั้งที่มีผลต่อทำงานและผลที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับระบบประสาทของการฝึกท่า Leg extension จากกลุ่มตัวอย่าง 13 คนซึ่งเป็นนักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา อายุเฉลี่ย 22.5ปี มีประสบการณ์ในการฝึกด้วยน้ำหนักอย่างน้อย 6 เดือน โดยโปรแกรมที่ 1 มีการกำหนดการฝึก 4 เซ็ท เซ็ทละ 8 ครั้ง ด้วยความหนัก 10 อาร์เอ็ม และพักระหว่างเซต 3 นาที และโปรแกรมที่ 2 มีการกำหนดโปรแกรมคือ ฝึกทั้งหมด 32 ครั้งเซ็ทเดียวที่ความหนัก 10 อาร์เอ็ม เท่ากัน และมีการพักระหว่างจำนวนครั้ง 17.4 วินาที ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วเฉลี่ยของการฝึกแบบดั้งเดิมน้อยกว่าการฝึกแบบมีเวลาพักระหว่างครั้ง

กรอบแนวความคิดในการวิจัย



บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองซึ่งวิจัยได้เสนอขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
2. ขั้นตอนและการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช่วงอายุ 18-25 ปี ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีอาการบาดเจ็บรุนแรงก่อนเข้าร่วมการวิจัย และสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 15 คน และกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีอัตราส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่า 1.5 เท่า ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโคเฮน (Cohen, 1988) ค่าแอลฟาที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ขนาดผลกระทบ (Effect size) ที่ 0.40 และค่าอำนาจของการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.80 และเนื่องจากงานวิจัยมีระยะเวลาในการทดลอง 2 สัปดาห์ ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนตัวอย่างเพื่อป้องกันการสูญเสียของกลุ่มตัวอย่าง (Drop out) ทั้งหมด 20 คน

ข้อตกลง

ในระหว่าง 2 สัปดาห์ของการฝึกนั้น ผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่สามารถฝึกท่าแพระเรลสคอทด้วยเครื่องออกกำลังกายนี้ได้

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. ต้องเป็นนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ผ่านการคัดเข้ามหาวิทยาลัยโดยโควต้าวิทยาศาสตร์การกีฬาอัจฉริยะหรือพัฒนากีฬาชาติ ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ไม่มีอาการบาดเจ็บทางร่างกาย (เช่น อาการบาดเจ็บหลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า เป็นต้น) เนื่องจากกลุ่มนิสิตกลุ่มนี้มีพื้นฐานความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกับเกณฑ์การคัดเข้ามากกว่านิสิตที่เข้าโดยระบบแอดมิดชั่น

2. ไม่มีโรคประจำตัว (เช่น โรคหัวใจ,โรคความดันโลหิต,หอบหืด เป็นต้น) และผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนจะต้องกรอกข้อมูลในส่วนที่ 2 ในแบบสอบถามสุขภาพ ทุกข้อ และต้องผ่านทุกข้อถึงจะมีสิทธิ์เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ได้

3. นิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว

4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

5.นิสิตจะต้องไม่เข้าร่วมโครงการอื่นอยู่แล้วหรือไปฝึกกับโครงการอื่นในระยะเวลาเดียวกัน

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ไม่ได้เข้าร่วมการทดสอบ 2 ครั้ง ของช่วงระยะเวลาการทดสอบ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ (2 สัปดาห์)

3. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

นอกจากนี้ในการคัดเลือกผู้วิจัยจะนำผู้เข้าร่วมการทดลองมาทำการสอบและหาค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว เพื่อคัดเลือกผู้เข้าร่วมการทดลองที่อยู่ในเกณฑ์ของงานวิจัย โดยทำการทดสอบด้วยเครื่อง Keiser’s Air 300 Squat ในท่าแพระเรลสควอทโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองประมาณน้ำหนักที่สามารถยกได้ 3-4 ครั้ง
2. ต่อจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการทดลองฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทต้านกับน้ำหนักที่ได้ประมาณไว้จนกว่าจะไม่สามารถทำได้หลังจากนั้นเสร็จสิ้นการทดสอบ
3. ผู้เข้าร่วมการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์สามารถเข้าร่วมการทดลองนี้ได้ หากกรณีที่มีจำนวนผู้เข้าร่วมการทดลองเกินที่กำหนดคือ 20 คน จะทำการสุ่มโดยวิธีจับฉลาก
4. ผู้เข้าร่วมการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองนี้ได้ ผู้วิจัยจะทำการอธิบายแนะนำสาเหตุและมอบปากกาเป็นของที่ระลึกกับผู้ที่ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองนี้ได้ทุกคน

ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้า หลักการ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาสร้างโปรแกรมการฝึกพลัง

2. นำโปรแกรมการฝึกเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความเรียบร้อยของโปรแกรมการฝึก

3. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อกำหนดวัน เวลาในการเก็บข้อมูล ขออนุญาตใช้สถานที่และอุปกรณ์

4. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการ เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ที่ใช้ในการวิจัย

5. จัดเตรียมสถานที่ในการฝึกอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกและใบบันทึกผลเพื่อนามาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

6. ชี้แจงขั้นตอนการฝึกและการทดสอบอย่างละเอียดกับกลุ่มตัวอย่าง

7. โดยการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing) ใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ซึ่งรูปแบบของการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริก โดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง มี 4 เงื่อนไข ได้แก่

เงื่อนไขที่ 1 เงื่อนไขที่ 1 ฝึก 30 ครั้ง โดยไม่มีการพัก โดยทำให้เร็วที่สุด

เงื่อนไขที่ 2 ฝึก 15 ครั้ง สลับการพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด

เงื่อนไขที่ 3 ฝึก 10 ครั้ง สลับการพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด

เงื่อนไขที่ 4 ฝึก 5 ครั้ง สลับการพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด

8. ให้ผู้ทดสอบนั่งพัก 10 นาที จากนั้นทำการเจาะเลือดผู้ทดสอบก่อนการทดลอง แล้วนำเข้าเครื่อง Analox blood lactate analyser เพื่อหาความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลอง

9. ทดลองโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser’s Air 300 Squat แล้วทำการบันทึกพลังที่ได้จากเครื่อง

10. หลังจากเสร็จสิ้นการทดสอบให้ผู้ทดสอบพัก 5 นาที แล้วทำการเจาะเลือด แล้วนำเข้าเครื่อง Analox blood lactate analyser เพื่อหาความเข้มข้นของแลตเตทในเลือดหลังการทดลอง

11. นำผลการทดสอบที่ได้คือ พลัง และความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนและหลังการทดลอง มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

12. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

*การเจาะเลือดในการวิจัยครั้งนี้จะทำโดยนักเทคนิคการแพทย์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยควบคุมการทดสอบและการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง

2. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลการวิจัยโดยใช้สถานที่ อุปกรณ์การฝึกและอุปกรณ์ในการทดสอบของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ (แต่ละการทดลองห่างกันไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง)

3. หากผู้เข้าร่วมการทดลองเกิดอาการบาดเจ็บในระหว่างการทดลอง ให้แจ้งผู้วิจัยและทำการหยุดการทดลองโดยทันที เพื่อทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นโดยทันทีและจะทำการส่งต่อสถานพยาบาลต่อไป โดยที่ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดูแลรักษา

ตารางที่ 1 Counter balancing ของการทดสอบทั้ง 4 เงื่อนไข

ครั้งที่/เงื่อนไข	เงื่อนไขที่ 1	เงื่อนไขที่ 2	เงื่อนไขที่ 3	เงื่อนไขที่ 4
ครั้งที่ 1	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4
ครั้งที่ 2	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 1
ครั้งที่ 3	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
ครั้งที่ 4	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3

ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1. เครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser’s Air 300 Squat ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. เครื่องวัดความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด Analox blood lactate analyser ประเทศอังกฤษ

3. นาฬิกาจับเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของพลังเฉลี่ย ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลอง ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลอง 5 นาที ของการฝึกด้วยน้ำหนักด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4

2. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ย ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลอง ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลอง 5 นาที ของการฝึกด้วยน้ำหนักด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One – way analysis of variance with repeated measures) หากผลว่ามีความแตกต่างจำทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังที่ได้จากการฝึกด้วยน้ำหนักครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 30 ระหว่างเงื่อนไขที่มีค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยการทดสอบค่าที (t-test) แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน

4. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไป ค่าพลังเฉลี่ย ค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 5 นาที ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอท ที่มีเงื่อนไขที่แตกต่างกัน นำมาวิเคราะห์ทางสถิติแล้วจึงนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียงและแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไป ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ย ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 5 นาที ของผู้เข้าร่วมการทดลอง

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ(One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ย ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอท ที่ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ของผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยแบ่งวิธีทดลองออกเป็น 4 เงื่อนไขและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลัง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทที่ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม ครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 30 ด้วยเงื่อนไขที่ 4 และเงื่อนไขที่ 1

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ(One-way analysis of variance with repeated measures) ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 5 นาที ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอท ที่ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ของผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยแบ่งวิธีทดลองออกเป็น 4 เงื่อนไข

ตอนที่ 4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ย ความเข้มข้นของกรดแลคเตทในเลือดก่อนและหลังการทดลอง 5 นาที ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอท ที่ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม ของผู้เข้าร่วมการทดลองโดยแบ่งวิธีทดลองออกเป็น 4 เงื่อนไข

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไป ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยพลังเปลี่ย ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 5 นาที ของผู้เข้าร่วมการทดลอง

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไป ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ของผู้เข้าร่วมการทดลอง

	$\bar{x}$ (n=15)	SD
อายุ (ปี)	20.79	1.18
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	72.15	10.70
ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว	3.33	0.42

จากตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยอายุของผู้เข้าร่วมการทดลองเท่ากับ 20.79 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.18 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเท่ากับ 72.15 กิโลกรัม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.70 ค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวเท่ากับ 3.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังเฉลี่ย และความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 5 นาที โดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4

เงื่อนไข	พลังเฉลี่ย (วัตต์)		ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนทดลอง (มิลลิโมล/ลิตร)		ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลอง 5 นาที (มิลลิโมล/ลิตร)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
1	802.47	147.86	1.93	0.69	7.11	2.19
2	866.58	146.39	1.87	0.60	6.23	1.78
3	882.20	150.04	1.61	0.57	5.73	1.28
4	956.08	137.19	1.73	0.34	4.77	0.87

จากตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังเฉลี่ยในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 มีค่าเท่ากับ 802.47 วัตต์ 866.58 วัตต์ 882.20 วัตต์ 956.08 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองโดยการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 มีค่าเท่ากับ 1.93 มิลลิโมลต่อลิตร 1.87 มิลลิโมลต่อลิตร 1.61 มิลลิโมลต่อลิตร 1.73 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังทำการทดลอง 5 นาที โดยการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 มีค่าเท่ากับ 7.11 มิลลิโมลต่อลิตร 6.23 มิลลิโมลต่อลิตร 5.73 มิลลิโมลต่อลิตร 4.77 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ(One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ย ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ของผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยแบ่งวิธีทดลองออกเป็น 4 เงื่อนไขและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลัง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม ครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 30 ด้วยเงื่อนไขที่ 4 และเงื่อนไขที่ 1

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ(One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ย ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4

แหล่งความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	179151.03	3	59717.01	22.823	.047 *

*p<.05

จากตารางที่ 4 แสดงว่าค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ยในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ยเป็นรายคู่ ด้วยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4

เงื่อนไข	$\bar{x}$ (วัตต์)	1	2	3	4
		802.47	866.58	882.2	956.08
1	802.47	-	-64.11	-79.73	-153.61*
2	866.58		-	-15.62	-89.50
3	882.2			-	-73.88
4	956.08				-

*p<.05

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 4 ทำให้ค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ยมากกว่า เงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลัง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าที ของการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 4 และ เงื่อนไขที่ 1

ครั้งที่	เงื่อนไขที่ 4 (n=15)		เงื่อนไข 1 (n=15)		t	p - value
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
1	886.67	196.08	820.60	175.97	1.812	.092
2	942.60	192.29	804.67	147.22	4.307	.001*
3	974.93	206.68	832.20	142.23	5.380	.000*
4	959.87	206.54	848.60	190.62	3.721	.002*
5	956.87	191.13	858.20	155.09	3.135	.007*
6	941.47	212.57	859.00	171.68	2.413	.030*
7	922.93	180.72	852.60	186.61	2.820	.014*
8	931.60	192.54	852.60	186.61	3.336	.005*
9	935.47	179.39	840.20	185.20	4.249	.001*
10	962.47	191.08	813.20	182.38	5.329	.000*
11	933.67	189.33	778.80	182.97	4.421	.001*
12	925.00	164.82	800.07	175.01	5.081	.000*
13	945.13	197.70	820.80	161.55	4.766	.000*
14	973.87	185.66	822.13	160.89	5.096	.000*
15	988.40	179.67	799.73	160.97	7.406	.000*
16	993.93	193.00	771.93	174.65	9.944	.000*
17	972.27	195.52	771.47	198.75	9.845	.000*
18	943.87	180.96	790.20	179.51	6.973	.000*
19	954.53	172.31	795.93	177.52	7.465	.000*
20	929.73	179.36	784.53	184.17	5.387	.000*
21	976.87	193.83	771.20	182.45	12.802	.000*
22	963.33	193.13	758.80	167.11	7.181	.000*
23	947.93	947.93	768.00	180.22	4.763	.000*
24	957.73	208.00	768.93	170.48	5.068	.000*
25	957.53	186.44	768.93	170.48	4.982	.000*
26	996.27	208.00	779.87	196.76	6.805	.000*
27	979.40	203.57	789.27	193.39	5.158	.000*
28	992.27	204.31	750.13	182.47	7.963	.000*
29	972.20	184.76	778.13	168.72	6.096	.000*
30	974.20	189.21	826.87	174.69	4.797	.000*

*p<.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริก โดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 4 ทำให้ค่าเฉลี่ยพลังครั้งที่ 2 ถึง 30 มากกว่า เงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าเฉลี่ยของพลัง ครั้งที่ 1 ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ(One-way analysis of variance with repeated measures) ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 5 นาที โดยกานฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ของผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยแบ่งวิธีทดลองออกเป็น 4 เงื่อนไข

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ(One-way analysis of variance with repeated measures) ของความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลอง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4

แหล่งความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	.90	3	.30	.947	.424

P>.05

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ(One-way analysis of variance with repeated measures) ของความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลอง 5 นาที หลังจากฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4

แหล่งความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	15.85	3	5.28	3.74	.016 *

*p<.05

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลอง 5 นาที หลักจากฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลอง 5 นาที เป็นรายคู่ด้วยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) โดยการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4

เงื่อนไข	$\bar{x}$ (มิลลิโมลต่อลิตร)	1	2	3	4
		7.11	6.23	5.73	4.77
1	7.11	-	0.88	1.38	2.34*
2	6.23		-	0.50	1.46
3	5.73			-	0.96
4	4.77				-

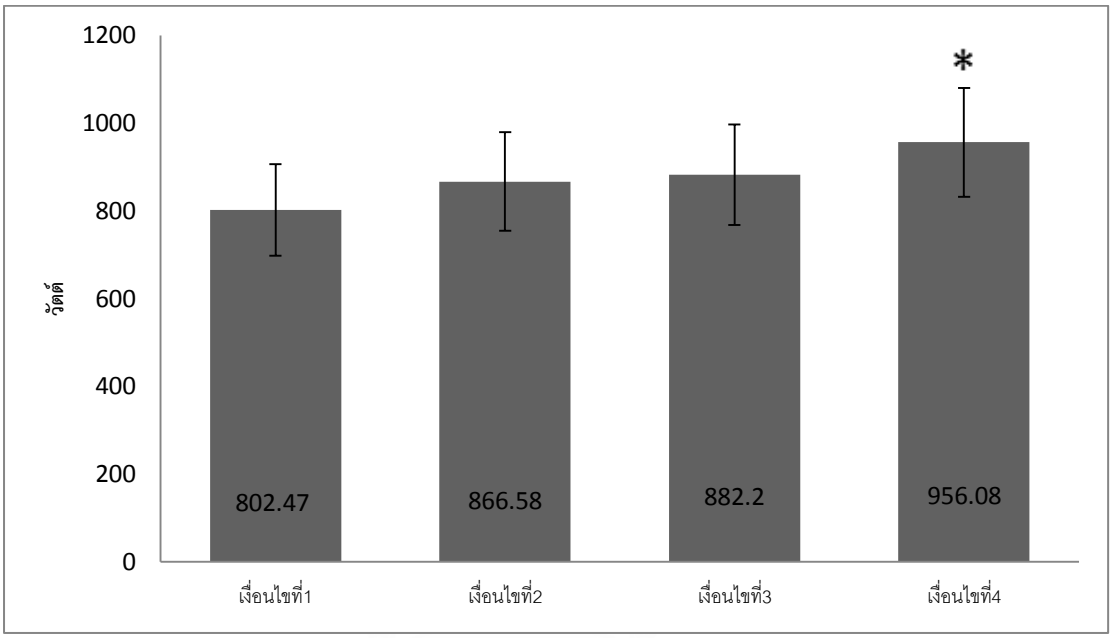
*p<.05

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า หลังจากการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 4 ค่าเฉลี่ยของแลคเตทในเลือด น้อยกว่าเงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ย ความเข้มข้นของกรดแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 5 นาที ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของผู้เข้าร่วมการทดลองโดยแบ่งวิธีทดลองออกเป็น 4 เงื่อนไข

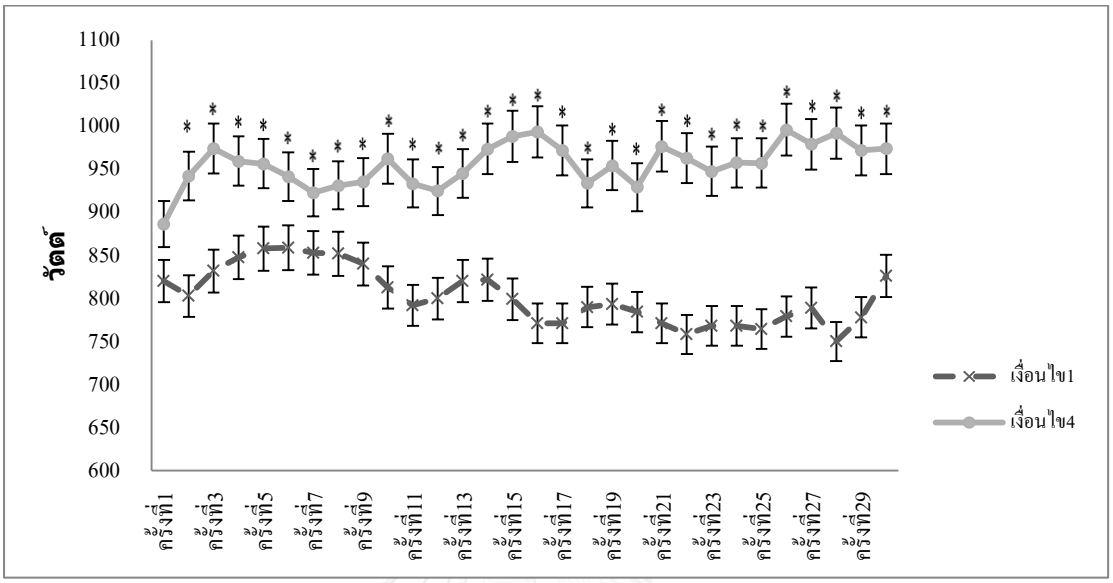
รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ย ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4



*มากกว่าเงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 4 ทำให้ค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ยมากกว่าเงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 30 ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง โดยการเปรียบเทียบเงื่อนไขที่ 4 และเงื่อนที่ 1

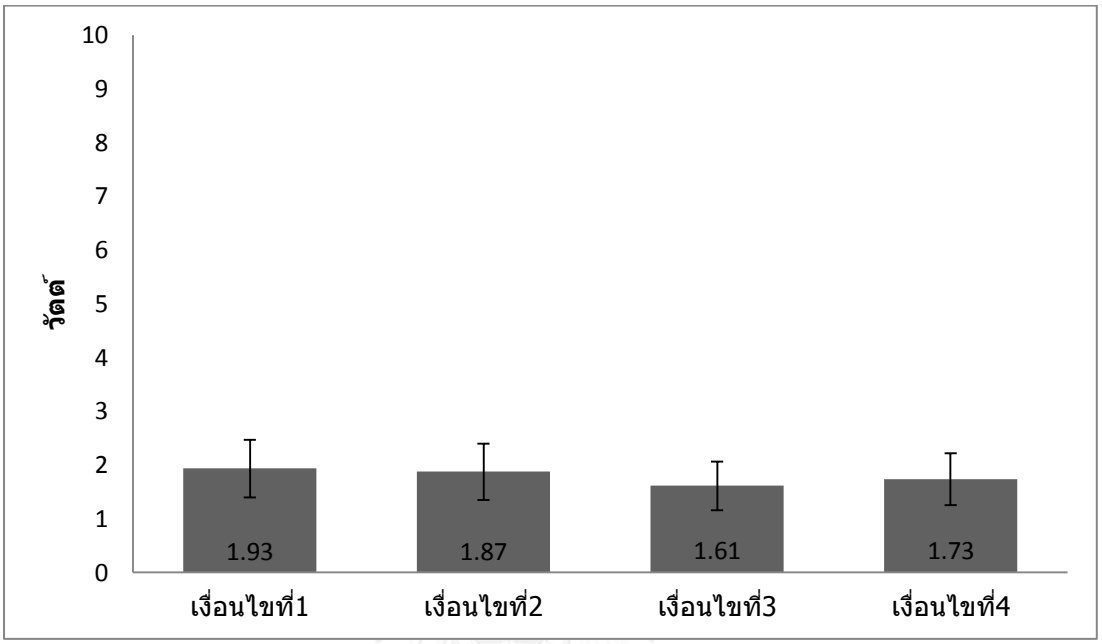


*มากกว่าเงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 4 ทำให้ค่าเฉลี่ยของพลังครั้งที่ 2 ถึงครั้งที่ 30 มากกว่าเงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

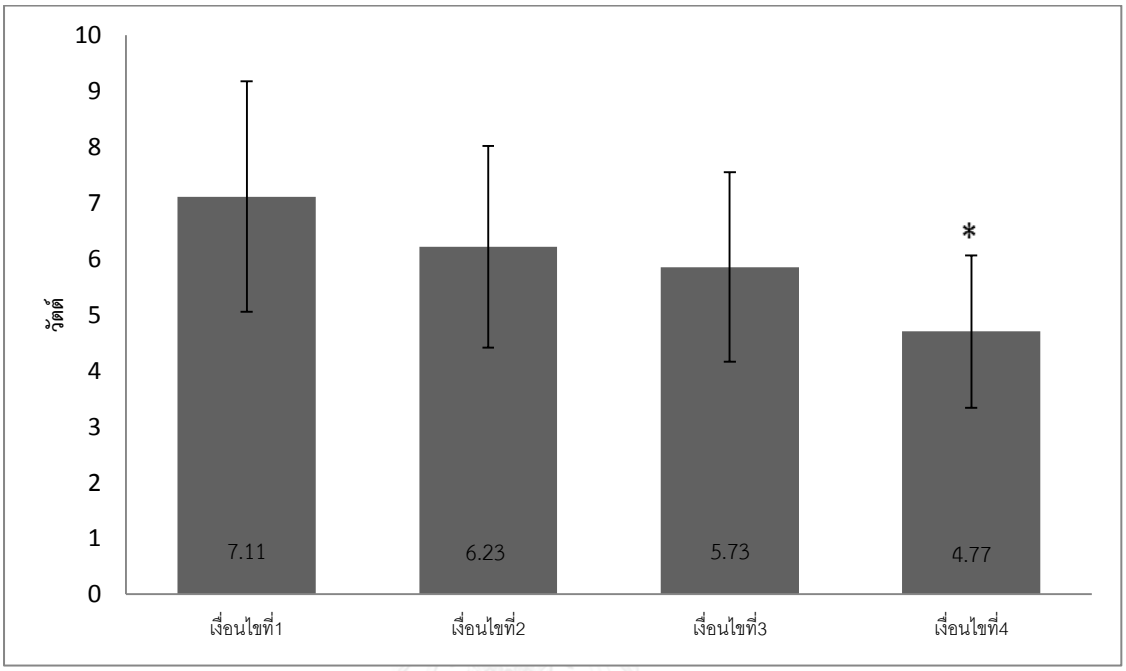
รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลอง โดยการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4



จากกราฟแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองด้วยเงื่อนไงที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังทำการทดลอง 5 นาที โดยการฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4



*น้อยกว่าเงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า การฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 4 ทำให้ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดน้อยกว่าเงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซ็ทที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช่วงอายุ 18-25 ปี ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีอาการบาดเจ็บรุนแรงก่อนเข้าร่วมการวิจัยและสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 18 คน และกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีอัตราส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่า 1.5 เท่า แต่หลังจากการวิจัยมีผู้เข้าร่วมการทดลองเหลือทั้งหมด 15 คน เนื่องจากผู้เข้าร่วมการทดลองบางคนเข้าร่วมวิจัยไม่ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ของระยะเวลาทั้งหมด โดยผู้วิจัยใช้วิธีเลือกแบบเฉพาะเจาะจงเพื่อให้ได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างด้วยตัวผู้วิจัยเอง ทั้งหมดต้องทำการทดลองทั้ง 4 เงื่อนไข ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังเฉลี่ย และความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดขณะฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยการพักภายในเซทที่แตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One way analysis of variance with repeated measure) หากพบว่ามีความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ยที่ได้จากการฝึกด้วยน้ำหนักครั้งที่1 ถึง ครั้งที่ 30 ระหว่างเงื่อนไขที่มีค่าเฉลี่ยพลังเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยการทดสอบค่าที (t-test) แบบไม่เป็นอิสระต่อก่อน

ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าพลังเฉลี่ย ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 โดยเงื่อนไขที่ 4 มีพลังเฉลี่ยมากกว่า เงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ค่าพลังในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 โดยเงื่อนไขที่ 4 มีพลังครั้งที่ 2 ถึง ครั้งที่ 30 มากกว่าเงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลอง ในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 ไม่แตกต่างกัน

4. ค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังทำการทดลองโดยการพัก 5 นาที หลังจากฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 1 ถึง เงื่อนไขที่ 4 โดยเงื่อนไขที่ 4 มีความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด น้อยกว่า เงื่อนไขที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

1. จากสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า วิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซ็ทที่แตกต่างกันมีการตอบสนองฉับพลันของพลังแตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่าค่าพลังเฉลี่ยในขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 4 ที่ใช้การฝึก 5 ครั้ง สลับพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง มากกว่าการฝึกด้วยเงื่อนไขที่ 1 ที่ใช้การฝึกต่อเนื่อง 30 ครั้ง และค่าพลังในขณะฝึกด้วยน้ำหนักครั้งที่ 2 ถึง ครั้งที่ 30 ยังมากกว่าที่ใช้การฝึกต่อเนื่องกัน 30 ครั้ง อีกด้วย จึงเป็นไปตามสมมติฐานสอดคล้องกับHaff et al. (2003) ; Haff, , Haff, et al. (2008) กล่าวว่า คลัสเตอร์เซ็ท (cluster set) ด้วยวิธีการแบ่งเป็นกลุ่มการทำซ้ำ (intra – set rest) ช่วยให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับ Haff et al. (2003);Hardee et al. (2012);Lawton et al. (2006) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันของคลัสเตอร์เซ็ท แสดงให้เห็นว่าความเร็ว ความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อ เพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับ T. Lawton et al. (2004) กล่าวว่า เมื่อเปรียบเทียบการฝึกแบบคลัสเตอร์เซ็ทกับการฝึกแบบดั้งเดิม ประโยชน์ของคลัสเตอร์เซทช่วยพัฒนาพลังกล้ามเนื้อมากขึ้น(Oliver et al., 2013) โดยHaff et al. (2003) กล่าวว่า การเพิ่มเวลาพักสั้นๆระหว่างการยกซ้ำใน

แต่ละเซ็ทจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการยกแต่ละครั้งดีขึ้นในขณะทำซ้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Haff, , Haff, et al. (2008) กล่าวว่าการเพิ่มเวลาพัก 15-30 วินาที ระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะเหยียดขาออก จะได้แรงคืนกลับมาประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ของแรงในขณะเริ่มต้น

2. จากการสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า วิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซตที่แตกต่างกันมีการตอบสนองฉับพลันของความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดแตกต่างกัน ผลการวิจัยผลว่า ค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเงื่อนไขที่ 4 ซึ่งใช้การฝึก 5 ครั้ง สลับพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง น้อยกว่าค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดขณะด้วยเงื่อนไขที่ 1 ซึ่งใช้การฝึกต่อเนื่องกัน 30 ครั้ง จึงเป็นไปตามสมมติฐาน ซึ่งสอดคล้องHaff, , and Stone (2008) กล่าวว่า ความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นในขณะฝึกพลังอดทนแบบดั้งเดิมแสดงถึงความเมื่อยล้าของระบบประสาทและกล้ามเนื้อจากการสะสมของแลคเตทในเลือด ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าและส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ

3. จากการสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า วิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซตที่แตกต่างกันมีการตอบสนองฉับพลันของความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดแตกต่างกัน ผลวิจัยผลว่า ค่าพลังเฉลี่ยและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลองขณะฝึกด้วยน้ำหนักท่าแพระเรลสควอทแบบคอนเซนตริกโดยใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง แต่และเงื่อนไขมีค่าไม่เท่ากัน ทำให้สามารถออกแบบวิธีการฝึกพลังอดทนได้หลายรูปแบบ เช่น กีฬาที่มีรูปแบบในการแข่งขันแบบหนักสลับพัก(Intermittent) ก็สามารถฝึกโดยใช้เงื่อนไขที่ 4 ที่ใช้การฝึก 5 ครั้ง สลับพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง หรือกีฬาที่มีรูปแบบในการแข่งขันแบบต่อเนื่อง(Continuous) ก็สามารถฝึกโดยใช้เงื่อนไขที่ 4 ที่ใช้การฝึก 5 ครั้ง สลับพัก 15 วินาที จนครบ 30 ครั้ง ในช่วงการฝึกที่เน้นเพิ่มพลัง และเปลี่ยนวิธีการฝึกโดยใช้เงื่อนไขที่ 1ซึ่งใช้การฝึกต่อเนื่องกัน 30 ครั้ง ในช่วงที่ร่างกายทนต่อความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดสูง เป็นต้น จึงเป็นไปตามสมมติฐาน ซึ่งสอดคล้องกับBompa and Carrera (2005) กล่าวว่า การฝึกพลังอดทนใช้ความหนักที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวนครั้งที่ใช้ในการฝึกแต่ละเซ็ท 15-30 ครั้ง พักระหว่างเซ็ท 3-5 นาที เพื่อเพียงพอที่จะให้ระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ได้ฟื้นตัวกลับมาอีกครั้ง ทำ 3-5 เซ็ท โดยมีระยะเวลาในการฝึกอย่างน้อย 4-6 สัปดาห์ และมีรูปแบบการฝึกที่น้อย (2-4 แบบฝึก) เพื่อให้เพียงพอต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่เป็นเป้าหมายของการฝึกพลังอดทน

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรมีการศึกษาการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซทที่แตกต่างกันที่ระยะเวลา 6-8 สัปดาห์

2. ควรมีการศึกษาและเปรียบเทียบการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซทที่แตกต่างกันจากแรงดันอากาศกับการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาเพื่อความเป็นเลิศหรือนักกีฬาระดับอาชีพ

2. ควรทำการศึกษาและเปรียบเทียบระหว่างการฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศกับการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก โดยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง 6-8 สัปดาห์ เพื่อที่จะนำข้อมูลมาใช้ในการจัดโปรแกรมการฝึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Baker, D., , S., & MOORE, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 15(1), 20-24.

Bompa, & Calcina. (1993). Periodization Of Strength: Editorial Veritas Publishing York University Toronto Canada.

Bompa, & Carrera. (2005). Periodization training for sport (second ed.). *Human kinetics*.

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

Brooks G. A., F. T. D., and Baldwin K. M. . (2004). Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications (4th ed.). Boston: McGraw-Hill.

Craig, N. P., , K., Bourdon, P., Woolford, S., Stanef, T., Squires, B., . . . Walsh, C. (1993). Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance. *European journal of applied physiology and occupational physiology,* 67(2), 150-158.

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.

Eliseo, I.-S., Mayo, X., Río-Rodríguez, D., Carballeira, E., Fariñas, J., & Fernández-Del-Olmo, M. (2016). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *Journal of sports sciences,* 34(15), 1473-1484.

Frost, D. M., , J., & Newton, R. U. (2010). A biomechanical evaluation of resistance. *Sports Medicine,* 40(4), 303-326.

Frost, D. M., , J. B., & Newton, R. U. (2008). A comparison of the kinematics, kinetics and muscle activity between pneumatic and free weight resistance. *European journal of applied physiology,* 104(6), 937-956.

Gullstrand, L., , B., & Svedenhag, J. (1994). Blood sampling during continuous running and 30‐second intervals on a treadmill. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports,* 4(4), 239-242.

Haff, G. G., , A., MCCOY, L. B., O'BRYANT, H. S., Kilgore, J. L., HAFF, E. E., . . . STONE, M. H. (2003). Effects of different set configurations on barbell velocity and displacement during a clean pull. *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 17(1), 95-103.

Haff, G. G., , R. T., Haff, E. E., Sands, W. A., Pierce, K. C., & Stone, M. H. (2008). Cluster training: A novel method for introducing training program variation. *Strength & Conditioning Journal,* 30(1), 67-76.

Haff, G. G., , S., & Stone, M. H. (2008). Cluster training: Theoretical and practical applications for the strength and conditioning professional. *UK Strength and Conditioning Association,* 12, 12–16-25.

Haff, G. G., García-Ramos, A., Padial, P., Argüelles-Cienfuegos, J., García-Ramos, M., Conde-Pipó, J., & Feriche, B. (2015). Effect of different interrepetition rest periods on barbell velocity loss during the ballistic bench press exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 29(9), 2388-2396.

Hamid, A., Bagheri, A., & Kashkuli, V. (2013). THE EFFECT OF DIFFERENT INTER-REPETITION REST PERIODS ON THE SUSTAINABILITY OF BENCH AND LEG PRESS REPETITION/VPLIV TRAJANJA ODMORA MED PONOVITVAMI PRI POTISKU UTEZI IZPRED PRSI IN DVIGOVANU IZ POLCEPA. *Kinesiologia Slovenica,* 19(1), 5.

Hansen, K. T., , J. B., Pickering, S. L., & Newton, M. J. (2011). Does cluster loading enhance lower body power development in preseason preparation of elite rugby union players? *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 25(8), 2118-2126.

Hardee, J. P., , N. T., Utter, A. C., Zwetsloot, K. A., & Mcbride, J. M. (2012). Effect of interrepetition rest on power output in the power clean. *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 26(4), 883-889.

Izquierdo, M., , J., Häkkinen, K., Ibanez, J., Kraemer, W., Altadill, A., . . . Gorostiaga, E. M. (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during

single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International journal of sports medicine,* 27(09), 718-724.

Jenssen, P. (1989). Training,Lactate,Pulse Rate. Finland: Polar Electro Oy.

Joy, J. M., , J. M., McCleary, S. A., Lowery, R. P., & Wilson, J. M. (2013). Power output and electromyography activity of the back squat exercise with cluster sets. *J Sports Sci,* 1, 37-45.

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

Kraemer, W. J., , S. J., & Evans, W. J. (1996). Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Exercise and sport sciences reviews,* 24(1), 363-398.

Lander, J. E., , 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.

Lawton, , J. B., & Lindsell, R. P. (2006). Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output. *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 20(1), 172-176.

Lawton, T., , J., Drinkwater, E., Lindsell, R., & Pyne, D. (2004). The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *Journal of sports medicine and physical fitness,* 44(4), 361.

Marcinik, E. J. (1989). *Effect of circuit weight training on endurance performance: Muscular strength, power endurance and lactate threshold correlates*: Microform Publications, College of Human Development and Performance, University of Oregon.

McArdle, & F.I and Katch, V. L. (1996). Exercise physiology energy,nutrition,and Human performance.4th ed.

McArdle, W. D., , F. I., & Katch, V. L. (2006). *Essentials of exercise physiology*: Lippincott Williams & Wilkins.

McMillan, K., , J., Macdonald, R., & Hoff, J. (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *British journal of sports medicine,* 39(5), 273-277.

O'Shea, P. (2000). *Quantum Strength Fitness II: Gaining the Winning Edge: Applied Strength Training & Conditioning for Peak Performance*: Patrick's Books.

Oliver, J. M., , A. R., Sanchez, A. C., Mardock, M. A., Kelly, K. A., Meredith, H. J., . . . Riechman, S. E. (2013). Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training. *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 27(11), 3116-3131.

Oyono-Enguelle, S., , A., Marbach, J., Ott, C., Gartner, M., Pape, A., . . . Freund, H. (1990). Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds. *European journal of applied physiology and occupational physiology,* 60(5), 321-330.

Peltonen, H., , K., & Avela, J. (2013). Neuromuscular responses to different resistance loading protocols using pneumatic and weight stack devices. *Journal of Electromyography and Kinesiology,* 23(1), 118-124.

Plowman, A. a. D., s. (1998). Exercise physiology for health,fitness,and performance. MA: Allyn and Bacon.

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.

Powers, S. K. a. H., W.T. (2001). Exercise physiology. 4th ed. NY: The Mc Graw-Hill.

Rooney, K. J., , R. D., & Balnave, R. J. (1994). Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Medicine and science in sports and exercise,* 26(9), 1160-1164.

Sahlin, K., & Ren, J. (1989). Relationship of contraction capacity to metabolic changes during recovery from a fatiguing contraction. *Journal of Applied Physiology,* 67(2), 648-654.

Sharkey, B. J., & Gaskill, S. E. (2006). *Sport physiology for coaches* (Vol. 10): Human Kinetics.

Troup, J. P. (1990). Lactate Testing and uses in Swimming. Colorado: Colorado Springs.

Van Handle, P. J. (2000). Lactate and heart rates [online].(n.d.).

Viitasalo, J. T., & Komi, P. V. (1981). Effects of fatigue on isometric force-and relaxation-time characteristics in human muscle. *Acta Physiologica Scandinavica,* 111(1), 87-95.

Weineck, J. (1990). Functional anatomy in sports , Mosby Yearbook, St: Louis.

William D. McArdle, F. I. K., Victor L. Katch. (2000). Essentials of Exercise Physiology, 2nd Ed.

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

Wootton, S., & Williams, C. (1983). The influence of recovery duration on repeated maximal sprints. *Biochemistry of exercise,* 13, 269-273.

กฤตมุข หล่าบรรเทา. (2555). การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2538). เทคนิคการฝึกความเร็ว. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา: คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์และกุลธิดา เชิงฉลาด. (2544). ปนานุกรมศัพท์กีฬา พลศึกษา และวิทยาศาสตร์การกีฬา. กรุงเทพมหานคร: สันักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นภัส สังข์ทอง. (2557). ผลฉับพลันขณะฝึกด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนักที่ต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุด แรงสูงสุดและความเร็วสูงสุด.

ประทุม ม่วงมี. (2527). รากฐานทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายและการกีฬา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์บูรพาสาส์น.

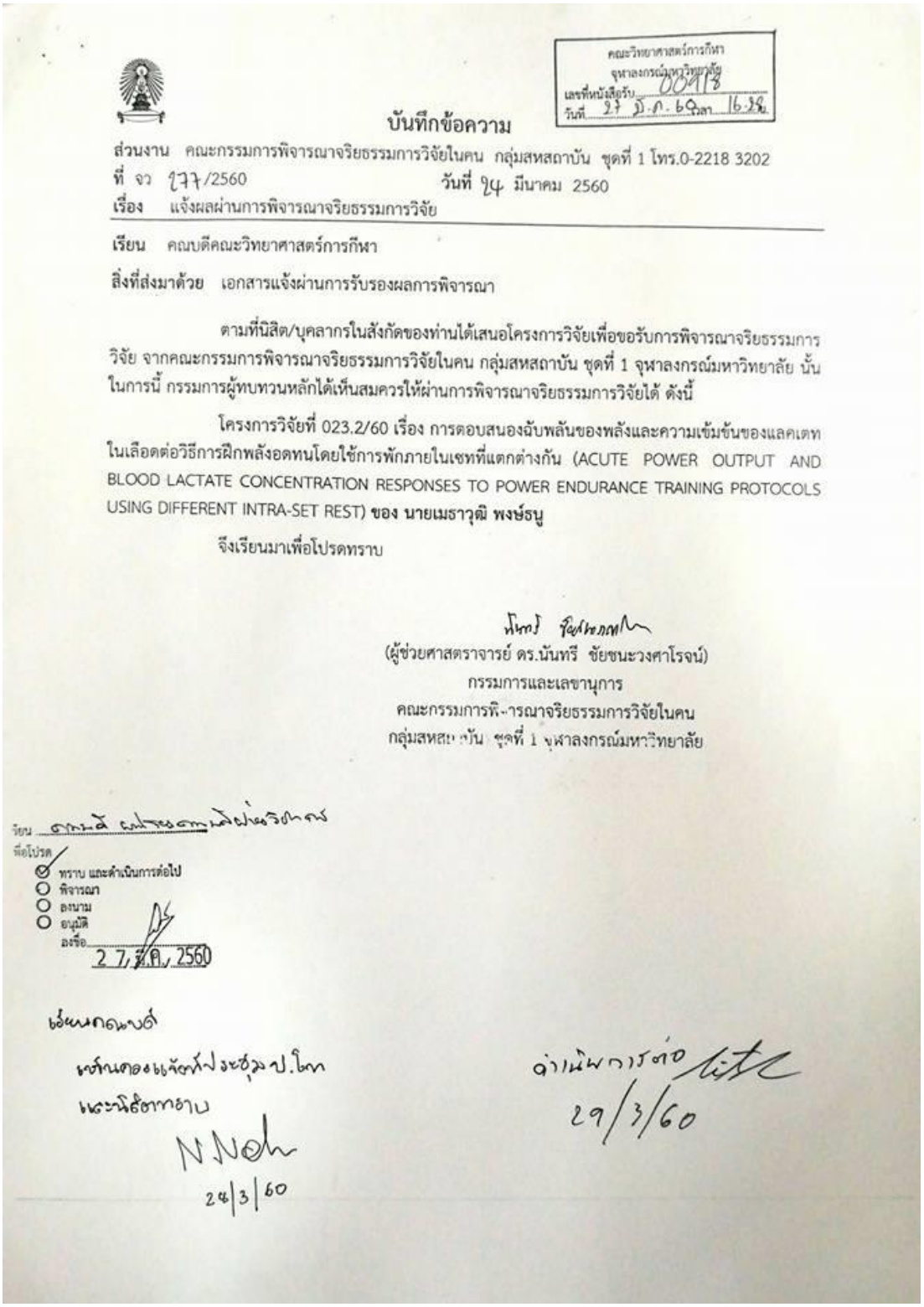
สุทธิกร อาภานุกูล. (2556). การพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส.

เอกวิทย์ แสวงผล, ถาวร กมุทศรี, & อารมย์ ตรีราช. (2558). ผลการฝึกด้วยน้ำ หนักที่ระดับความหนักต่างกันที่มีต่อความเข้มข้นของแลกเตทในเลือดของนักวิ่ง 400 เมตร ชายทีมชาติไทย. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, 16(2).

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บันทึกข้อความ แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรม



คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 00418
วันที่ 27 มี.ค. 60 เวลา 16.38 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218 3202
ที่ จว 177/2560 วันที่ 24 มีนาคม 2560
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 023.2/60 เรื่อง การตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซทที่แตกต่างกัน (ACUTE POWER OUTPUT AND BLOOD LACTATE CONCENTRATION RESPONSES TO POWER ENDURANCE TRAINING PROTOCOLS USING DIFFERENT INTRA-SET REST) **ของ นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู**

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศ์โรจน์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรียน
เพื่อโปรด
☑ ทราบ และดำเนินการต่อไป
○ พิจารณา
○ ลงนาม
○ อนุมัติ
ลงชื่อ
27/มี.ค./2560

เรียนมาเพื่อทราบ
และนิสิตทราบ
24/3/60

ดำเนินการต่อ
29/3/60

ใบรับรองโครงการจริยธรรม

AF 01-12

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์/โทรสาร: 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 053/2560

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 023.2/60 : การตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซทที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยหลัก : นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ The International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม.....
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ)
ประธาน

ลงนาม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 23 มีนาคม 2560 วันหมดอายุ : 22 มีนาคม 2561

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย
4) แบบสอบถาม

เลขที่โครงการวิจัย 023.2/60
วันที่รับรอง 23 มี.ค. 2560
วันหมดอายุ 22 มี.ค. 2561

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 10 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 10 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

AF 04-07

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย การตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซทที่แตกต่างกัน

ชื่อผู้วิจัย นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู ตำแหน่งนิสิตระดับมหาบัณฑิต
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์มือถือ 084-6810082 E-mail : tatar0604@gmail.com

เรียน ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกท่าน

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

โครงการนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) ศึกษาการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซทที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซทที่แตกต่างกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซทที่แตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 20 คน โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 คน ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 4 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน

ผู้วิจัยใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงเพื่อได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างด้วยตัวผู้วิจัยเอง โดยเลือกเฉพาะนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์การคัดเข้าของงานวิจัย

ข้อตกลงเบื้องต้น

ในระหว่างระยะเวลาของการฝึกนั้น ผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่สามารถฝึกสควอทด้วยเครื่องออกกำลังกายนี้ได้

เลขที่โครงการวิจัย 023.2/60
วันที่รับรอง 23 มี.ค. 2560
วันหมดอายุ 22 มี.ค. 2561

เกณฑ์การคัดเข้า

1. ต้องเป็นนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ผ่านการคัดเข้ามหาวิทยาลัยโดยโควต้าวิทยาศาสตร์การกีฬาอัจฉริยะหรือพัฒนากีฬาชาติ ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ไม่มีอาการบาดเจ็บทางร่างกาย *(เช่น อาการบาดเจ็บหลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า เป็นต้น)เนื่องจากกลุ่มนิสิตกลุ่มนี้มีพื้นฐานความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกับเกณฑ์การคัด เข้ามากกว่านิสิตที่เข้าโดยระบบแอดมิดชั่น*

AF 04-07

2. ไม่มีโรคประจำตัว *(เช่น โรคหัวใจ, โรคความดันโลหิต,หอบหืด เป็นต้น)และ ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนจะต้องกรอกข้อมูลในส่วนที่ 2 ในแบบสอบถามสุขภาพ ทุกข้อ และต้องผ่านทุกข้อถึงจะมีสิทธิ์เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ได้*

3. นิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว

4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

5.นิสิตที่เข้ารับการทดลองจะต้องไม่เข้าร่วมโครงการอื่นอยู่แล้วหรือไปฝึกกับโครงการอื่นในระยะเวลาเดียวกัน

เกณฑ์การคัดออก

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น
2. ไม่ได้เข้าร่วมการทดสอบ 2 ครั้ง ของช่วงระยะเวลาการทดสอบ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ (4 สัปดาห์)
3. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

นอกจากนี้ในการคัดเลือกผู้วิจัยจะนำผู้เข้าร่วมการทดลองมาทำการสอบและหาค่าความแข็งแรงสัมบูรณ์ เพื่อคัดเลือกผู้เข้าร่วมการทดลองที่อยู่ในเกณฑ์ของงานวิจัย โดยทำการทดสอบด้วยเครื่อง Keiser's Air 300 Squat ในท่า Half squat โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองประมาณน้ำหนักที่สามารถยกได้ 3-4 ครั้ง
2. ต่อจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทำท่า Half squat ด้านกับน้ำหนักที่ได้ประมาณไว้จนกว่าจะไม่สามารถทำได้หลังจากนั้นเสร็จสิ้นการทดสอบ
3. ผู้เข้าร่วมการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงสัมบูรณ์ อยู่ในเกณฑ์สามารถเข้าร่วมการทดลองนี้ได้ หากกรณีที่มีจำนวนผู้เข้าร่วมการทดลองเกินที่กำหนดคือ 20 คน จะทำการสุ่มโดยวิธีจับฉลาก
4. ผู้เข้าร่วมการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงสัมบูรณ์ที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองนี้ได้ ผู้วิจัยจะทำการอธิบายแนะนำสาเหตุและมอบปากกาเป็นของที่ระลึกกับผู้ที่ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองนี้ได้ทุกคน

เลขที่โครงการวิจัย 023.2/60
วันที่รับรอง 23 มี.ค. 2560
วันหมดอายุ 22 มี.ค. 2561

กระบวนการการวิจัย

ผู้วิจัยจะเป็นผู้ชี้แจงรายละเอียด ขั้นตอน วิธีการต่างๆเกี่ยวกับการทดลอง รวมถึงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการทดลองและประโยชน์ต่างๆที่จะได้รับจากการเข้าร่วมการทดลอง โดยผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องมาร่วมการทดลองตามวันและเวลาที่กำหนดและในการทดลองในทุกๆครั้งผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องแต่งกายให้เหมาะสมสำหรับการทดลองคือ แต่งกายด้วยชุดกีฬาและสวมรองเท้ากีฬาโดยผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องเป็นคนเตรียมมาเอง เมื่อผู้เข้าร่างการทดลองทราบรายละเอียดและยินดีที่จะเข้าร่วมการทดลอง ผู้วิจัยจึงจะให้ผู้เข้าร่วมการทดลองลงนามยินยอม

ผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด 20 คน จะต้องทำการทดลองทั้ง 4 เงื่อนไข ตามการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing) โดยผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องทำการทดลองด้วยเครื่อง Keiser's air 300 Squat ในท่า Half squat ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทำการทดลองที่ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬาคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกๆวันจันทร์และวันพฤหัสบดี ช่วงเวลา 10.00 - 16.00 น.*ซึ่งไม่กระทบต่อการเรียน*ของสัปดาห์นั้นๆ โดยโปรแกรมการทดสอบของแต่ละคนนั้นใช้เวลาครั้งละประมาณ 30 นาที

ขั้นตอนในการทดลองมีดังนี้

1. หลังจากที่ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพักเป็นเวลา 10 นาที ก็ทำการเจาะเลือดเพื่อหาค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลอง (ทำแบบนี้ทุกๆการทดลอง)
2. ทำการอบอุ่นร่างกาย และยืดกล้ามเนื้อ 5-10 นาที ก่อนการทดลอง
3. ผู้เข้าร่วมทดลองทำการทดลองด้วยเครื่อง Keiser's Air 300 ในท่า Half squat จำนวน 30 ครั้ง ที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนัก 30% ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดใน 1 ครั้ง
4. หลังจากที่ผู้เข้าร่วมการทดลองได้ทำการทดลองเสร็จสิ้นแล้ว ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพัก 5 นาที และทำการเจาะเลือดอีกครั้งเพื่อหาค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลอง (ทำแบบนี้ทุกๆการทดลอง)
5. *Cool down หลังการทดลอง*
6. เมื่อสิ้นสุดการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถแยกย้ายตามอัธยาศัย

**การเจาะเลือดในงานวิจัยครั้งนี้ทำการเจาะโดยนักเทคนิคการแพทย์ เจาะทั้งหมด 2 ครั้ง/เงื่อนไข ครั้งละ 30-50µl*

เลขที่โครงการวิจัย 023.2/60
วันที่รับรอง 23 มี.ค. 2560
วันหมดอายุ 22 มี.ค. 2561

สถานที่ที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬาคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีอุปกรณ์ดังนี้

1. เครื่อง Keiser's Air 300 ใช้ในการทดสอบค่าความแข็งแรงสัมบูรณ์ และการทดลองทั้งหมด 4 การทดลอง ที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนัก 30% ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดใน 1 ครั้ง
2. เครื่อง Analox blood lactate analyser รุ่น P-LM5 ใช้ในการหาค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด

โดยมีผู้วิจัยคือ นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู นิสิตระดับมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา เป็นผู้กำกับดูแลและควบคุม จำนวน 1 ท่าน *และมีนักเทคนิคการแพทย์ทำการเจาะเลือดในครั้งนี้*

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน ทำการทดลองทุกๆวันจันทร์และวันพฤหัสบดีของแต่ละสัปดาห์นั้นๆ ในแต่ละวันของการฝึกจะมีของว่างมอบให้แก่ผู้เข้าร่วมการทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลองทั้งหมดผู้เข้าร่วมการทดลองจะได้รับเสื้อเป็นของที่ระลึกทุกคน

อันตรายหรือความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น

วิธีการ การดำเนินการวิจัยและโปรแกรมต่างๆได้มีการตรวจสอบอย่างรอบคอบและได้รับการดูแลในขณะทำการทดลองอย่างใกล้ชิดเพื่อที่จะไม่ให้เกิดอันตราย*ใดๆ และทำการเปลี่ยนเข็มเจาะเลือดและหลอดเก็บเลือดทุกครั้งในการทดลอง* เพื่อความปลอดภัยและไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายหลังจากการทดลอง ผู้เข้าร่วมการทดลองอาจจะเกิดอาการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อขา *และอาจมีอาการเจ็บเล็กน้อยจะการเจาะเลือด* อาการดังกล่าวจะกายเป็นปกติในเวลาอันสั้น ทั้งนี้ก่อนและหลังการทดลองผู้วิจัยมีคำแนะนำให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกท่านทำการอบอุ่นร่างกายทั้งก่อนและหลังการทดลอง และพักผ่อนให้เพียงพอ เพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้น หากผู้เข้าร่วมการทดลองเกิดอาการบาดเจ็บในระหว่างการทดลอง ให้แจ้งผู้วิจัยและทำการหยุดการทดลองโดยทันที เพื่อทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นโดยทันทีและจะทำการส่งสถานพยาบาลต่อไปโดยที่ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการรักษา

ประโยชน์ในการเข้าร่วมวิจัย

1. **ได้ทราบวิธีการ ท่าทางในการฝึก ขั้นตอนในการใช้เครื่องมือในการทดลอง**
2. **ข้อมูลต่างๆสามารถนำไปพัฒนาในการฝึกซ้อมหรือออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมได้**

วิธีการติดต่อ/วิธีการเข้าถึงผู้เข้าร่วมการวิจัย

ผู้วิจัยได้เชิญชวนผู้เข้าร่วมวิจัยโดยใช้วาจา ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขที่โครงการวิจัย 023.2/60
วันที่รับรอง 23 มี.ค. 2560
วันหมดอายุ 22 มี.ค. 2561

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

โดยผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างและแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์และวิธีการดำเนินการต่างๆของการเก็บข้อมูลและประโยชน์ต่างๆที่จะได้รับ พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการเข้าร่วมในการวิจัยโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ ข้อมูลที่ได้ต่างๆในการวิจัยจะถือเป็นความลับและนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเท่านั้น โดยจะมีการเสนอผลการวิจัยโดยภาพรวม หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

AF 04-07

การเปิดเผยข้อมูล

ข้อมูลต่างๆที่อาจจะนำไปสู่การเปิดเผยข้อมูลที่ระบุเป็นตัวท่านจะได้รับการปกปิดและจะไม่ปรากฏในรายงาน ยกเว้นคำยินยอมจากท่าน ข้อมูลต่างๆของท่านจะถูกเก็บเป็นความลับเฉพาะคณะผู้วิจัย ผู้กำกับการดูแล ผู้ตรวจสอบ และคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม และจะมีการเปิดเผยผลของการวิจัยเป็นภาพรวม หากท่านมีข้อสงสัยประการใด กรุณาติดต่อ นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู โทรศัพท์มือถือ 084-6810082 E-mail : tatar0604@gmail.com

หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

ขอบคุณความร่วมมือของท่านไว้ ณ ที่นี้

นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู

เอกสารรับรองโครงการวิจัย 093.2/60
วันที่รับรอง 23 มี.ค. 2560
วันหมดอายุ 22 มี.ค. 2561

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

AF05-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย การตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทน โดยใช้การพักภายในเซทที่แตกต่างกัน

ชื่อผู้วิจัย นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู

ที่อยู่ที่ติดต่อ 118 ม. 11 ต. หนองไผ่ อ. เมือง จ. ศรีสะเกษ 33000 โทรศัพท์ 084-6810082

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

ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกขั้นตอน โดยข้าพเจ้ายินยอมเข้ารับการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสมบูรณ์ด้วยเครื่อง Keiser' air 300 ในท่า Half squat (แบกน้ำหนักย่อตัวเป็นมุม 90 องศา) รอบละไม่เกิน 4 ครั้ง จนกว่าความหนักในการทดสอบในรอบนั้นจะไม่สามารถแบกน้ำหนักขึ้นได้เกิน 4 ครั้ง ก่อนการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องทำการเจาะเลือดเพื่อหาค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดก่อนการทดลองและเข้ารับการทดลองด้วยเครื่อง Keiser' air 300 ในท่า Half squat การทดลองละ 30 ครั้ง และทำการเจาะเลือดเพื่อหาค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลองอีกครั้ง โดยทำการทดลองสัปดาห์ละ 2 การทดลอง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ทุกวันจันทร์และวันพฤหัสบดี ช่วงเวลา 10.00 – 16.00 น. *ซึ่งไม่กระทบต่อการเรียน*โดยการทดลองแต่ละสัปดาห์จะใช้เวลาประมาณ 30 นาที รวมทั้งหมด 4 เงื่อนไข ที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนัก 30% ของ 1 RM

ข้าพเจ้ามี**สิทธิถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบต่อการเรียน หรือในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

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

เลขที่โครงการวิจัย 023.2/60

วันที่รับรอง 23 มี.ค. 2560

วันหมดอายุ 22 มี.ค. 2561

1/2

V.2.4/2558

AF05-07

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202

E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู)
ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

เลขที่โครงการวิจัย 023.2/60
วันที่รับรอง 23 มี.ค. 2560
วันหมดอายุ 22 มี.ค. 2561

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

V.2.4/2558

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามสุขภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถามสุขภาพ

โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามต่อไปนี้จะเป็นความลับและใช้ในงานวิจัยเท่านั้น

ส่วนที่1 ข้อมูลทั่วไป

รหัสนิสิต .....

ส่วนที่2 ข้อมูลสุขภาพ (มีผลต่อการเข้าร่วมงานวิจัย)

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่ (ถ้ามีโปรดระบุ)
   ไม่มี ☐ มี ☐ โปรดระบุ.....
2. ท่านป่วยเป็นโรค เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิต หรือไม่ (ถ้าเป็นโปรดระบุ)
   ไม่เป็น ☐ เป็น ☐ โปรดระบุ.....
3. ท่านเคยได้รับการผ่าตัดบริเวณ หลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า หรือไม่ (ถ้าเคยโปรดระบุ)
   ไม่เคย ☐ เคย ☐ โปรดระบุ.....
4. ท่านเคยได้รับอุบัติเหตุหรือบาดเจ็บรุนแรง หรือไม่ (ถ้าเคยโปรดระบุ)
   ไม่เคย ☐ เคย ☐ โปรดระบุ.....
5. ท่านมีอาการบาดเจ็บเกี่ยวกับ หลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ที่ผ่านมา หรือไม่ (ถ้ามีโปรดระบุ)
   ไม่มี ☐ มี ☐ โปรดระบุ.....

เอกสารที่โครงการวิจัย 023.2/60
วันที่รับรอง 23 มี.ค. 2560
วันหมดอายุ 22 มี.ค. 2561

สรุปผลแบบสอบถามสุขภาพ ☐สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ ☐ ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้

ผู้ดำเนินการสอบถาม.....

(นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู)

ภาคผนวก ค
โปรแกรมการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง

รูปแบบของการทดสอบโดยใช้ท่าแพระเรลสควอท (Paralell squat) ทำการทดสอบโดยการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing) ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง (ห่างกันไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง) ด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศ มี 4 เงื่อนไข ได้แก่

เงื่อนไขที่ 1 ฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนักที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม ยก 30 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด

เงื่อนไขที่ 2 ฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนักที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม ยก 15 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 15 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด

เงื่อนไขที่ 3 ฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนักที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม ยก 10 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 10 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 10 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด

เงื่อนไขที่ 4 ฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนักที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม ยก 5 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 5 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 5 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 5 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 5 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด

ตาราง Counterbalancing ของการทดสอบทั้ง 4 เงื่อนไข

ครั้งที่/เงื่อนไข	เงื่อนไขที่ 1	เงื่อนไขที่ 2	เงื่อนไขที่ 3	เงื่อนไขที่ 4
ครั้งที่ 1	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4
ครั้งที่ 2	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 1
ครั้งที่ 3	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
ครั้งที่ 4	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3

ภาคผนวก ง
วิธีการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการหาน้ำหนัก 1 RM

ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยปฏิบัติดังนี้

1. ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนล่าง
2. ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือ 10 – 15 ครั้งด้วยความหนักที่เบา
3. เมื่อเริ่มการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยกน้ำหนักในท่าฮาล์ฟสควอท (Half squat) จนไม่สามารถยกน้ำหนักในครั้งที่ 4 ได้ ถ้าหากผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถยกน้ำหนักเกิน 4 ครั้ง ให้ทำการหยุดพัก และพร้อมที่จะทำการยกน้ำหนักในครั้งต่อไปด้วยความหนักที่หนักขึ้น
4. นำความหนักที่ได้มาคำนวณเปรียบเทียบหาค่า 1 RM โดยใช้ตารางการเปรียบเทียบของ Baechle and Earle , 2000

จำนวนครั้งที่สามารถยกได้มากที่สุด (Repetition maximim)	1	2	3	4
เปอร์เซ็นต์ของค่าความหนักสูงสุดที่สามารถยกได้สูงสุดเพียงครั้งเดียว (1 RM)	100	95	93	90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการทดสอบด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ

1. ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนล่าง
2. ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือ 10 – 15 ครั้ง ด้วยความหนักที่เบา
3. ทำการอบอุ่นร่างกายเสร็จเรียบร้อยให้ผู้ทดสอบเข้าไปยืนอยู่ย่อตัวลงให้ต้นขาขนานกับพื้นบนเครื่องในท่าแพระเรลสควอท (Parallel squat) ดังรูป

4. เมื่อได้ยินสัญญาณเริ่มให้ผู้ทดสอบทำการยืดตัวขึ้นมาให้เร็วที่สุดแล้วกลับไปในท่าเริ่มต้นอีกครับ โดยทำแบบนี้รวมกันทั้งหมด 30 ครั้ง จึงจะเสร็จการทดลองดังรูป

ภาคผนวก จ
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการทดสอบ

1.	รองศาสตราจารย์ ดร. อภิลักษณ์ เทียนทอง	อาจารย์ประจำคณะสหเวชศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์รังสิต
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร กมุทศรี	อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
3.	อาจารย์ ดร. ทศพร ยิ้มลมัย	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4.	อาจารย์ ดร. สุทธิกร อาภานุกูล	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5.	อาจารย์ เอกวิทย์ แสวงผล	สถาบันพลศึกษาวิทยาเขตกรุงเทพและผู้ฝึกสอนกรีฑาทีมชาติไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการทดสอบ

เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อให้สอดคล้องกับโปรแกรมการทดสอบการตอบสนองฉับพลันของพลังและความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดต่อวิธีการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในเซทที่แตกต่างกัน ว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

1 หมายถึง มีความเหมาะสมในโปรแกรมการทดสอบ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในโปรแกรมการทดสอบ

-1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในโปรแกรมการทดสอบ

เนื้อหา	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
-เงื่อนไขที่ 1 ฝึกสควอท Squat ด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนักที่ 30 % ของ 1 อาร์เอ็ม ยก 30 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด				
-เงื่อนไขที่ 2 ฝึกสควอท Squat ด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนักที่ 30 % ของ 1 อาร์เอ็ม ยก 15 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 15 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหา	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
-เงื่อนไขที่ 3 ฝึกสควอท Squat ด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนักที่ 30 % ของ 1 อาร์เอ็ม ยก 10 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 10 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 10 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด				
-เงื่อนไขที่ 4 ฝึกสควอท Squat ด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนักที่ 30 % ของ 1 อาร์เอ็ม ยก 5 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 5 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 5 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 5 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 5 ครั้ง พัก 15 วินาที ยก 5 ครั้ง โดยทำให้เร็วที่สุด				
ค่าเฉลี่ย				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเมธาวุฒิ พงษ์ธนู เกิดเมื่อวันที่ 6 เมษายน 2536 ที่อยู่ปัจจุบัน 118 หมู่ 11 ตำบลหนองไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ 33000 สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนสตรีสิริเกศ จังหวัดศรีสะเกษ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคปลาย ปีการศึกษา 2559

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University