การศึกษาการใช้พลังงานขณะแข่งขันในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย

นางสาวธนิดา คณาณิน ไทยานนท์

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 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY OF ENERGY EXPENDITURE DURING COMPETITION IN THAI FEMALE NATIONAL DOUBLE EVENT SEPAKTAKRAW ATHLETES

Miss Thanida Kachanin Thaiyanont

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 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการใช้พลังงานขณะแข่งขันในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย
โดย	นางสาวธนิดา คณาณิน ไทยานนท์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ชัชชัย โกมารทัต)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธนิดา คณาณิน ไทยานนท์ : การศึกษาการใช้พลังงานขณะแข่งขันในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย (A STUDY OF ENERGY EXPENDITURE DURING COMPETITION IN THAI FEMALE NATIONAL DOUBLE EVENT SEPAKTAKRAW ATHLETES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์, 71 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขันกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่ ประชากรในการวิจัยเป็นนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยชุดปัจจุบัน จำนวน 5 คน ได้รับการเลือกแบบเจาะจง ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขันคัดเลือกตัว ทำการแข่งขันแบบแพ้คัดออก โดยใช้เครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยการวิเคราะห์ก๊าซ เพื่อนำผลที่ได้มาคำนวณหากราฟความสัมพันธ์และสมการถดถอยเชิงเส้นของแต่ละคน แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าการใช้พลังงาน หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า

1.นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบพลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขัน คือ ระบบพลังงานแอนแอโรบิกเท่ากับร้อยละ 24 ± 16.35 ระบบพลังงานแอนแอโรบิก – แอโรบิกเท่ากับร้อยละ 70 ± 12.44 และระบบพลังงานแอโรบิกเท่ากับร้อยละ 6 ± 8.28

2.ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาทีขณะแข่งขันเท่ากับ 8.09 ± 1.90 กิโลแคลอรี่ต่อนาที และปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดขณะแข่งขันเท่ากับ 400.37 ± 44.03 กิโลแคลอรี่

สรุปผลการวิจัย

การใช้พลังงานในขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงจะใช้พลังงานแบบ Anaerobic เป็นหลัก จากผลการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำระดับความหนักของการออกกำลังกายและชนิดของระบบพลังงานที่ใช้ในการแข่งขัน แนะนำผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา รวมถึงนักโภชนาการ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนโปรแกรมการฝึกซ้อมหรือโปรแกรมโภชนาการได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับการแข่งขันจริงของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย

Chulalongkorn University

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5678310439 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: ENERGY EXPENDITURE / SEPAKTAKRAW DOUBLE EVENT

THANIDA KACHANIN THAIYANONT: A STUDY OF ENERGY EXPENDITURE DURING COMPETITION IN THAI FEMALE NATIONAL DOUBLE EVENT SEPAKTAKRAW ATHLETES. ADVISOR: ASST. PROF. CHALERM CHAIWATCHARAPORN, Ph.D., 71 pp.

The purpose of this research was to study the energy expenditure during competition in Thai female national double event sepaktakraw athletes. Five female national double event sepaktakraw athletes wore heart rate monitors during competition and also completed a laboratory-based treadmill gas-analysis test to assess their maximal oxygen consumption (VO_2max) and ventilatory threshold values. The heart rate data from competition were evaluated with heart rate and oxygen consumption data measured in the laboratory to establish individual regression equation to estimate the energy expenditure during competition.

Results

1. The energy contribution of anaerobic system, anaerobic – aerobic system, and aerobic system were 24 ± 16.35%, 70 ± 12.44%, and 6 ± 8.28% respectively.

2. The estimated energy expenditure per minute was 8.09 ± 1.90 kcal/min and the estimated energy expenditure throughout an entire match was 400.37 ± 44.03 kcal.

Conclusion the intensity of exercise and the energy system contribution in this study can be used as guideline to plan proper training programs and appropriate energy intake programs for Thai female national double event sepaktakraw athletes.

Field of Study: Sports Science Student's Signature .....

Academic Year: 2014 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตากรุณายิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ซึ่งกรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และตรวจสอบแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้ศิษย์ได้ความรู้และเรียนรู้สิ่งต่างๆ มากมาย ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ รองศาสตราจารย์ ชัชชัย โกมารทัต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิด คำแนะนำ และตรวจแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ อันส่งผลให้วิทยานิพนธ์นี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์การทดสอบ และอาจารย์ ดร.บุญศักดิ์ หล่อพิพัฒน์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ เป็นอย่างดีเกี่ยวกับการทำวิจัยและวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย ให้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดีคลอดมา อีกทั้ง บัณฑิตวิทยาลัย ที่มอบทุนอุดหนุนการศึกษาในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณวีรัส ณ หนองคาย หัวหน้าผู้ฝึกสอนนักกีฬาเซปักตะกร้อหญิงทีมชาติไทย รวมถึงผู้ช่วยผู้ฝึกสอน และนักกีฬาเซปักตะกร้อหญิงทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี อันส่งผลให้งานวิจัยฉบับนี้ประสบความสำเร็จ ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์ฝึกกีฬาแห่งชาติมวกเหล็ก จ.สระบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ ห้องฟิตเนส โรงยิม และอุปกรณ์ต่างๆซึ่งใช้ในการทำวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ แขนงวิทยาศาสตร์การกีฬา พี่จิรายุ วงษ์ปัญญา นางสาวเบญทิวา สุรศาสตร์พิศาล นางสาวมนจรี วิรุฬห์พอจิต นางสาวมารีน่า เจ๊ะพงศ์และน้องณัฐ รัตนาธรรมวัฒน์ สำหรับความช่วยเหลือ กำลังใจ และคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัยแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่สิริภา ศรีเยาวภาศ คุณย่าปรียาภรณ์ แช่มโชติ ที่คอยดูแลเอาใจใส่และให้กำลังใจ สนับสนุนในเรื่องการศึกษาตลอดมา ส่งผลให้สามารถประสบความสำเร็จในชีวิตทั้งทางการเรียนในครั้งนี้และการใช้ชีวิตตลอดเวลาที่ผ่านมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 3

บทนำ 3

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 3

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

สมมติฐานการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

บทที่ 2 8

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

1. การใช้พลังงาน (Energy expenditure) 8

2. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Consumption) 13

3. จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) 14

4. ปัจจัยที่สัมพันธ์กับความสามารถทางด้านความอดทน (Factor Related to Endurance Performance) 17

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework) 22

บทที่ 3 23

วิธีการดำเนินการวิจัย 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ประชากร 23
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 23
ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 23
การวิเคราะห์ข้อมูล 27
บทที่ 4 28
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 28
ตอนที่ 1 ผลการวิจัยจากนักกีฬา 12 คน 30
ตอนที่ 2 ผลการวิจัยจากนักกีฬา 7 คน 32
ตอนที่ 3 ผลจากการวิจัยจากนักกีฬา 5 คน 36
บทที่ 5 42
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 42
สรุปผลการวิจัย 42
อภิปรายผลการวิจัย 44
รายการอ้างอิง 49
ภาคผนวก 53
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1ขั้นตอนการทดสอบแบบบรู๊ซ (Bruce Protocol)..... 25

ตารางที่ 2ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 12 คน 30

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) และอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน (HR_{com}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 12 คน 31

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย จำนวน 7 คน..... 32

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2com) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($PeakVO_2com$) เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\%VO_2max$) ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาที (EE_{min}) และปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด (EE_{total}) และระยะเวลาเฉลี่ย ($Duration_{com}$) ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 7 คน..... 34

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย จำนวน 5 คน..... 36

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) และอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน)HR_{com}(สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2com) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($PeakVO_2com$) เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\%VO_2max$) ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาที (EE_{min}) ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด (EE_{total}) และระยะเวลาเฉลี่ย)$Duration_{com}$(ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 5 คน..... 38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ของระบบพลังงานที่ใช้ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 5 คน 40

กราฟที่ 1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระบบพลังงานที่ใช้ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย 41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬาเซปักตะกร้อเป็นหนึ่งในกีฬาที่สร้างชื่อเสียงให้แก่ประเทศไทยเป็นอย่างดี ในระดับนานาชาติ มีการแข่งขันด้วยกันหลายประเภท ได้แก่ ทีมชุด (Team) ทีมเดี่ยว (Regu) ประเภทคู่ (Double regu) และตะกร้อลอดห่วงสากล (Hoop Takraw) ซึ่งในแต่ละประเภทก็จะมีกติกา ทักษะที่จำเป็นของแต่ละตำแหน่ง และรูปแบบการเล่นที่แตกต่างกันไป

กีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่นี้ได้บรรจุเข้าแข่งขันเป็นครั้งแรกในกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 23 ณ กรุงมนิลา ประเทศฟิลิปปินส์ พ.ศ.2548 โดย สหพันธ์ตะกร้อนานาชาติ (ISTAF) (สุจินต์, 2548) กติกาการแข่งขันกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่ สรุปได้ดังนี้

1. 1 ทีม จะมีผู้เล่น 2 คน ผู้เล่นสำรอง 1 คน
2. ผู้เล่น 1 ใน 2 คน จะเป็นผู้เสิร์ฟลูกด้วยตัวเองและอยู่ด้านหลังเส้นสนาม โดยสลับกันเสิร์ฟ
3. ผู้เล่นอีกคนหนึ่งจะยืนอยู่ที่ใดก็ได้ในแดนตนเอง
4. ผู้เล่นคนหนึ่งสามารถเล่นลูกได้ไม่เกิน 3 ครั้งหรือรวมกันสองคนต้องไม่เกิน 3 ครั้ง
5. การเปลี่ยนตัวผู้เล่นจะกระทำเวลาใดก็ได้ โดยให้เปลี่ยนตัวผู้เล่นครั้งละ 1 คนและต้องไม่เกิน 2 ครั้งต่อ 1 เกม
6. ทีมใดมีผู้เล่นน้อยกว่า 2 คน จะไม่อนุญาตให้ทำการแข่งขัน และจะปรับทีมนั้นเป็นฝ่ายแพ้การแข่งขัน

จากสถิติการแข่งขันเซปักตะกร้อประเภทคู่ในกีฬาซีเกมส์และเอเชี่ยนเกมส์ ทีมคู่ชายเคยได้เหรียญทอง 1 ครั้งในกีฬาเอเชี่ยนเกมส์ครั้งที่ 15 ณ กรุงโดฮา ประเทศกาตาร์ และ 2 เหรียญทองจากทีมคู่ชายและหญิงในกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 24 จ.นครราชสีมา หลังจากนั้นทีมชาติไทยจะพลาดเหรียญรางวัลมาโดยตลอด ซึ่งเป็นเหตุให้ประเทศไทยเป็นไม่ค่อยส่งทำการแข่งขัน

ระบบพลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถของนักกีฬาทั้งในขณะฝึกซ้อมและขณะแข่งขัน ซึ่งการใช้พลังงานดังกล่าวมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความหนัก และระยะเวลาของกิจกรรม (Dudley & Murray.T.F, 1982; Housh, Housh, & DeVries, 2006) โดยระบบพลังงานในร่างกายหลักๆนั้นได้แก่ ระบบพลังงานเอทีพี-ซีพี ระบบพลังงานแอนแอโรบิก และระบบพลังงานแอโรบิก ความเข้าใจในเรื่องการใช้พลังงานในกิจกรรมหรือกีฬาต่างๆ ช่วยให้สามารถ

อธิบายได้ว่า ทำไมการฝึกในแต่ละกีฬาจึงต้องแตกต่างกัน เช่น เจ้าของสถิติโลก วิ่ง 1 ไมล์ไม่จำเป็นต้องมีทักษะการวิ่งระยะไกล หรือ นักวิ่งมาราธอนไม่สามารถวิ่ง 1 ไมล์ภายในเวลา 4 นาทีได้ แต่สามารถวิ่ง 26.2 ไมล์ ด้วยอัตราการวิ่งที่ 5 นาทีต่อไมล์ได้ นั้นเกิดจากอะไร การศึกษาการใช้พลังงานวิเคราะห์กิจกรรมทางกายหรือกีฬาต่างๆที่เฉพาะเจาะจง แล้วจึงนำไปกำหนดโปรแกรมการฝึกเพื่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านสรีรวิทยาที่เหมาะสม เมื่อความสามารถในการใช้พลังงานพัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของศักยภาพของนักกีฬา (W.D. McArdle, Katch, & Katch, 2014)

การศึกษาวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานในกีฬาเซปักตะกร้อของถนอมศักดิ์ เสนาคำ (ถนอมศักดิ์, 2541) เป็นประเภททีมเดี่ยวที่มีผู้เล่น 3 คน กล่าวว่า กีฬาเซปักตะกร้อเป็นกีฬาที่ไม่ต่อเนื่องและมีความหนักสูง (High Intensity Intermittent Exercise) ทักษะและการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการแข่งขันนั้นต้องการพลังงานปริมาณสูงและใช้เวลาสั้นๆ ซึ่งประกอบด้วยการเสิร์ฟ การตั้งลูก การสกัดกั้น การกระโดดฟาดทำคะแนน การวิ่งไปรับลูกในระยะสั้นๆ มีการแบ่งตำแหน่งในการแข่งขันได้แก่ ผู้เสิร์ฟ (Server or Back) หน้าซ้าย (Left inside) หน้าขวา (Right inside) ซึ่งทักษะที่จำเป็นในแต่ละตำแหน่งก็จะแตกต่างกันไป พบว่า การใช้พลังงานของนักกีฬาทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 271 กิโลแคลอรี่ และมีค่าเฉลี่ยของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกเท่ากับ 25% ระบบพลังงานแอนแอโรบิก-แอโรบิกเท่ากับ 43% และระบบพลังงานแอโรบิกเท่ากับ 32% ซึ่งในแต่ละตำแหน่งก็จะมีการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน ตำแหน่งหน้าขวา (Right Inside) มีการใช้พลังงานเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 302 กิโลแคลอรี่ค่าเฉลี่ยของระบบพลังงานแอนแอโรบิกเท่ากับ 30% ระบบพลังงานแอนแอโรบิก-แอโรบิกเท่ากับ 40% และระบบพลังงานแอโรบิกเท่ากับ 30%

รองลงมาคือตำแหน่งผู้เสิร์ฟ (Server or Back) มีการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 287 กิโลแคลอรี่ มีค่าเฉลี่ยของระบบพลังงานแอนแอโรบิกเท่ากับ 28% ระบบพลังงานแอนแอโรบิก-แอโรบิกเท่ากับ 52% และระบบพลังงานแอโรบิกเท่ากับ 20%

และตำแหน่งหน้าซ้าย (Left Inside) มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 223 กิโลแคลอรี่ มีค่าเฉลี่ยของระบบพลังงานแอนแอโรบิกเท่ากับ 18% ระบบพลังงานแอนแอโรบิก-แอโรบิกเท่ากับ 38% และระบบพลังงานแอโรบิกเท่ากับ 47%

ในปัจจุบันกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่ไม่มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการในการใช้พลังงานขณะแข่งขัน แต่เมื่อวิเคราะห์จากรูปแบบการเล่น ทักษะและการเคลื่อนไหวของผู้เล่น กติกาการแข่งขันของสหพันธ์ตะกร้อนานาชาติ (ISTAF) ซึ่งผู้เล่น 2 คนของกีฬาประเภทนี้จะต้องมีทักษะที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากไม่มีการแบ่งตำแหน่งในการแข่งขัน ผู้เล่นทั้ง 2 คนจะต้องทำหน้าที่เหมือนกัน ต้องเสิร์ฟลูก ต้องสามารถชงลูกได้ ในขณะเดียวกันต้องสามารถบล็อกและฟาดทำคะแนนได้ ทำให้ผู้

เล่นจะต้องแสดงทักษะต่างๆได้อย่างสม่ำเสมอและมีประสิทธิภาพ และตามกติกาการแข่งขัน จะใช้สนามขนาดเดียวกับเซปักตะกร้อประเภททีมเดี่ยวที่มีผู้เล่น 3 คน ซึ่งมีการใช้พื้นที่ในเคลื่อนที่มากขึ้น ทำให้นักกีฬาต้องมีการเคลื่อนไหวมากขึ้นและรักษาระดับความเร็วของการเคลื่อนไหวให้มีประสิทธิภาพตลอดเกมการแข่งขัน ซึ่งก็จะมีความเหนื่อยมากขึ้นขณะแข่งขัน ทำให้กีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่น่าจะมีการใช้พลังงานที่แตกต่างกับประเภททีมเดี่ยว ด้วยสาเหตุดังกล่าว จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาถึงการใช้พลังงานขณะแข่งขันกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่ เพื่อเป็นประโยชน์ให้ผู้ฝึกสอนใช้ในการวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมให้มีความสอดคล้องและเฉพาะเจาะจงต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการใช้พลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขันกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิง

สมมติฐานการวิจัย

การใช้พลังงานในขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงจะใช้พลังงานแบบ Anaerobic เป็นหลัก

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาระบบพลังงานที่ใช้ขณะแข่งขันของประชากรนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย จำนวน 12 คน ซึ่งเข้าร่วมเก็บตัวเพื่อทำการแข่งขันกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 28 พ.ศ.2558 ณ ประเทศสิงคโปร์

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ประกอบไปด้วย

1. ตัวแปรอิสระ คือ นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย
2. ตัวแปรตาม คือ
    a. ปริมาณการใช้พลังงานในขณะแข่งขัน
    b. ระบบพลังงานที่ใช้ในการแข่งขัน
    c. อัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน
    d. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนขณะแข่งขัน

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

กีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่ หมายถึง กีฬาเซปักตะกร้อประเภทหนึ่งที่มีผู้เล่นฝ่ายละ 2 คน จากกติกาการแข่งขันเซปักตะกร้อประเภทคู่ ซึ่งถูกกำหนดโดยสหพันธ์เซปักตะกร้อนานาชาติ (ISTAF)

นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่ หมายถึง นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย ซึ่งเข้าร่วมเก็บตัว เพื่อทำการแข่งขันกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 28

การใช้พลังงาน (Energy Expenditure) หมายถึง ปริมาณพลังงานที่ร่างกายใช้ในการเคลื่อนไหวในการทำกิจกรรมต่างๆ หรือการออกกำลังกาย ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระดับความหนักเบา ระยะเวลาที่ใช้ และน้ำหนักตัว มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ (Kcal)

จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold หรือ Ventilatory Threshold) หมายถึง จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากระบบพลังงานแบบแอโรบิกเป็นระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก หรือเป็นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของอัตราส่วนระหว่าง VE/VCO_2

กรดแลคติก (Lactic Acid) หมายถึง สารที่เกิดขึ้นจากการเผาผลาญพลังงานจากระบบพลังงานแอนแอโรบิก เมื่อร่างกายมีออกซิเจนไม่เพียงพอ จึงเกิดการสะสมในกล้ามเนื้อ เป็นสาเหตุของความเจ็บปวดเมื่อยล้า ส่งผลยับยั้งกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีหน่วยเป็น มิลลิโมลต่อเลือด 1 ลิตร (mmol)

อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) หมายถึง จำนวนครั้งในการสูบฉีดเลือดออกจากหัวใจ มีหน่วยเป็น ครั้งต่อนาที (bpm)

อัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน (Heart rate during competition) หมายถึง อัตราการเต้นของหัวใจที่เกิดขึ้นตามจริงตลอดระยะเวลาการแข่งขัน มีหน่วยเป็น ครั้งต่อนาที (bpm)

อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (Heart Rate at Anaerobic Threshold) หมายถึง อัตราการเต้นของหัวใจที่ระดับความหนักของการเกิดจุดเริ่มล้า เป็นตัวแปรที่ใช้ในการแสดงค่าจุดเริ่มล้า มีหน่วยเป็น ครั้งต่อนาที (bpm)

ปริมาณการใช้ออกซิเจน (Oxygen Uptake หรือ VO_2) หมายถึง ค่าของการใช้ออกซิเจนมาใช้ในกระบวนการการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย เนื่องมาจากการออกกำลังกาย

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Consumption) หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการนำออกซิเจนมาใช้ในกระบวนการเผาผลาญพลังงานในร่างกายได้สูงสุด มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (ml/kg/min)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นประโยชน์ให้ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬาและผู้ที่เกี่ยวข้อง นำผลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อม ที่เหมาะสมกับนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพิ่มเติม รวมถึงการทบทวนเอกสาร ตำราและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย มีหัวข้อสำคัญดังต่อไปนี้

1. การใช้พลังงาน (Energy expenditure)
   1.1. พลังงาน
   1.2. แหล่งที่มาของพลังงาน
   1.3. ระบบพลังงานภายในร่างกาย
   1.4. การวัดการใช้พลังงานของร่างกาย
2. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Consumption)
3. จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold)
   3.1. วิธีการทดสอบจุดเริ่มล้า
4. ปัจจัยที่สัมพันธ์กับความสามารถทางด้านความอดทน (Factor Related to Endurance Performance)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   5.1. งานวิจัยในประเทศ
   5.2. งานวิจัยต่างประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การใช้พลังงาน (Energy expenditure)

1.1 พลังงาน (Energy) หมายถึง ความสามารถในการทำงานหรือทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ พลังงานโดยทั่วไปมีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบสามารถทำให้เกิดพลังงานความความร้อนได้ ดังนั้น การวัดพลังงานจึงมีหน่วยเป็นแคลอรี (Calorie) ซึ่งหมายถึงพลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส เนื่องจากแคลอรีเป็นหน่วยที่เล็ก การวัดพลังงานจึงนิยมใช้หน่วยที่ใหญ่ขึ้น คือ กิโลแคลอรี (Kilocalorie) 1 Kcal = 1000 cal ซึ่งจำนวนแคลอรีที่ร่างกายต้องการขึ้นอยู่

กับหลายปัจจัย เช่น อัตราการเผาผลาญพื้นฐานของร่างกาย กิจกรรมทางกาย ปริมาณกล้ามเนื้อของหัวใจ เป็นต้น (ประดิษฐ์, 2546)

พลังงานที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อและการทำงานของร่างกาย มาจากการเผาผลาญสารอาหาร (คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน, ไขมัน) เปลี่ยนเป็นสารที่เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนพลังงาน นั้นคือ อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate , ATP) ซึ่งประกอบไปด้วย อะดีโนซีน และ หมู่ฟอสเฟต 3 หมู่

$$ATP \longrightarrow ADP + P + Energy$$

เอทีพี เป็นสารที่ให้พลังงานสูง เพราะในตัวของมันเองบรรจุพลังงานจำนวนมากไว้ในพันธะเคมีระหว่างหมู่ฟอสเฟต เนื่องด้วยเซลล์กล้ามเนื้อเก็บสะสม เอทีพี ไว้ได้จำกัด และด้วยความต้องการพลังงาน เพื่อใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อนั้นเกิดขึ้นตลอดเวลา กระบวนการสร้าง เอทีพี จึงเกิดภายในเซลล์

1.2 แหล่งที่มาของพลังงาน (สนธยา, 2555)

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่สุดของร่างกาย เนื่องจากการร่างกายจะนำมาใช้ในขณะทำกิจกรรมต่างๆ เป็นแหล่งแรก นอกจากนี้ คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานเพียงชนิดเดียวของสมองและระบบประสาท

อาหารตามธรรมชาติที่เรารับประทาน จะประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ที่มีโครงสร้างซับซ้อน ก่อนที่จะดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานนั้น ร่างกายจะย่อยให้กลายเป็นโมเลกุลขนาดเล็กลง เรียกว่า กลูโคส (Glucose)

ร่างกายไม่สามารถเก็บสะสมคาร์โบไฮเดรตในรูปกลูโคสได้ ดังนั้นกลูโคสที่เหลือใช้จะรวมตัวกันเป็น ไกลโคเจน (Glycogen) ซึ่งจะถูกเก็บสะสมไว้ภายในตับและในกล้ามเนื้อ เมื่อร่างกายต้องพลังงาน ไกลโคเจนเหล่านี้ก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกลูโคสอีกครั้งหนึ่ง โดยคาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงานประมาณ 4 กิโลแคลอรี และร่างกายสามารถเก็บสะสมพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตประมาณ 2000 กิโลแคลอรี ซึ่งสามารถใช้ในการออกกำลังกายได้ต่อเนื่องประมาณ 90 นาที ที่ระดับความหนัก 60-80% VO2max (Sherman, 1995) คาร์โบไฮเดรตจะถูกเผาผลาญในขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูง และเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับสารอาหารชนิดอื่นๆ

ไขมัน (Lipid) โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปไตรกลีเซอร์ไรด์ (Triglyceride) ในอาหารที่เรารับประทานและในร่างกาย ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมัน (Fatty Acid) 3 โมเลกุล รวมตัวกับกลีเซอรอล (Glycerol) 1 โมเลกุล

ไตรกลีเซอร์ไรด์เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานมากที่สุด โดย 1 กรัม จะให้พลังงานประมาณ 9 กิโลแคลอรี หรือให้พลังงานเป็น 2 เท่าของคาร์โบไฮเดรต การเก็บสะสมไตรกลีเซอร์ไรด์ในร่างกายขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น เพศ ขนาดร่างกาย เป็นต้น

เมื่อรับประทานอาหารที่มีไขมัน เช่น เนย น้ำมัน ไขมันสัตว์ ไตรกลีเซอร์ไรด์จะถูกย่อยให้เป็นกรดไขมันที่มีความยาวของห่วงโซ่ต่างกัน กรดไขมันที่มีความยาวของห่วงโซ่ขนาดสั้นและขนาดกลาง (Short – and Medium – Fatty acids) จะซึมเข้าสู้ผนังลำไส้เล็กแล้วเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิตโดยตรง ส่วนกรดไขมันที่มีความยาวของห่วงโซ่ขนาดยาว (Long – chain fatty acid) เมื่อซึมเข้าสู่ผนังลำไส้เล็กแล้ว จะรวมตัวกับกลีเซอรอลเป็นไตรกลีเซอร์ไรด์อีกครั้ง (Re-esterification) แล้วจึงรวมกับผลิตภัณฑ์อื่นๆที่ได้จากการย่อยไขมัน เป็นหยดไขมันเล็กๆ ก่อนที่จะหุ้มด้วยโปรตีน แล้วกลายเป็นไคโลไมครอน (Chylomicron) ซึ่งจะถูกขนส่งไปตามระบบน้ำเหลือง ก่อนที่จะเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต แล้วไปตามเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกาย ถ้าร่างกายต้องการพลังงาน ไคโลไมครอนและกรดไขมันที่มีความยาวของห่วงโซ่ขนาดสั้นและขนาดกลาง จะถูกย่อยโดยเอนไซม์ ไลโปโปรตีน ไลเปส (Lipoprotein lipase : LPL) ที่อยู่บริเวณผิวหนังของหลอดเลือดขนาดเล็กและหลอดเลือดฝอย หากร่างกายไม่ต้องการพลังงาน สารดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไตรกลีเซอร์ไรด์ เก็บสะสมในกล้ามเนื้อในรูปหยดไขมัน และเก็บรูปของเนื้อเยื่อไขมัน

ร้อยละ 80 ของโมเลกุลไตรกลีเซอร์ไรด์จะรวมกันอยู่ในรูปเนื้อเยื่อไขมัน เรียกว่า Adipose tissue ได้แก่บริเวณชั้นใต้ผิวหนัง (Subcutaneous fat) ภายในช่องท้องและอวัยวะภายใน (Visceral fat) และส่วนที่เหลือประมาณ 2% - 3% จะเก็บภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ (Intramuscular triglyceride) ในรูปหยดไขมัน (Lipid droplet) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งของการเกิดการเผาผลาญในไมโตครอนเดรียของกล้ามเนื้อ ซึ่งจะให้พลังงานประมาณ 2000 – 3000 กิโลแคลอรี และถูกนำมาใช้ในช่วงต้นของการออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลาง

โปรตีน (Protein) เป็นสารอาหารที่มีโครงสร้างซับซ้อน ประกอบด้วยห่วงโซ่ของโมเลกุลเล็กๆ ที่เรียกว่า กรดอะมิโน (Amino acid) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ โปรตีนมีหน้าที่สำคัญในการซ่อมแซมเนื้อเยื่อและเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยปกติร่างกายจะไม่นำโปรตีนมาใช้เป็นแหล่งพลังงานยกเว้นในบางกรณี เช่น การอดอาหาร หรือการออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางเป็นเวลานาน โดยโปรตีน 1 กรัมจะให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี โปรตีนจากอาหารที่รับประทาน จะถูกย่อยเป็นเป็นกรดอะมิโนและดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิต ก่อนจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการเผาผลาญเพื่อให้พลังงาน โดยปกติร่างกายจะไม่สามารถเก็บสะสมโปรตีนไว้ได้ การรับประทานโปรตีนมากไป จะทำให้เกิดอันตรายต่อตับและไต

1.3 ระบบพลังงานภายในร่างกาย (William D. McArdle, Katch, & Katch, 2011; NSCA, 2008; Plowman & Smith, 2013)

การที่ร่างกายสามารถเคลื่อนไหวหรือทำกิจกรรมต่างๆได้ รวมถึงการออกกำลังกาย การฝึกซ้อมและการแข่งขันกีฬานั้นต้องอาศัยพลังงานจากการเผาผลาญอาหาร โดยจะถูกเปลี่ยนเป็นสารซึ่งให้พลังงาน คือ Adenosine triphosphate (ATP) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง และพลังงานนั้นจะแสดงออกมาในรูปแบบต่างๆ เช่น กำลัง ความแข็งแรง ความอดทน ดังนั้นผู้ฝึกสอนที่มีความรู้เกี่ยวกับการใช้พลังงานในกีฬาแต่ละประเภทจะทำให้การฝึกซ้อมและการแข่งขันมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การใช้พลังงานในร่างกายที่ใช้ในการออกกำลังกาย จะแบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ ได้แก่ กระบวนการเผาผลาญพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Metabolism) ซึ่งไม่ต้องการออกซิเจนในกระบวนการเผาผลาญ ส่วนกระบวนการเผาผลาญแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Metabolism) จะต้องออกซิเจนในการเผาผลาญพลังงาน

1.3.1 ระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic System)

- ระบบพลังงานเอทีพี-ซีพี หรือ ระบบฟอสฟาเจน (ATP-PC or Phosphagens System) ให้พลังงานเอทีพี ในการออกกำลังกายหรือแข่งขันกีฬาที่ต้องใช้ความหนักสูงในระยะเวลาสั้นๆ เช่น การวิ่ง 100 เมตร การว่ายน้ำระยะสั้น การเสิร์ฟลูกเทนนิส หรือการยกน้ำหนัก และเป็นระบบพลังงานเริ่มต้นในทุกการออกกำลังกายไม่ว่าจะมีความหนักใด ซึ่งต้องการใช้พลังงานในทันทีทันใด ร่างกายจะใช้พลังงานจาก ATP ที่สะสมอยู่ภายในกล้ามเนื้อ และการสร้างขึ้นใหม่จาก CP ที่อยู่ภายในกล้ามเนื้อ แต่สามารถใช้ในการออกกำลังกายอย่างหนักได้เพียงไม่เกิน 10 วินาทีเท่านั้น แต่มีข้อดีคือร่างกายสามารถนำมาใช้ได้ทันที รวดเร็ว นอกจากนี้ระบบพลังงานนี้ยังเป็นระบบพลังงานเริ่มต้นในการทำกิจกรรมอื่นๆ อีกด้วย

ในกล้ามเนื้อ 1 กิโลกรัมจะมี ATP สะสมอยู่ประมาณ 3-8 มิลลิโมล และ PC ประมาณ 4-5 เท่าของปริมาณ ATP โดยคนที่มีน้ำหนัก 70 กิโลกรัม มีน้ำหนักกล้ามเนื้อ 30 กิโลกรัมจะมีปริมาณสารเหล่านี้ ประมาณ 570 และ 690 มิลลิโมลตามลำดับ หากสันนิษฐานว่า 20 กิโลกรัมของกล้ามเนื้อจะเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ATP และ PC ที่สะสมอยู่นั้นจะสามารถให้พลังงานสำหรับการเดิน ได้ 1 นาที วิ่งเร็วระยะสั้นประมาณ 5-8 วินาที ซึ่งปริมาณสารให้พลังงานเหล่าจะหมดไปโดยสมบูรณ์ประมาณ 20-30 วินาทีของการออกกำลังกาย จากสถิติโลก 9.58 วินาที ปี 2009 และสถิติโอลิมปิก 9.63 วินาที ปี 2012 จากการวิ่ง 100 เมตร ของยูเซน โบล (Usain Bolt) นักวิ่งนั้นไม่สามารถรักษาความเร็วสูงสุดไว้ได้ตลอดการวิ่ง เมื่อใกล้จะถึงเส้นชัยความเร็วจะค่อยๆลดลง ผู้ชนะนั้นจะเป็นผู้ที่ความเร็วในการวิ่งลดลงช้าที่สุด

- ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก หรือ ระบบแลคติก (Anaerobic or Lactic System) แหล่งพลังงานของระบบพลังงานนี้จะมาจากการสลายไกลโคเจน (Glycogen) และตามด้วยการสลายกลูโคสให้เป็นพลังงานจากกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) ซึ่งเกิดใน ไซโทพลาซึม (Cytoplasm) ภายในเซลล์ ระบบพลังงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อออกกำลังกายที่ความหนักระดับที่ออกซิเจนไม่เพียงพอ ซึ่งเกี่ยวข้องการออกกำลังกายหรือกิจกรรมต่างๆที่มีระยะเวลาประมาณ 10 วินาที ถึง 2 นาที จึงจะสามารถสร้างพลังงานได้อย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการไกลโคไลซิสในระบบพลังงานนี้จะทำให้เกิดกรดแลคติก (Lactic acid)

เมื่อเกิดกรดแลคติกมากขึ้นภายในกล้ามเนื้อ มากเกินกว่าร่างกายจะกำจัดออกไปได้ จะเกิดการรบกวนการทำงานของร่างกายในการออกกำลังกายหรือการแข่งขันกีฬา โดยเฉพาะระบบกล้ามเนื้อนั้นหมายถึง การแสดงศักยภาพของนักกีฬาในขณะแข่งขันจะลดลง

1.3.2 ระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic System)

เป็นระบบพลังงานหลักในการสร้างเอทีพี ในขณะพัก และ ระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักเบา เป็นระยะเวลานาน 2-3 นาทีขึ้นไป โดยการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต และไขมัน ในขณะพักจะใช้พลังงานจากไขมันประมาณ 70 % และจากคาร์โบไฮเดรตประมาณ 30 % เมื่อมีกิจกรรมเกิดขึ้น อย่างเช่น ความหนักในการออกกำลังกายมากขึ้น ร่างกายก็จะเปลี่ยนไปใช้คาร์โบไฮเดรตมากสร้างเป็นพลังงานมากขึ้น

การใช้ออกซิเจนของร่างกายเริ่มคงที่ (Steady State) นั้นคือเกิดความสมดุลระหว่างความต้องการพลังงานของร่างกายกับอัตราการผลิตพลังงาน ATP จากระบบพลังงานแบบแอโรบิก ร่างกายจะเริ่มใช้ออกซิเจนในกระบวนการไกลโคไลซิส กรดแลคติกที่เกิดขึ้นบางส่วนจะถูกออกซิไดซ์หรือถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคสในตับ, ไต,กล้ามเนื้อ ซึ่งจะไม่เกิดการสะสมกรดแลคติกภายในช่วง Steady State นี้

1.4 การวัดการใช้พลังงานของร่างกาย

1.4.1 การวัดความร้อนแบบทางตรง (Direct Calorimetry) เป็นการวัดปริมาณความร้อนที่ร่างกายผลิตขึ้น โดยผู้ทดลองจะเข้าไปอยู่ในห้องที่เรียกว่า Metabolic Chamber เป็นช่วงระยะเวลาหนึ่ง และจะทำการวัดความร้อนที่เกิดขึ้นที่เครื่องวัดอุณหภูมิ ความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะทำกิจกรรมต่างๆ จะทำให้ท่อน้ำที่อยู่รอบๆ ห้องมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งจะสะท้อนถึงการใช้พลังงานของร่างกาย

1.4.2 การวัดความร้อนแบบทางอ้อม (Indirect Calorimetry) เป็นการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ขับออกมาและปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ร่างกายใช้ขณะ

หายใจ (VCO_2: VO_2) โดยกิจกรรมที่ทำอาจจะเป็นอยู่ในขณะพัก เดิน วิ่ง หรือปั่นจักรยานวัดงานก็ได้ ซึ่งปริมาณของออกซิเจนที่ใช้ไปจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพลังงานที่ปล่อยออกมาเป็นความร้อน

อัตราส่วนระหว่าง VCO_2 และ VO_2 เรียกว่าอัตราส่วนการแลกเปลี่ยนการหายใจ (Respiratory exchange ratio) หรือ RER ซึ่งสามารถมาคำนวณอัตราการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรตได้ดังนี้ (Frayn, 1983) (William D. McArdle et al., 2011)

การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (g/min) = 4.55 x VCO2 – 3.21 x VO2 – 2.87 x n

การเผาผลาญไขมัน (g/min) = 1.67 x VO2 – 1.67 x VCO2 – 1.92 x n

โดยกำหนดโปรตีน (n) = 0

การวัดพลังงานแบบไม่วัดความร้อน (Non-calorimetric Method) เป็นวิธีวัดจากการประมาณค่าพลังงานที่ร่างกายใช้ ด้วยข้อมูลที่สัมพันธ์กับค่าการใช้พลังงานจากวิธีการวัดพลังงานแบบทางอ้อม เช่น การวัดด้วยการใช้ความสัมพันธ์ของเส้นตรงระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจและปริมาณการใช้ออกซิเจน (HR-VO_2 regression line) (Christensen, Frey, Foenstelien, Aadland, & Refsum, 1983) หรือใช้เครื่องตรวจวัดการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Accelerometers) ขณะทำกิจกรรมต่างๆ การวัดพลังงานความร้อนเป็นวิธีที่แพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีการวัดที่มีความผิดพลาดน้อย แตกต่างจากการวัดพลังงานความร้อนทางตรงไม่เกิน 10% นอกจากนี้ยังสามารถวัดได้ง่ายกว่า สะดวกกว่า และที่สำคัญยังมีต้นทุนน้อยกว่าการวัดพลังงานความร้อนแบบทางตรง (นิพนธ์, 2551) จากข้อได้เปรียบดังกล่าวทำให้มีการนำวิธีการวัดพลังงานความร้อนทางอ้อม มาใช้ในการศึกษาการใช้พลังงานทางด้านการออกกำลังกายและการกีฬามากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Consumption)

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด คือ ปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถใช้ได้ต่อ 1 หน่วยเวลา ขณะที่ร่างกายออกกำลังกายระดับสูงสุด เคลื่อนไหวร่างกายโดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ และเป็นตัวชี้วัดถึงปริมาณสูงสุดของระบบพลังงานแบบแอโรบิกในการสร้างเอทีพี ใช้คำย่อว่า (VO_2MAX) หากออกกำลังกายที่ระดับสูงกว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน ร่างกายจะเปลี่ยนไปใช้พลังงานจากระบบพลังงานแบบแอนโรบิกเป็นหลัก (William D. McArdle et al., 2011) ซึ่งความสามารถนี้ก็จะแตกต่างกันไปในนักกีฬาแต่ละคน สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนนั้นสามารถเรียกได้หลายชื่อ อาทิเช่น Maximal Oxygen Consumption, maximal oxygen uptake, maximal aerobic power, aerobic capacity การแสดงค่าสมรรถภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน สามารถแสดงเป็นค่าที่สัมพันธ์

กับน้ำหนักตัวคือ หน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (ml/kg/min) หรือค่าสัมบูรณ์ คือ ลิตรต่อนาที (L/min) (ACSM, 2013)

ค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดนั้นเกี่ยวข้องกับปริมาณเลือดสูงสุดที่ออกจากหัวใจต่อนาที (Cardiac Output) ในขณะพักร่างกายของคนที่มีระดับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ปกติ เลือดในหลอดเลือดแดง 1 ลิตรจะจับออกซิเจนได้ประมาณ 200 มิลลิลิตร ถ้าปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาทีเท่ากับ 5 ลิตรต่อนาที ร่างกายจะได้รับออกซิเจน 1000 มิลลิลิตร แต่ทว่าค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะพักเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 250 มิลลิลิตรต่อนาที ดังนั้นออกซิเจนปริมาณ 750 มิลลิลิตร ก็ยังคงหมุนเวียนอยู่ในระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต ซึ่งจะเป็นการสำรองออกซิเจนไว้เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการที่จะสามารถนำมาใช้ได้ทันทีเมื่อระบบพลังงานมีความต้องการในการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (สนธยา, 2555)

ค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2Max) แสดงถึงปริมาณการสร้าง ATP สูงสุดของระบบพลังงานแบบแอโรบิก ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญที่บ่งบอกถึงคนๆหนึ่งสามารถรักษาระดับความหนักในการออกกำลังกายในเวลามากกว่า 4-5 นาทีได้ดีเพียงใด การมีค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่สูงนั้นเป็นการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่ผสมผสานกันหลากหลายระบบ ได้แก่ การระบายอากาศของระบบหายใจ, ปริมาณฮีโมโกลบิน, ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาที, การไหลเวียนเลือดส่วนปลาย และกระบวนการเผาผลาญระดับเซลล์ (W.D. McArdle et al., 2014)

3. จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold)

จุดเริ่มล้าคือจุดที่เริ่มมีการสะสมระดับการเกิดกรดแลคติกในเลือดประมาณ 4 มิลลิโมลต่อเลือด 1 ลิตร เกิดจากการเปลี่ยนจากการใช้พลังงานแบบแอโรบิกมาเป็นระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก จุดนี้มีอิทธิพลต่อการทำงานของร่างกาย ทำให้มีขีดจำกัดในการใช้พลังงานแบบออกซิเจน อาจเรียกอีกอย่างว่า “Onset of blood lactate accumulation (OBLA) โดยจุดเริ่มล้าที่พบอยู่ในระดับการทำงานประมาณ 80-90 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001; Sleamaker & Browning, 1996) ดังนั้นเมื่อร่างกายเกิดจุดเริ่มล้าขึ้นจะทำให้เกิดผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานของร่างกาย ในระบบต่างๆ แต่ถ้ามีระบบหายใจและไหลเวียนโลหิตที่แข็งแรง ใช้ออกซิเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้ร่างกายเกิดจุดเริ่มล้าช้าลงได้

โพลว์แมน และสมิธ (Plowman & Smith, 2013) ได้เสนอว่าจุดเริ่มล้ามีผลมาจากความหนักในการออกกำลังกาย ที่ได้รับอิทธิพลจากความสามารถหรือความหนักของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งเมื่อมีการสะสมของปริมาณของกรดแลคติกในร่างกายนั้น จะส่งผลต่ออัตราการระบายอากาศ (Minute Ventilation) และจะเกิดการเสียสมดุลของกระบวนการบริโภคออกซิเจน

การเริ่มต้นของการสะสมกรดแลคติกที่มีผลมาจากการเผาผลาญพลังงานในระบบแอนแอโรบิกนั้นจัดว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลให้ระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต มีประสิทธิภาพในการนำส่งก๊าซออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อ และทำให้อัตราการระบายอากาศเสียสมดุล ส่งผลต่อการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย

สนธยา สีละมาด (สนธยา, 2555) ได้กล่าวว่าจุดเริ่มล้าเป็นตำแหน่งที่กรดแลกติค เริ่มมีการสะสมในกล้ามเนื้อซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 85-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดหรือเป็นเปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬาขณะแข่งขัน เป็นความหนักในระดับเหนื่อยแต่ทนได้ เมื่อระยะทางเท่ากันนักวิ่งมาราธอนและนักจักรยานชั้นนำจะสามารถรักษาระดับไว้ได้ที่ 80-90% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ขณะที่นักกีฬาทั่วไปจะสามารถรักษาระดับไว้ได้ที่ 70-75% ของสมรรถภพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และที่ความหนักที่สูงกว่าจุดเริ่มล้า กล้ามเนื้อจะเริ่มผลิดกรดแลกติกซึ่งจะรบกวนกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อ

สามารถสรุปทฤษฎี แนวคิดเกี่ยวกับจุดเริ่มล้าได้ดังนี้

1. จุดเริ่มล้าเกิดจากภาวะร่างกายมีการสะสมกรดแลคติกในปริมาณ 4 มิลลิโมลต่อลิตร หลังจากภาวะนี้ร่างกายจะเกิดการสะสมกรดแลคติก อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลรบกวนการทำงานของร่างกาย
2. ระดับความหนักของการออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ หากความหนักของงานเพิ่มขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน พร้อมกับระบบการใช้พลังงานจากออกซิเจนจะเริ่มลดลง
3. เมื่อร่างกายเกิดจุดเริ่มล้า มีผลทำให้สมรรถภาพการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตลดลง
4. การเกิดจุดเริ่มล้า คือ การที่ร่างกายเปลี่ยนการใช้พลังงานจากระบบพลังงานใช้ออกซิเจนไปสู่ระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจน

Chulalongkorn University

3.1 วิธีการทดสอบจุดเริ่มล้า

จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) หมายถึงระดับความหนักของการออกกำลังกาย หรือการใช้ออกซิเจน ซึ่งร่างกายมีการเพิ่มการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic System) ทำให้เกิดกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นในเลือด ดังนั้นจึงมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณของการใช้ออกซิเจนที่ไม่เพียงพอสำหรับความต้องการของกล้ามเนื้อที่ถูกใช้งาน (Hollmann, 1985)

3.1.1 กระบวนการวัดทางตรง (Invasive)

- การเจาะเลือด เพื่อวัดระดับของกรดแลคติกในเลือดในขณะที่มีการออกกำลังกายและมีความหนักเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดประมาณ 4 มิลลิโมลต่อเลือด 1 ลิตร จัดว่าอยู่ในระดับการเกิดจุดเริ่มล้า (Wasserman, 1985) กระบวนการวัดทางตรงต้องดำเนินการโดยผู้ที่มีความชำนาญในการวัด เป็นกระบวนการที่ต้องใช้สารเคมีมาผสมในการทดสอบ ต้องควบคุมคุณสมบัติของสารเคมีเสมอ เพื่อไม่ให้ผลการทดสอบระดับกรดแลคติกในตัวอย่างเลือดผิดพลาด ทำให้เกิดความยุ่งยาก และยังทำให้เกิดความเจ็บปวดและส่งผลต่อสภาพจิตใจของผู้เข้ารับการทดสอบได้ แต่ข้อดีคือ ได้ผลการทดสอบระดับกรดแลคติกที่ได้มีความแม่นยำสูงและน่าเชื่อถือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ เช่น เครื่องวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด (อนุรัติ, 2539)

3.1.2 กระบวนการวัดทางอ้อม (Non-Invasive)

- การวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนก๊าซ (Gas Analysis)เมื่อร่างกายมีกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้น ก็จะมีการเพิ่มอัตราการหายใจ กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นจะถูกบัฟเฟอร์โดยไบคาร์บอเนตในเลือด (Wasserman, 1985) คาร์บอนไดออกไซด์ก็จะถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตพลังงานในปริมาณที่สูง จากการที่มีปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ค่า pH ในเลือดลดลง ทำให้อัตราการหายใจออกเพื่อขับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมานั้น เพิ่มมากขึ้นไปด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของก๊าซในการหายใจออก (VE) ที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความหนักของการออกกำลังกายเปลี่ยนแปลงไปโดยเพิ่มสูงขึ้นอย่างทันทีทันใดและไม่เป็นสัดส่วนตรง จุดนี้เรียกว่า จุดเริ่มล้า นอกจากนี้ยังมีอีกวิธีหนึ่งเรียกว่า วิธีแบบวีสโลป (V-Slope Method) พิจารณาจากความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณออกซิเจน จุดที่มีการเปลี่ยนแปลง ที่เรียกว่าจุดเริ่มล้า คือ จุดที่ความหนักของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น แล้วความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณออกซิเจนก็จะเปลี่ยนแปลงและเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นสัดส่วนเส้นตรง (Beaver, Wasserman, & Whipp, 1986)

- วิธีการทดสอบของคอนโคนี (Conconi Test) วิธีการทดสอบหาค่าจุดเริ่มล้าโดยวิธีของคอนโคนี (Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti, & Codeca, 1982) คือให้นักกีฬาออกกำลังที่ความหนักระดับหนึ่งแล้วบันทึกความหนักของการออกกำลังกายและอัตราการเต้นหัวใจที่แสดงถึงการตอบสนองต่อความหนักนั้นๆ นำค่าอัตราการเต้นของหัวใจและความหนักของการออกกำลังกายที่บันทึกได้มาวิเคราะห์คำนวณหาความสัมพันธ์เพื่อหาจุดหักเหของกราฟ จุดหักเหของกราฟจะแสดงถึงจุดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจและความหนักในการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในขณะที่ร่างกายมีการเผาผลาญพลังงานแบบใช้ออกซิเจนเป็นหลักนั้น อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นและแปรผันเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนักของการออกกำลังกาย เมื่อความหนักของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นระดับหนึ่ง จะเกิดการสะสมกรดแลคติกมากขึ้น

เกินกว่าที่ร่างกายสลายได้ทัน เมื่อปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ ร่างกายจึงเปลี่ยนจากการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนมาเป็นการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นสัดส่วนเส้นตรงกับความหนักของการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดจุดหักเหดังกล่าว ก็คือ จุดเริ่มล้า (Janssen, 1987)

4. ปัจจัยที่สัมพันธ์กับความสามารถทางด้านความอดทน (Factor Related to Endurance Performance) (สนธยา, 2555)

4.1 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Consumption) เป็นค่าของปริมาณออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร) ที่ร่างกายสามารถใช้ใน 1 นาที ต่อน้ำหนักตัวร่างกาย 1 กิโลกรัม ขณะออกกำลังกายที่ระดับสูงสุด ซึ่งจะมีความแตกต่างระหว่างนักกีฬาแต่ละคนในแต่ละชนิดกีฬา อย่างไรก็ตาม ถึงแม้สมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อนักกีฬาที่ใช้ความอดทนของร่างกายสูง แต่ก็ยังไม่ใช่ปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุด จากการศึกษาของ อะซีวีโดและโกลด์ฟาร์บ (Acevedo & Goldfarb, 1989) พบว่า นักกีฬาสามารถพัฒนาความอดทนขึ้นได้โดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และมีการลดลงของแลคเตทในกระแสเลือดอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงมีปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาความอดทนซึ่งมีความสำคัญมากกว่า ก็คือ จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold)

4.2 จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) เป็นตำแหน่งที่กรดแลคติกเริ่มมีการสะสมในกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 85-90 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เมื่อร่างกายทำงานที่ความหนักสูงกว่าจุดเริ่มล้า กล้ามเนื้อจะเริ่มผลิตกรดแลคติกซึ่งจะรบกวนการทำงานของกล้ามเนื้อ จากการศึกษานักวิ่งมาราธอนที่มีชื่อเสียงมากที่สุดของโลก ดีเร็ค เคลย์ตัน เจ้าของสถิติโลก ค.ศ. 1960 – 1970 พบว่า ดีเร็คมีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่ำกว่าคู่แข่งส่วนใหญ่ แต่มีจุดเริ่มล้าสูงกว่าคู่แข่งคนอื่นๆ จำทำให้เขาเป็นผู้ชนะในการแข่งขัน แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของจุดเริ่มล้าที่มีต่อความสามารถทางด้านความอดทนของนักกีฬา (สนธยา, 2555)

4.3 ความทนทานต่อความเมื่อยล้า (Fatique resistance) เป็นความสามารถของนักกีฬาที่จะรักษาระดับความเร็วไว้ได้เป็นระยะเวลานานขณะออกกำลังกายประเภทอดทน ซึ่งความทนทานต่อความเมื่อยล้าจะได้รับการพัฒนาเป็นอย่างมากจากกการฝึกซ้อมความอดทนที่ใช้เวลานาน ความหนักต่ำ เช่น การวิ่งที่ใช้ความเร็วต่ำระยะทางไกล จะทำให้นักกีฬามีความทนทานต่อความเมื่อยล้าเพิ่มขึ้น

4.4 ประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว (Economy of motion) เป็นปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนเพื่อรักษาระดับความหนักของการทำงาน นักกีฬาที่มีทักษะและเทคนิคที่ดีจะสามารถใช้

พลังงานเพื่อรักษาประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวน้อยกว่า ดังนั้นการพัฒนาทักษะและเทคนิคให้ถูกต้องจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวของนักกีฬาให้สูงขึ้นขณะที่ใช้พลังงานลดลง

4.5 การใช้พลังงาน (Energy Expenditure) เมื่อออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูง การสร้างพลังงานจะมาจากคาร์โบไฮเดรตมากกว่าไขมัน แต่สำหรับนักกีฬาที่ผ่านการฝึกซ้อมมาอย่างดี ขณะแข่งขันจะสามารถใช้ไขมันเป็นต้นตอการสร้างพลังงานได้มากกว่านักกีฬาที่ฝึกซ้อมน้อยกว่า จากการศึกษาของ Rodas และคณะ ได้ทำการประเมินการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) และไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) ของกลุ่มตัวอย่างเพศชาย หลังจากผ่านโปรแกรมการฝึก 2 สัปดาห์ ด้วยการฝึกซ้อมหนักสลับเบาที่มีความหนักสูงทุกวัน ประกอบด้วยช่วงการฝึกหนัก 2 เที่ยว เที่ยวละ 15 วินาที สลับด้วยช่วงการพัก 45 วินาทีและตามด้วยช่วงการฝึกหนัก 2 เที่ยว เที่ยวละ 30 วินาที สลับด้วยช่วงการพัก 12 นาที และจะเพิ่มงานขึ้นทุกๆ 2 ครั้งของการฝึก การฝึกซ้อม 3 ครั้งสุดท้ายประกอบด้วยช่วงการฝึกหนัก 7 เที่ยว เที่ยวละ 15 วินาที และช่วงการฝึกหนัก 7 เที่ยว เที่ยวละ 30 วินาที พบว่าโปรแกรมการฝึกซ้อมแบบหนักสลับเบาที่มีความหนักสูง สามารถเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบใช้ออกซิเจน (Oxidative Enzyme Activity) ภายในกล้ามเนื้อได้ โดยมีการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2MAX) จาก 57 เป็น 64 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และมีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทำงานของ Citrate Synthase 38% และ 3-hydroxyacyl-CoA Dehydrogenate 60% ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าวอาจจะเพิ่มอัตราการเผาผลาญไขมันและลดลงของการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรต จะลดความเป็นกรดภายในกล้ามเนื้อที่เกิดจากกรดแลคติก ฉะนั้นจึงสามารถปรับปรุงความสามารถทางด้านความอดทนของนักกีฬาได้ (Rodas, Ventura, Cadefau, Cussó, & Parra, 2000)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

ถนอมศักดิ์ เสนาคำ (ถนอมศักดิ์, 2541) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานขณะแข่งขันเซปักตะกร้อในนักกีฬาหญิงทีมชาติไทย จำนวน 15 คน โดยสวมเครื่องวัดอัตราการแต้นของหัวใจแบบไร้สาย บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน และหลังจากนั้นทำการทดสอบหาค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจกับการใช้ออกซิเจน (HR-VO_2 regression line) และนำไปคำนวณการใช้พลังงานขณะแข่งขัน จากการวิจัยนี้พบว่า การใช้พลังงานในขณะแข่งขันกีฬาเซปักตะกร้อคือ พลังงานระบบแอนแอโรบิก

25% (Anaerobic System; LA) พลังงานระบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก 43% (Anaerobic and Aerobic System; LA-O_2) และพลังงานระบบแอโรบิก 32% (Aerobic System; O_2)

กิตตินนท์ จรูญศรีสวัสดิ์ (กิตตินนท์, 2550) ทำการศึกษาวิจัยในเรื่อง “ผลการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มีต่อจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 4 คน โดยทำการเปรียบผลก่อนและหลังเข้ารับการฝึกโปรแกรมจุดเริ่มล้า จากผลการวิจัยพบว่า หลังทำการฝึก 6 สัปดาห์ อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้ามีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้ามีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งสรุปได้ว่าโปรแกรมการฝึกนี้สามารถพัฒนาจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย

ปรียาภรณ์ กุลศิริรัตน์ (ปรียาภรณ์, พันธ์วิรา, & ถนอมศักดิ์, 2551) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานของนักกีฬาเนตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเนตบอลชุดชิงชนะเลิศเนตบอลเยาวชนแห่งเอเชีย ณ ประเทศอินเดีย จำนวน 12 คน ทำการทดสอบค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และทำการจัดการแข่งขันโดยสวมเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน จากนั้นจึงนำมาเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจกับการใช้ออกซิเจนที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะได้สมการเชิงถดถอยของนักกีฬาแต่ละคน และนำไปคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานขณะแข่งขัน ผลการวิจัยพบว่า นักกีฬาเนตบอลมีอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขันเฉลี่ย 151 ครั้งต่อนาที ความสามารถในการใช้ออกซิเจนเฉลี่ย 22.16 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อนาที เทียบได้ 65 % ของความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนเฉลี่ย 34.32 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อนาที อัตราการใช้พลังงานตลอดเกมการแข่งขันเฉลี่ย 407 กิโลแคลอรี่ และระบบพลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขันคือ พลังงานระบบแอนแอโรบิก 18% พลังงานระบบพลังงานแอนแอโรบิก-แอโรบิก 60% และพลังงานระบบแอโรบิก 22%

ทิพย์ธาอร เหลืองบริบูรณ์ (ทิพย์ธาอร, 2552) ศึกษาการใช้พลังงานในขณะแข่งขันของนักกีฬามวยสากลสมัครเล่นหญิงทีมชาติไทยและรูปแบบของการชก ได้แก่ รูปแบบรุก รูปแบบรับ และรูปแบบผสมผสาน ที่มีต่อการใช้พลังงานในขณะแข่งขัน กลุ่มตัวอย่างคือนักกีฬามวยสากลสมัครเล่นหญิงทีมชาติไทยที่เตรียมเข้าร่วมการแข่งขันกีฬาเอเชี่ยนเกมส์ในปี พ.ศ.2553 ที่ประเทศจีน จำนวน 10 คน ทำการทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย อัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพัก สมรรถภาพทางกาย และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จากนั้นจึงจัดจำลองโปรแกรมการแข่งขันมวยสากลสมัครเล่น 3 ครั้ง บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน โดยใช้โพลาร์ทีม แล้วนำข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจจากการแข่งขันมาเปรียบเทียบกับสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ

กับการใช้ออกซิเจนที่ได้จากการทดสอบในห้องทดลอง เมื่อได้สมการถดถอยเชิงเส้นในแต่ละคน และนำไปคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานในขณะแข่งขัน เปรียบเทียบความแตกต่างของการใช้พลังงานในแต่ละรูปแบบของการชก พบว่า นักกีฬามวยสากลสมัครเล่นหญิงทีมชาติไทย มีระบบพลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขันโดยรวม คือ ระบบพลังงานแอนแอโรบิก 37% ระบบพลังงานแอนแอโรบิก – แอโรบิก 38% และระบบพลังงานแอโรบิก 25%

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Spurr และคณะ (Spurr et al., 1988) ศึกษาเกี่ยวกับอัตราการใช้พลังงานต่อวันและการใช้พลังงานในแต่ละกิจกรรม ใช้กลุ่มตัวอย่าง 22 คน ทำการวิจัยโดยใช้วิธีการวัดจากเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจเปรียบเทียบกับการวัดการใช้พลังงานแบบทางอ้อม (Whole body Calorimeter) โดยกลุ่มตัวอย่างติดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจและทำกิจกรรม 4 แบบในห้องวัดการใช้พลังงาน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่าง 2 วิธีการวัดการใช้พลังงานทั้งในการใช้พลังงานต่อวันและการใช้พลังงานในแต่ละกิจกรรม ซึ่งวิธีการใช้อัตราการเต้นของหัวใจสามารถใช้ได้ในหลากหลายรูปแบบกิจกรรม ราคาไม่แพงและสามารถเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการใช้พลังงานได้

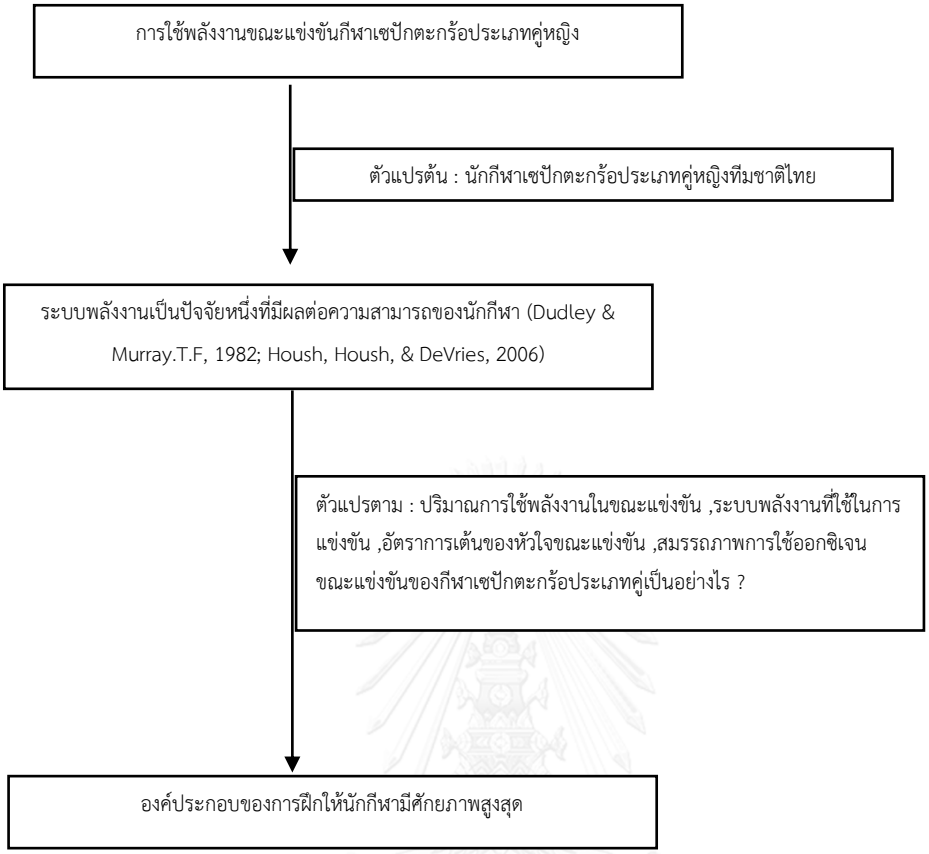
Ismail และคณะ (Ismail, Wan-Nudri, & Zawiah, 1997) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาพลังงานที่สามารถพยากรณ์คุณสมบัติที่ต้องการคัดเลือกนักกีฬาระดับนานาชาติ โดยทำการศึกษาในนักกีฬาชายจำนวน 84 คน 9 ชนิดกีฬา และนักกีฬาหญิง 24 คน 4 ชนิดกีฬา ทำการประเมินปัจจัยต่างๆ เช่น โครงสร้างทางร่างกาย พลังงานที่ใช้ตลอดทั้งวัน มวลร่างกาย เป็นต้น จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า การใช้พลังงานพื้นฐานที่ต้องการโดยประมาณสำหรับกีฬาชนิดต่างๆ ในนักกีฬาผู้ชายอยู่ที่ 44-45 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม/วัน และในนักกีฬาผู้หญิงอยู่ระหว่าง 38-50 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม/วัน

Blanksby และคณะ (Blanksby & Reidy, 1988) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการเต้นของหัวใจและการประเมินการใช้พลังงานขณะเต้นรำจากการแข่งขันเต้นรำแบบร่วมสมัยและแบบละตินอเมริกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเต้นรำจำนวน 10 คน ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะเต้นรำ และวัดความสัมพันธ์ของออกซิเจนที่ได้รับกับอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่เดินบนลู่กล จากผลการศึกษาครั้งนี้ สามารถประเมินค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนได้ดังนี้ ในผู้ชาย การเต้นรำแบบร่วมสมัยและแบบละตินอเมริกัน มีค่า 42.8 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที และ 42.8 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ ในผู้หญิงการเต้นรำแบบร่วมสมัยและแบบละตินอเมริกัน มีค่า 34.7 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที และ 36.1 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ และปริมาณการใช้พลังงานในขณะเต้นรำ ในผู้ชาย การเต้นรำแบบร่วมสมัยและแบบละตินอเมริกัน มีค่า 54 กิโลจูล/นาทีและ 54 กิโลจูล/นาที ตามลำดับ ในผู้หญิงการเต้นรำแบบร่วมสมัยและแบบละตินอเมริกันมีค่า 34.7 กิโลจูล/นาที และ 36.1 กิโลจูล/นาที ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Novas และคณะ (Novas, Rowbottom, & Jenkins, 2003) ได้ศึกษาเรื่อง “วิธีการประเมินการใช้พลังงานระหว่างการเล่นเทนนิส” มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการประเมินการใช้พลังงานระหว่างการเล่นเทนนิส กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเทนนิสหญิง 24 คน เริ่มจากทำการทดสอบ Tennis-Specific graded test ที่ระดับความหนัก 5 ระดับที่แตกต่างกัน โดยทำการวัดปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) และอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ตลอดการทดสอบ และทำการบันทึก อัตราการรับรู้ความหนัก (RPE) ช่วงสิ้นสุดในแต่ละความหนักของการทดสอบ อัตราการใช้พลังงาน (EE_{VO2}) ระหว่างการทดสอบคำนวณโดยใช้ผลบวกของปริมาณการใช้ออกซิเจนระหว่างการทดสอบและ O_2 debt ระหว่างการพัก หารด้วยระยะเวลาของกิจกรรม พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้พลังงาน (EE_{VO2}) และอัตราการรับรู้ความหนัก (RPE) , อัตราการใช้พลังงาน (EE_{VO2}) และอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) อย่างมีนัยสำคัญ ($r>0.89$ & $r>0.93$; $p<0.05$) ในช่วงที่สอง นักกีฬา 6 คนจะทำการเล่นเทนนิส 60 นาทีขณะที่ทำการบันทึก ปริมาณการใช้ออกซิเจน(VO_2) อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) และอัตราการรับรู้ความหนัก (RPE) ไปตลอดทั้งเกม; อัตราการใช้พลังงาน (EE_{VO2}) นำไปเทียบกับการใช้พลังงานที่ทำนายไว้จาก RPE และ HR regression equations ที่ได้มาก่อนหน้านี้ จากการวิเคราะห์พบว่าอัตราการใช้พลังงาน (EE_{VO2}) ที่ได้จาก EE_{RPE} (92_+76 kJ.h -1) และ EE_{HR} (435+678 kJ.h-1) มีค่าการประเมินที่สูงกว่า แต่ข้อผิดพลาดจากการประเมินของ EE_{RPE} ($t=-3.01$; $p=0.03$) น้อยกว่า 5 % แต่ใน EE_{HR} ผิดพลาดถึง 20.7% จากผลการวิจัยจึงแสดงให้เห็นว่า อัตราการรับรู้ความหนัก(RPE) สามารถใช้ในการประเมินการใช้พลังงานในการเล่นเทนนิสได้

Crisafulli และคณะ (Crisafulli et al., 2009) ศึกษาเกี่ยวกับ “การตอบสนองทางสรีรวิทยาและการใช้พลังงานระหว่างการจำลองการแข่งขันมวยไทย” ทำการทดสอบในนักกีฬาชาย 10 คน ระหว่างการจำลองการแข่งขัน โดยสวมเครื่องวัดแก๊สบันทึกการใช้ออกซิเจน (VO_2) ,ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์(VCO_2)และ อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ผลการวิจัยพบว่า ในระหว่างการแข่งขัน การใช้พลังงานทั้งกลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.75 ±1.58 kcal/min ซึ่งเท่ากับ 9.39 ± 1.38 MET ในตลอดการทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจน(VO_2) และอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) มีค่าสูงกว่าจุดเริ่มล้า (anaerobic threshold) ที่วัดจาก incremental test ในตอนต้น ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 excess) เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันในยกแรก ขึ้นไปสูงถึง 636 ± 66.5 mL/min และค่อยๆลดลงตลอดการแข่งขัน คาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมากนี้ (CO_2 excess) มาจากการใช้ระบบพลังงานแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส (anaerobic glycolysis) และหลังจากนั้น การใช้ระบบพลังงานแอโรบิก (aerobic energy supply) ก็เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในช่วงพัก จึงสรุปได้ว่ากีฬามวยไทยมีความต้องการพลังงานในการแข่งขันที่เกี่ยวโยงกันทั้ง aerobic metabolism และ anaerobic glycolysis ดังนั้นรูปแบบการฝึกควรจะผสมผสานทั้งการใช้พลังงานทั้งสองแบบ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยคือ นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยชุดปัจจุบัน จำนวน 12 คน ซึ่งเข้าร่วมเก็บตัวในปี พ.ศ. 2557 เพื่อทำการแข่งขันคัดเลือกตัวเป็นตัวแทนประเทศไทย ไปแข่งขันกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 28 พ.ศ. 2558 ณ ประเทศสิงคโปร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ Zephyr รุ่น Bioharness 3
2. โปรแกรม OmniSense Live และ OmniSense Analysis
3. เครื่องวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊ส Cortex รุ่น Metamax 3B
4. ลู่วิ่งกล
5. เครื่องคอมพิวเตอร์ ASUS
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก TANITA
7. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน Lange

ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลจากการแข่งขันคัดเลือกตัวนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยชุดปัจจุบันเพื่อส่งทำการแข่งขันกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 28 พ.ศ.2558 ณ ประเทศสิงคโปร์ ผู้วิจัยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลร่วมกับผู้ช่วยวิจัยอีกจำนวน 2 คน ซึ่งได้ผ่านการอบรมการใช้เครื่องมือมาจากการเรียนวิชา Advanced Exercise Physiology Laboratory ในระดับมหาบัณฑิต ชั้นปีที่ 1 และมีการฝึกใช้เครื่องมือกันทุกๆ 2 สัปดาห์ ได้ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

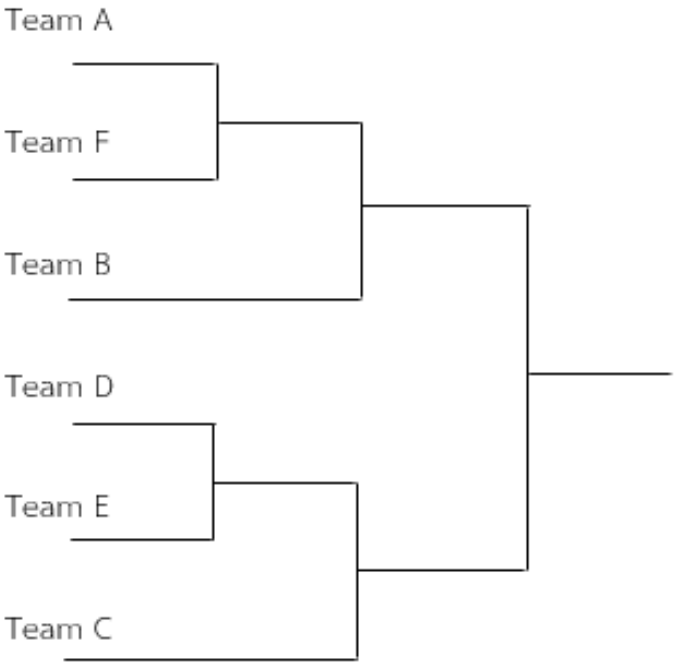
1. ชี้แจงให้ประชากร ทราบถึงวิธีการดำเนินการ โดยอธิบายวัตถุประสงค์และข้อปฏิบัติที่จำเป็นในการทดลองและให้ผู้ทดลองปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนด

2. ทำการวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน 1 ครั้ง ก่อนลงทำการแข่งขัน

3. เก็บข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน จากการแข่งขันคัดเลือกตัวนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยทุกแมทช์ตลอดโปรแกรมการแข่งขัน ณ ศูนย์ฝึกกีฬาแห่งชาติมวกเหล็ก จ.สระบุรี กฎกติกาการแข่งขันเป็นไปตาม สหพันธ์ตะกร้อนานาชาติ (ISTAF) โดยใช้

เครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจ Zephyr รุ่น Bioharness 3 นักกีฬา 1 คน ใส่ 1 เครื่อง คาดไว้บริเวณใต้ระดับหน้าอกหรือบริเวณลิ้นปี่ เครื่องจะบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกๆ 5 วินาที โดยจะเริ่มวัดตั้งแต่เริ่มจนจบการแข่งขันแต่ละแมทช์ ตลอดการแข่งขัน หลังจากนั้นจะนำไปวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้ซอฟท์แวร์ Omni Sense Analysis ต่อไป

โปรแกรมการแข่งขันเป็นการแข่งขันแบบแพ้คัดออก (Elimination) นักกีฬามีทั้งหมด 12 คน แบ่งเป็น 6 ทีมทีมละ 2 คน แข่งขันกันจนได้ผู้ชนะ มีโปรแกรมการแข่งขันดังต่อไปนี้



Chulalongkorn University

4. ทำการทดลองที่ฟิตเนส ศูนย์ฝึกกีฬาแห่งชาติมวกเหล็ก จ.สระบุรี โดย นำประชากรมาทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max), จุดเริ่มล้า (AT) หลังโปรแกรมการแข่งขันคัดเลือก 1 สัปดาห์ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการทดสอบแบบบรูซ ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 15 นาทีต่อคน มีวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดดังนี้

4.1 ทำการปรับตั้งค่าความเที่ยงตรงของเครื่องวิเคราะห์แก๊ส

4.2 ผู้เข้ารับการทดสอบอบอุ่นร่างกายบนลู่วิ่งกล ที่ระดับความชันเปนศูนย ระดับความเร็ว 1.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เปนเวลา 3 นาที จากนั้นทำการทดสอบตามโปรโตคอลพร้อมบันทึกค่าลงในใบบันทึก จนกระทั่งผู้ทดสอบมีค่าตามเกณฑ์ 2 ใน 3 ข้อดังต่อไปนี้ (ACSM, 2013)

1. อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (RER) มากกว่า 1.0
2. ผู้เข้ารับการทดสอบไม่สามารถทำต่อไปได้

3. ปริมาณการใช้ออกซิเจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อความหนักของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น (150 มิลลิลิตรต่อนาที)

หากผู้เข้ารับการทดสอบได้หยุดการทดสอบลง ไม่สามารถทดสอบต่อไปได้ โดยไม่เป็นไปตามเกณฑ์ต้น ปริมาณการใช้ออกซิเจนที่ได้จากการทดสอบจะเรียกว่า Peak Oxygen Consumption (VO_2peak) แทน Maximal Oxygen Consumption (VO_2max) (ACSM, 2013) ค่าตัวแปรทางสรีรวิทยาที่ได้จากการบันทึกค่าเครื่องวิเคราะห์แก๊สทุกๆ 5 วินาที ได้แก่

1. อัตราการเต้นของหัวใจ (HR)
2. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2)
3. สมรรถภาพการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2)
4. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max)
5. ปริมาณอากาศที่หายใจออก (VE)
6. อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (RER)

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบแบบบรู๊ซ (Bruce Protocol)

Stage	Time	Speed (Km/hr)	%Grade
1	0	2.74	10
2	3	4.02	12
3	6	5.47	14
4	9	6.76	16
5	12	8.05	18
6	15	8.85	20
7	18	9.65	22
8	21	10.46	24
9	24	11.26	26
10	27	12.07	28

แหล่งที่มา : (Bruce, 1974)

- ค่าจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) หรือค่า Ventilatory Threshold 2 : VT2 ซึ่งเป็นจุดที่ร่างกายเริ่มมีการเปลี่ยนการใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิก มาเป็นระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก โดยหาจากค่า Ventilatory Threshold ด้วยวิธีการหาแบบ V-Slope Method ซึ่งดูจากการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของอัตราส่วนระหว่าง VE/VO_2 (Wasserman, Whipp, Koyl, & Beaver, 1973)
- ค่า Aerobic Threshold หรือค่า Ventilatory Threshold 1 : VT1 เป็นจุดที่กรดแลคติกเกิดความไม่สมดุล คือ มีกรดแลคติกสะสมมากกว่าการสลาย โดยหาจากค่า Ventilatory Threshold ด้วยวิธีการหาแบบ V-Slope Method ซึ่งดูจากการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของอัตราส่วนระหว่างVCO_2 / VO_2 (Wasserman et al., 1973)

5. คำนวณหาค่าปริมาณการใช้พลังงานขณะแข่งขันจากนำค่าสมรรถภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจนที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการไปใช้ในการคำนวณสมการความสัมพันธ์ของอัตราการเต้นของหัวใจและปริมาณการใช้ออกซิเจน (HR-VO_2 regression line) จากนั้นจึงนำอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน มาเปรียบเทียบกับสมการความสัมพันธ์ของอัตราการเต้นของหัวใจและปริมาณการใช้ออกซิเจนที่ได้จากห้องปฏิบัติการ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำมาประเมินพลังงานขณะแข่งขัน และเปลี่ยนเป็นค่าพลังงาน มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ โดยค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน 1 ลิตรในขณะออกกำลังกายเท่ากับการใช้พลังงาน 5 กิโลแคลอรี่ (Scott, 1997) โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

Exp. = VO_2 uptake x RER (kcal/min)

Exp. = VO_2 uptake x RER x Time (kcal)

RER = Respiratory exchange ratio

6. การหาการใช้ระบบพลังงานแอโรบิกหรือแอนโรบิก ใช้การหาพลังงานระบบด้วยการวัดการระบายอากาศ (Ventilatory Threshold) ซึ่งคำนวณด้วยวิธี V-Slope Method ซึ่งจะได้ค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดนั้นด้วย ซึ่งสามารถใช้อัตราการเต้นของหัวใจเป็นเกณฑ์ในการแบ่งระบบพลังงานที่ใช้ในการแข่งขันได้ ดังนี้ (ถนอมศักดิ์, 2541; ทิพย์ธาอร, 2552)

HR > VT2 = Anaerobic System (LA)

HR ที่ VT1 – VT2 = Anaerobic and Aerobic System (LA-O_2)

HR < VT1 = Aerobic System (O_2)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่ได้จากการวัดปริมาณการใช้พลังงานขณะแข่งขันของนักกีฬาทั้งหมด
2. การวิเคราะห์ข้อมูลและหาค่าสถิติต่างๆในการวิจัยครั้งนี้ ทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม SPSS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการใช้พลังงานขณะแข่งขันคัดเลือกตัวแทนของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย ไปแข่งขันกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 28 โดยหัวหน้าผู้ฝึกสอนจับคู่แบ่งทีม นักกีฬาทั้ง 12 คน แบ่งเป็น 6 ทีมจับฉลากการแข่งขันแบบแพ้คัดออก (Elimination) ตามกติกาสหพันธ์ตะกร้อนานาชาติ และภายหลังทางสมาคมตะกร้อแห่งประเทศไทยได้มีการตัดตัวนักกีฬาออก เหลือ 7 คน เพื่อเป็นตัวแทนไปทำการแข่งขัน มีข้อมูลเบื้องต้นตามตารางที่ 1 จากนั้นจึงทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด แล้วนำข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจกับข้อมูลสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ (HR-VO_2 Regression Line) และจะได้สมการถดถอยเชิงเส้นของนักกีฬาแต่ละคนมา จึงนำข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขันที่ได้มาจากการแข่งขันมาแทนค่าในสมการถดถอยเชิงเส้น เพื่อหาค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนขณะแข่งขัน จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลอื่นๆตามวิธีการทางสถิติโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมานำเสนอในรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิจัยจากนักกีฬา 12 คน

1.1 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 12 คน

1.2 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) และอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 12 คน

ตอนที่ 2 ผลการวิจัยจากนักกีฬา 7 คน

2.1 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 7 คน

2.2 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) และอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2com) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($PeakVO_2com$) เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\%VO_2max$) ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาที (EE_{min}) และปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด (EE_{total}) และระยะเวลาเฉลี่ย ($Duration_{com}$) ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 7 คน

ตอนที่ 3 ผลการวิจัยจากนักกีฬา 5 คน

3.1 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 5 คน

Chulalongkorn University

3.2 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) และอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2com) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($PeakVO_2com$) เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\%VO_2max$) ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาที (EE_{min}) และปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด (EE_{total}) และระยะเวลาเฉลี่ย ($Duration_{com}$) ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 5 คน

3.3 ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ของระบบพลังงานที่ใช้ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 5 คน

ตอนที่ 1 ผลการวิจัยจากนักกีฬา 12 คน

จากการเก็บข้อมูลการแข่งขันคัดเลือก ก่อนการตัดตัวนักกีฬาเพื่อเป็นตัวแทนไปแข่งขันกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 28 โดยวิเคราะห์ข้อมูลสมรรถภาพเบื้องต้นและอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน ดังต่อไปนี้

1.1 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 12 คน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 12 คน

ตัวแปร	จำนวนนักกีฬา (คน)	ค่าต่ำสุด (minimum)	ค่าสูงสุด (maximum)	ค่าเฉลี่ย (mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
อายุ (ปี)	12	18	29	22.58	3.42
ส่วนสูง(เซนติเมตร)	12	151	171	163.83	6.17
น้ำหนัก(กิโลกรัม)	12	47	63	54.94	4.19
เปอร์เซ็นต์ไขมัน(%Fat)	12	15.10	25.70	20.83	3.20
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) (ครั้ง/นาที)	12	191	202	197.42	3.42

จากตารางที่ 2 พบว่า นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 12 คน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุเท่ากับ 22.58 ± 3.42 ปี ส่วนสูงเท่ากับ 163.83 ± 6.17 เซนติเมตร น้ำหนักเท่ากับ 54.94 ± 4.19 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%Fat) เท่ากับร้อยละ 20.83 ± 3.20 อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) เท่ากับ 197.42 ± 3.42 ครั้งต่อนาที

1.2 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) และอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 12 คนก่อนทำการตัดตัว

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) และอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน (HR_{com}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 12 คน

ตัวแปร	จำนวนนักกีฬา (คน)	ค่าต่ำสุด (minimum)	ค่าสูงสุด (maximum)	ค่าเฉลี่ย (mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน (ครั้ง/นาที)	12	154	177	165.25	7.59
อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (ครั้ง/นาที)	12	126	162	141.56	9.82

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) และอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 12 คนเท่ากับ 165.65 ± 9.12 และ 141.49 ± 9.96 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 ผลการวิจัยจากนักกีฬา 7 คน

เป็นการวิเคราะห์ผลจากกราฟสมการความสัมพันธ์ของอัตราการเต้นของหัวใจกับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน จากการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด นำค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขันมาแทนค่าในสมการถดถอยเชิงเส้น ออกมาเป็นค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนขณะแข่งขัน จึงสามารถนำมาวิเคราะห์หาตัวแปรค่าอื่นๆได้ ดังต่อไปนี้

2.1 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 7 คน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย จำนวน 7 คน

ตัวแปร	จำนวนนักกีฬา (คน)	ค่าต่ำสุด (minimum)	ค่าสูงสุด (maximum)	ค่าเฉลี่ย (mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
อายุ (ปี)	7	20	29	24.57	2.88
ส่วนสูง(เซนติเมตร)	7	151	171	164	6.83
น้ำหนัก(กิโลกรัม)	7	47	58	55.14	3.85
เปอร์เซ็นต์ไขมัน(%Fat)	7	15.10	25.40	20.06	3.70
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) (ครั้ง/นาที)	7	191	200	195.43	2.88
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	7	42	51	46.43	2.88
อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT}) (ครั้ง/นาที)	7	138	162	151	9.59

จากตารางที่ 4 พบว่า นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุเท่ากับ 24.57± 2.88 ปี ส่วนสูงเท่ากับ 164 ± 6.83 เซนติเมตร น้ำหนักเท่ากับ 55.14 ± 3.85 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%Fat) เท่ากับร้อยละ 20.06 ± 3.70 อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) เท่ากับ 195.43 ± 2.88 ครั้งต่อนาที สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เท่ากับ 46.43 ± 2.88 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT})เท่ากับ 151 ± 9.59 ครั้งต่อนาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2com) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\%VO_2max$) ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาที (EE_{min}) และปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด (EE_{total}) และระยะเวลาเฉลี่ย ($Duration_{com}$) ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2com) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($PeakVO_2com$) เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\%VO_2max$) ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาที (EE_{min}) และปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด (EE_{total}) และระยะเวลาเฉลี่ย ($Duration_{com}$) ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 7 คน

ตัวแปร	จำนวนนักกีฬา (คน)	ค่าเฉลี่ย (mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) (ครั้ง/นาที)	7	163.14	5.96
อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) (ครั้ง/นาที)	7	140.74	7.62
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนขณะแข่งขัน (VO_2com) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	7	28.17	5.43
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakVO_2com$) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	7	38.18	4.26
เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะแข่งขัน ($\%VO_2max$)	7	60.83	11.78
ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาทีขณะแข่งขัน (EE_{min}) (กิโลแคลอรี่/นาที)	7	7.8	1.72
ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดขณะแข่งขัน (EE_{total}) (กิโลแคลอรี่)	7	439.86	183.30
ระยะเวลาการแข่งขันเฉลี่ย ($Duration_{com}$) (นาที)	7	58.97	27.84

จากตารางที่ 5 พบว่า นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (PeakHR_{com}) เท่ากับ 163.14 ± 5.96 ครั้งต่อนาที อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย (HR_{com}) เท่ากับ 140.74 ± 7.62 ครั้งต่อนาที และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนขณะแข่งขัน (VO_2com) เท่ากับ 28.17 ± 5.43 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะแข่งขัน (PeakVO_2com) เท่ากับ 38.18 ± 4.26 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะแข่งขัน (%VO_2max) เท่ากับร้อยละ 60.83 ± 11.78 ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาทีขณะแข่งขันเท่ากับ 7.8 ± 1.72 กิโลแคลอรี่ต่อนาที ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดขณะแข่งขันเท่ากับ 439.86 ± 183.30 กิโลแคลอรี่ และระยะเวลาเฉลี่ยในการแข่งขันเท่ากับ 58.97±27.84 นาที

สังเกตได้ว่า ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในบางตัวแปรของนักกีฬาทั้ง 12 คนและ 7 คน(หลังจากตัดตัว) ค่อนข้างสูง นั้นมีสาเหตุมาจากจับฉลากแข่งขันแบบแพ้คัดออก ทำให้จำนวนแมตช์การแข่งขันแต่ละคน ไม่เท่ากัน การจับคู่ทีมของผู้ฝึกสอนที่ในบางคู่ มีผู้เล่นมาจากตำแหน่งตัวเสิร์ฟ ซึ่งมีทักษะการชง การฟาด การบล็อก ที่น้อยกว่าผู้เล่นที่มาจากตำแหน่งหน้า จึงอาจจะทำให้มีการเล่นลูกที่น้อยกว่า จึงทำมีการใช้พลังงานที่น้อยกว่าผู้เล่นคนอื่นๆ ผู้วิจัยจึงทำการตัดค่าที่ผิดปกติออก (Outlier) เพื่อปรับให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเหมาะสมจนเหลือเพียงตัวแทนที่น่าเชื่อถือของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 ผลจากการวิจัยจากนักกีฬา 5 คน

3.1 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 5 คน

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 5 คน

ตัวแปร	จำนวนนักกีฬา (คน)	ค่าต่ำสุด (minimum)	ค่าสูงสุด (maximum)	ค่าเฉลี่ย (mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
อายุ (ปี)	5	20	25	23.20	1.92
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	5	151	171	164	8.05
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5	47	58	54.60	4.56
เปอร์เซ็นต์ไขมัน(%Fat)	5	15.10	25.40	20.10	4.47
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) (ครั้ง/นาที)	5	195	200	196.80	1.92
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	5	46	51	47.8	1.92
อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT}) (ครั้ง/นาที)	5	138	162	151	10.29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 6 พบว่า นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุเท่ากับ 23.20 ± 1.92 ปี ส่วนสูงเท่ากับ 164 ± 8.05 เซนติเมตร น้ำหนักเท่ากับ 54.60 ± 4.56 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%Fat) เท่ากับร้อยละ 20.10 ± 4.47 อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) เท่ากับ 196.80 ± 1.92 ครั้งต่อนาที สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เท่ากับ 47.8 ± 1.92 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT}) เท่ากับ 151 ± 10.29 ครั้งต่อนาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) และอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2com) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($PeakVO_2com$) เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\%VO_2max$) ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาที (EE_{min}) ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด (EE_{total}) และระยะเวลาเฉลี่ย ($Duration_{com}$) ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 5 คน

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) และอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2com) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($PeakVO_2com$) เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\%VO_2max$) ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาที (EE_{min}) ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด (EE_{total}) และระยะเวลาเฉลี่ย ($Duration_{com}$) ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 5 คน

ตัวแปร	จำนวนนักกีฬา (คน)	ค่าเฉลี่ย (mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakHR_{com}$) (ครั้ง/นาที)	5	162.20	7.01
อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) (ครั้ง/นาที)	5	139.33	8.71
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนขณะแข่งขัน (VO_2com) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	5	29.38	5.62
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakVO_2com$) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	5	39.71	2.92
เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะแข่งขัน ($\%VO_2max$)	5	61.86	13.43
ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาทีขณะแข่งขัน (EE_{min}) (กิโลแคลอรี่/นาที)	5	8.09	1.90
ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดขณะแข่งขัน(EE_{total}) (กิโลแคลอรี่)	5	400.37	44.03
ระยะเวลาเฉลี่ย ($Duration_{com}$) (นาที)	5	53.81	23.56

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 7 พบว่า นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเท่ากับ 162.20 ± 7.01 ครั้งต่อนาที อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยเท่ากับ 139.33 ± 8.71 ครั้งต่อนาที สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนขณะแข่งขันเท่ากับ 29.38 ± 5.62 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะแข่งขันเท่ากับ 39.71 ± 2.92 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะแข่งขันเท่ากับ 61.86 ± 13.43 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาทีขณะแข่งขันเท่ากับ 8.09 ± 1.90 กิโลแคลอรี่ต่อนาที ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดขณะแข่งขันเท่ากับ 400.37 ± 44.03 กิโลแคลอรี่ และระยะเวลาเฉลี่ยในการแข่งขันเท่ากับ 53.81 ± 23.56 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ระบบพลังงานที่ใช้ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 5 คน

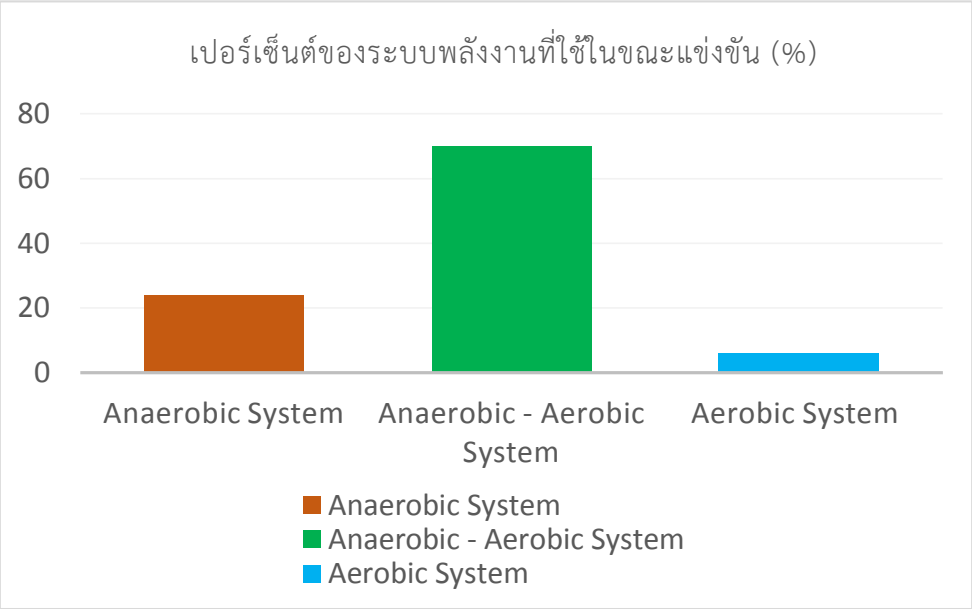
ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ของระบบพลังงานที่ใช้ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 5 คน

ระบบพลังงาน	จำนวน นักกีฬา (คน)	ค่าเฉลี่ย (mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD)
Anaerobic System (%)	5	24	16.35
Anaerobic - Aerobic System (%)	5	70	12.44
Aerobic System (%)	5	6	8.28

จากตารางที่ 8 พบว่า นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบพลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขัน คือ ระบบพลังงานแอนแอโรบิกเท่ากับร้อยละ 24 ± 16.35 ระบบพลังงานแอนแอโรบิก – แอโรบิกเท่ากับร้อยละ 70 ± 12.44 และระบบพลังงานแอโรบิกเท่ากับร้อยละ 6 ± 8.28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กราฟที่ 1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระบบพลังงานที่ใช้ขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พลังงานขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย ที่เก็บตัวฝึกซ้อมสำหรับเตรียมการแข่งขันกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 28 ปี พ.ศ. 2558 สมัครเข้าร่วมการวิจัยด้วยความเต็มใจ โดยที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการชี้แจงถึงขั้นตอนต่างๆ ของการดำเนินการวิจัย และการปฏิบัติตัวโดยละเอียด จากนั้นทำการเก็บข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ Zephyr รุ่น Bioharness 3 ระหว่างการแข่งขันคัดเลือกตัวนักกีฬา เป็นการแข่งขันแบบแพ้คัดออก โดยหัวหน้าผู้ฝึกสอนจับคู่แบ่งทีม นักกีฬาทั้ง 12 คน แบ่งเป็น 6 ทีมจับฉลากการแข่งขันแบบแพ้คัดออก (Elimination) ตามกติกาสหพันธ์ตะกร้อนานาชาติ และภายหลังทางสมาคมตะกร้อแห่งประเทศไทยได้มีการตัดตัวนักกีฬาออก เหลือ 7 คนเพื่อเป็นตัวแทนไปทำการแข่งขัน หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬา 7 คนที่เหลือ นำผลอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขันมาเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจกับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่ได้จากการทดสอบ โดยการแทนค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน ในสมการถดถอยเชิงเส้น จะได้ค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนขณะแข่งขัน และนำไปคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานขณะแข่งขัน แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ตามระเบียบทางสถิติ หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และได้มีการตัดค่าที่ผิดปกติ (Outlier) ก่อนการวิเคราะห์การใช้พลังงาน ที่อาจทำให้ค่าที่คำนวณทางสถิติเบี่ยงเบนไปได้ ซึ่งค่าที่ผิดปกติดังกล่าวอาจจะมีสาเหตุจากความผิดพลาดต่างๆ ในขณะทำการทดสอบ จนเหลือเพียงตัวแทนที่น่าเชื่อถือของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิจัยพบว่า

1.นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุเท่ากับ 23.20 ± 1.92 ปี ส่วนสูงเท่ากับ 164 ± 8.05 เซนติเมตร น้ำหนักเท่ากับ 54.60 ± 4.56 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%Fat) เท่ากับร้อยละ 20.10 ± 4.47 อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) เท่ากับ 196.80 ± 1.92 ครั้งต่อนาที สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด(VO_2max) เท่ากับ 47.8 ± 1.92 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (HR_{AT})เท่ากับ 151 ± 10.29 ครั้งต่อนาที

2.นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขัน($PeakHR_{com}$)เท่ากับ 162.20 ± 7.01 ครั้งต่อนาที อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน(HR_{com})เท่ากับ 139.33 ± 8.71 ครั้งต่อนาที และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยขณะแข่งขัน(VO_2com)เท่ากับ 29.38 ± 5.62 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะแข่งขัน ($PeakVO_2com$) เท่ากับ 39.71 ± 2.92 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะแข่งขัน($\%VO_2max$)เท่ากับ 61.86 ± 13.43 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาทีขณะแข่งขัน (EE_{min})เท่ากับ 8.09 ± 1.90 กิโลแคลอรี่ต่อนาที ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดขณะแข่งขัน (EE_{total})เท่ากับ 400.37 ± 44.03 กิโลแคลอรี่

3. นักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบพลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขัน คือ ระบบพลังงานแอนแอโรบิกเท่ากับร้อยละ 24 ± 16.35 ระบบพลังงานแอนแอโรบิก – แอโรบิกเท่ากับร้อยละ 70 ± 12.44 และระบบพลังงานแอโรบิกเท่ากับร้อยละ 6 ± 8.28

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นถึงการศึกษาทางสรีรวิทยาพื้นฐาน อภิปรายค่าสรีรวิทยาพื้นฐานจากผลการวิจัยของนักกีฬา 12 คน ,7 คน และ 5 คน เพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพต่างๆ และการใช้พลังงานขณะแข่งขัน ของนักกีฬาที่ได้รับการคัดเลือกเป็นตัวแทนทีมชาติไทย กับนักกีฬาที่ถูกตัดตัวออก เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ฝึกสอนกีฬาสามารถวางแผนและจัดโปรแกรมการฝึกซ้อม โปรแกรมโภชนาการที่ถูกต้อง และเหมาะสมยิ่งขึ้นทั้งช่วงระหว่างการฝึกซ้อม และระหว่างการแข่งขัน ให้กับนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิง เพื่อให้นักกีฬาได้แสดงศักยภาพสูงสุดในการแข่งขัน

ผลการวิจัยจากการเก็บข้อมูลการแข่งขันคัดเลือก ก่อนมีการตัดตัวนักกีฬาออกของทางสมาคมฯ ค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%Fat) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย ทั้ง 12 คน (20.83%) , 7 คน (20.06%) และ 5 คน (20.10%) พบว่า อยู่ในระดับปานกลางตามเกณฑ์ของสถาบันวิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา (ACSM, 2013) เนื่องด้วยกีฬาเซปักตะกร้อ ไม่ได้เป็นกีฬาที่ใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการแข่งขันแบ่งรุ่นแต่อย่างใด และผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมถึงการรับประทานอาหาร หรือการดำเนินชีวิตประจำวันของนักกีฬาได้ ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าปกติเล็กน้อย

ค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เป็นตัวบ่งชี้การทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต และระบบหายใจ ที่จะสามารถใช้ออกซิเจนในการใช้ในกระบวนการผลิตพลังงานได้มากน้อยเพียงได้ (Whyte, 2006) ซึ่งมีความสำคัญในการผลิตพลังงานเพื่อนำไปใช้ในการออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะมีค่าแตกต่างกันไปตาม เพศ อายุ ขนาดรูปร่าง โดยการเพิ่มขึ้นของค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะเกิดขึ้นได้จากเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 2 ประการ คือ ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac Output) และกล้ามเนื้อสามารถดึงออกซิเจนออกมาใช้จากหลอดเลือดฝอยได้เพิ่มขึ้น จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ได้ทำการทดสอบค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดภายหลังการตัดตัวนักกีฬาของทางสมาคมฯ และได้มีการตัดค่าผิดปกติ (Outlier) ภายหลังการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งค่าเฉลี่ยค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยจำนวน 7 คน เท่ากับ 46.43 ± 2.88 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาทีและ 5 คนเท่ากับ 47.8 ± 1.92 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ถือว่า อยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม (ACSM, 2013) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาระบบพลังงานพื้นฐานให้มีประสิทธิภาพที่ดี คือ ระบบพลังงานแอโรบิก ซึ่งผลที่ได้จาก

การทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนครั้งนี้สามารถนำไปเป็นพื้นฐานในการกำหนดโปรแกรมการออกกำลังกาย หรือโปรแกรมการฝึกซ้อมที่เหมาะสมกับนักกีฬาแต่ละคนได้ และสังเกตได้ว่า ภายหลังการตัดค่าผิดปกติ (Outlier) ออกจนเหลือนักกีฬา 5 คน ค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเฉลี่ยสูงขึ้นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจาก 46.43 ± 2.88 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที เป็น 47.8 ± 1.92 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ซึ่งสามารถใช้ค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดนี้เป็นเกณฑ์ค่าสมรรถภาพการกายในการคัดเลือกนักกีฬาในเบื้องต้นได้

พลังงานที่ใช้ในการแข่งขันขึ้นอยู่กับความหนัก ความเข้มข้นของเกมส์การแข่งขัน ระยะเวลาในการแข่งขัน โดยเฉพาะความแตกต่างระหว่างนักกีฬาแต่ละคน ในแง่ของการผลิตพลังงานรวม และระบบพลังงานที่ใช้ในการแข่งขัน ด้วยเนื่องมาจากมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความหนักของการแข่งขัน เช่นแรงจูงใจ ความวิตกกังวล ความสำคัญและความคาดหวังในแต่ละแมตช์การแข่งขัน (สนธยา, 2555) การหาพลังงานในขณะแข่งขัน หาได้จากนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน มาเปรียบเทียบกับสมการถดถอยเชิงเส้นของแต่ละคน จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นชองหัวใจกับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน ที่ได้จากการทดสอบ ทำให้สามารถคำนวณหาอัตราการใช้ออกซิเจนขณะแข่งขันได้ และนำไปเปลี่ยนเป็นค่าพลังงานที่ร่างกายนำไปใช้ได้

โดยอัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวบ่งชี้ถึงความต้องการทางสรีรวิทยาที่สูงในแต่ละชนิดกีฬาได้ รวมถึงนำมาเป็นเกณฑ์ในการแบ่งระบบพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย หรือแข่งขันได้อีกด้วย ซึ่งผลการวิจัยนี้พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขัน (HR_{com}) ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย จำนวน 7 คน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 140.74 ± 7.62 ครั้งต่อนาที และจำนวน 5 คน เท่ากับ 139.33 ± 8.71 ครั้งต่อนาที คิดเป็นร้อยละ 70-72 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ทำให้ได้ค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนขณะแข่งขันเฉลี่ย (VO_2com) ของนักกีฬา 7 คนเท่ากับ 28.17 ± 5.43 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และค่าเฉลี่ยของนักกีฬา 5 คนเท่ากับ 29.38 ± 5.62 มิลลิลิตรต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา อัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน (HR_{com}) อยู่ในระดับประมาณ 70 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด โดยธรรมชาติของกีฬาเซปักตะกร้อจะเป็นการใช้ร่างกายส่วนล่างเป็นหลัก จะมีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจน้อยกว่ากีฬาที่ใช้ร่างกายส่วนบนร่วมด้วย เนื่องมากจากระบบประสาทส่วนกลางรับรู้การกระตุ้นจากเนื้อเยื่อส่วนบนของร่างกายได้เร็วกว่าส่วนล่าง (Secher, 1993) ดังเช่นงานวิจัยของ ทิพย์ธาอร เหลืองบริบูรณ์ พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะแข่งขันของนักกีฬามวยสากลสมัครเล่นหญิงทีมชาติไทยมีค่าถึง 169 ครั้งต่อนาที คิดเป็นร้อยละ 97 ของอัตราการเต้นของหัวใจ เพราะกีฬามวยสากลต้องการเคลื่อนไหวร่างกายอยู่

ตลอดเวลา และนักกีฬามีการใช้กล้ามเนื้อทั้งส่วนบนส่วนล่างไปพร้อมๆกัน (ทิพย์ธาอร, 2552) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ถนอมศักดิ์ เสนาคำ พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขันเฉลี่ยของนักกีฬาเซปักตะกร้อหญิงทีมชาติไทย เท่ากับ 140 ครั้งต่อนาที ซึ่งเป็นการใช้ร่างกายส่วนล่างมากกว่าส่วนบนจึงทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขันอยู่ในระดับที่ไม่สูงมากนัก (ถนอมศักดิ์, 2541)

การหาการใช้พลังงานของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยในการวิจัยครั้งนี้ ใช้ผลการวิจัยจากนักกีฬา 5 คน ภายหลังการตัดค่าผิดปกติ (Outlier) พบว่า อัตราการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาทีขณะแข่งขันเท่ากับ 8 แคลอรี่ ปริมาณการใช้พลังงานตลอดการแข่งขันเฉลี่ย 400 กิโลแคลอรี่ และเมื่อนำค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยขณะแข่งขันมาเปรียบเทียบกับ การจัดหมวดหมู่ของระดับความหนักของการออกกำลังกาย (Five-Level Classification of Physical Activity Based on Energy Expenditure) (W.D. McArdle et al., 2014) ทำให้ทราบว่ากีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่จัดอยู่ในระดับหนัก (Heavy) คือ การใช้พลังงานเฉลี่ยต่อนาทีเท่ากับ 7.5-9.9 กิโลแคลอรี่ต่อนาที และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน 23 – 30.6 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของถนอมศักดิ์ เสนาคำ ที่พบว่า กีฬาเซปักตะกร้อเป็นกีฬาที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่องและมีความหนักสูง (high Intensity Intermittent Exercise) รวมถึงกีฬาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น วอลเล่ย์บอล เทนนิส เป็นต้น (Berg et al., 2007) และมีข้อมูลสนับสนุนจากความคิดเห็นของผู้ฝึกสอนเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย กล่าวว่า กีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่เป็นกีฬาที่นักกีฬาต้องมีทักษะในการเล่นลูกที่สูงทั้งการเสิร์ฟ การชง การรับลูก และการทำคะแนน ประกอบกับสมรรถภาพของร่างกายที่ดี เนื่องจากมีผู้เล่นน้อยทำให้พื้นที่ในการแข่งขันเพิ่มขึ้น ถ้านักกีฬามีสมรรถภาพทางกายที่ไม่ดีก็อาจส่งผลเสียต่อการเล่นได้ (กิตตินนท์, 2550)

ระบบพลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขันที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า กีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่มีการใช้พลังงานในระบบแอนแอโรบิก 24% ระบบพลังงานแอนแอโรบิก – แอโรบิก 70% และระบบพลังงานแอโรบิก 6% เนื่องจากเป็นกีฬาที่มีลักษณะเล่นไม่ต่อเนื่อง มีความหนักสูง ระยะเวลาในการแข่งขันค่อนข้างนาน เกมการแข่งขันค่อนข้างต่อเนื่องในขณะทำการแข่งขันอาจทำให้เกิดการฟื้นตัวไม่ทัน อัตราการเต้นของหัวใจรวมถึงระดับระบบพลังงานที่ใช้ขณะแข่งขัน จึงอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงอยู่ตลอด จะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่การใช้พลังงานจะอยู่ที่ระบบพลังงานแอนแอโรบิก – แอโรบิก ถึง 70% นั้นคือช่วงที่มีการเกิดและสลายกรดแลคติค ในสภาวะสมดุล ความหนักของเกมส์การแข่งขันไม่สูงมากนัก (อัตราการเต้นของหัวใจจะอยู่ในช่วงระหว่าง VT1 ถึง VT2) ทำให้ร่างกายสามารถรักษาความสมดุลไว้ได้ แต่ในช่วง ระบบพลังงานแอนแอโรบิกเท่ากับ 24% กรดแลคติคจะไม่สามารถสลาย

ได้ มีแต่สะสมเพิ่มขึ้น โดยจะใช้คาร์โบไฮเดรต เป็นแหล่งพลังงานหลัก (อัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่า VT2) ส่วนในช่วงระบบพลังงานแอโรบิกจะไม่มีการสร้างกรดแลคติค (อัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่า VT1) เพราะพลังงานส่วนใหญ่จะมาจากไขมัน ซึ่งจะไม่สร้างกรดแลคติค และการเผาผลาญน้ำตาลเป็นไปอย่างสมบูรณ์ เพราะมีออกซิเจนเพียงพอ ก็ไม่เกิดกรดแลคติคเช่นกัน ซึ่งจะให้ไขมันมากแค่ไหนขึ้นอยู่กับการฝึกที่ถูกต้อง เพื่อให้เกิดการใช้ไขมันได้รวดเร็วขึ้น (Hale, 2003)

จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้พลังงานส่วนใหญ่ มาจากระบบพลังงานแอนแอโรบิก – แอโรบิก การใช้พลังงานเฉลี่ย 8 กิโลแคลอรี่ต่อนาที อัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขันเฉลี่ยเท่ากับ 139 ครั้งต่อนาที หรือประมาณ 70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยขณะแข่งขันเท่ากับ 29.38 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที คิดเป็น 62% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งธรรมชาติของกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่ มีพื้นที่การแข่งขันมากขึ้น เนื่องจากมีผู้เล่นเพียง 2 และต้องอาศัยทักษะที่สูงทั้งการเสิร์ฟ การชง และการทำคะแนนที่ครบเครื่อง รวมถึงระยะเวลาการแข่งขันที่ค่อนข้างนาน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกมส์การแข่งขัน เพื่อให้สามารถแสดงศักยภาพของนักกีฬาได้ตลอดการแข่งขัน ทำให้ทราบว่าการเป็นนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่ทีมชาติไทย จะต้องมีค่าสมรรถภาพทางกายหรือค่าทางสรีรวิทยาต่างๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้น และค่าทางสรีรวิทยาดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการกำหนดความหนักโปรแกรมการฝึกซ้อมโปรแกรมทางโภชนาการของนักกีฬาได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1.จากการแข่งขันกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงในครั้งนี้ พบว่า ความหนักในเกมการแข่งขันอยู่ในระดับหนัก ทำให้พลังงานที่ใช้เป็นระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกและระบบแอนแอโรบิก – แอโรบิกเป็นหลัก จึงควรมีแผนทางด้านโภชนาการและแผนการฝึกทางด้านสมรรถภาพร่างกายให้กับนักกีฬาเพื่อให้มีความพร้อมในการใช้พลังงานดังกล่าวในขณะแข่งขันต่อไป

2.ค่าทางสรีรวิทยาและสมรรถภาพทางกายต่างๆ จากการวิจัยครั้งนี้ สามารถใช้กำหนดเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่ทีมชาติไทย ในเบื้องต้นได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1.การวิจัยครั้งต่อไป ควรเปลี่ยนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา เช่น ศึกษาในกลุ่มโรงเรียนกีฬา กลุ่มทีมสโมสร เป็นต้น เพื่อเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างเพื่อยืนยันผลของการวิจัยในครั้งนี้ต่อไป

2.การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการประสานงานกับ กกท. หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ที่ทางประเทศไทยเป็นเจ้าภาพการแข่งขัน เพื่อทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจของนักกีฬาในสถานการณ์การแข่งขันจริง ที่มีผลต่อแรงจูงใจ ความสำคัญของแมตช์การแข่งขัน เพื่อเปรียบเทียบระดับการใช้พลังงานของนักกีฬาตั้งแต่รอบแรกจนถึงรอบชิงชนะเลิศ รวมถึงการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เพื่อตัดส่วนการใช้พลังงานขณะพักออกไป ทำให้ได้การใช้พลังงานขณะแข่งขันที่แท้จริง ที่สามารถนำไปวางแผนเตรียมความพร้อมให้กับนักกีฬาก่อนลงแข่งขันรายการระดับนานาชาติต่อไป

3.การวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการเปรียบเทียบการใช้พลังงานขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่กับนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภททีมเดี่ยว (ผู้เล่น 3 คน) เพื่อให้ผลการวิจัยของการใช้พลังงานนั้นมีความชัดเจนมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Acevedo, E. O., & Goldfarb, A. H. (1989). Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. *Medicine and science in sports and exercise, 21*(5), 563-568.

ACSM. (2013). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health.

Beaver, W. L., Wasserman, K., & Whipp, B. J. (1986). *A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange* (Vol. 60).

Berg, K., Narazaki, K., Latin, R., Vincent, W., Meisinger, M., Sjoberg, C., & Kaufman, C. (2007). Oxygen cost and energy expenditure of racquetball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 47*(4), 395.

Blanksby, B., & Reidy, P. (1988). Heart rate and estimated energy expenditure during ballroom dancing. *British Journal of Sports Medicine, 22*(2), 57-60.

Bruce, R. A. (1974). Methods of exercise testing: Step test, bicycle, treadmill, isometrics. *The American Journal of Cardiology, 33*(6), 715-720. doi: http://dx.doi.org/10.1016/0002-9149(74)90211-2

Christensen, C. C., Frey, H., Foenstelien, E., Aadland, E., & Refsum, H. E. (1983). A critical evaluation of energy expenditure estimates based on individual O2 consumption/heart rate curves and average daily heart rate. *The American journal of clinical nutrition, 37*(3), 468-472.

Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P. G., Droghetti, P., & Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology, 52*(4), 869-873.

Crisafulli, A., Vitelli, S., Cappai, I., Milia, R., Tocco, F., Melis, F., & Concu, A. (2009). Physiological responses and energy cost during a simulation of a Muay Thai boxing match. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 34*(2), 143-150.

Dudley, G. A., & Murray.T.F. (1982). Energy for Sport. *NSCA J, 3*(3), 14-15.

Frayn, K. (1983). Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *Journal of Applied Physiology, 55*(2), 628-634.

Hale, T. (2003). *Exercise Physiology: A Thematic Approach*: Wiley.

Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and science in sports and exercise, 33*(11), 1925-1931.

Hollmann, W. (1985). Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. *International journal of sports medicine, 6*(3), 109-116.

Housh, T. J., Housh, D. J., & DeVries, H. A. (2006). *Applied Exercise and Sport Physiology*: Holcomb Hathaway.

Ismail, M., Wan-Nudri, W., & Zawiah, H. (1997). Energy expenditure studies to predict requirements of selected national athletes. *Mal J Nutr, 3*, 71-81.

Janssen, P. G. (1987). *Training lactate pulse rate*: Polar Electro Oy.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2014). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*: Lippincott Williams & Wilkins.

McArdle, W. D., Katch, V. L., & Katch, F. I. (2011). *Essentials of exercise physiology*. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health.

Novas, A., Rowbottom, D., & Jenkins, D. (2003). A practical method of estimating energy expenditure during tennis play. *Journal of Science and Medicine in Sport, 6*(1), 40-50.

NSCA. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning*: Human Kinetics.

Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2013). *Exercise Physiology for Health Fitness and Performance*: Wolters Kluwer Health.

Rodas, G., Ventura, J. L., Cadefau, J. A., Cussó, R., & Parra, J. (2000). A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *European journal of applied physiology, 82*(5-6), 480-486.

Scott, C. B. (1997). Interpreting energy expenditure for anaerobic exercise and recovery: an anaerobic hypothesis. *The Journal of sports medicine and physical fitness, 37*(1), 18-23.

Secher, N. H. (1993). Physiological and biomechanical aspects of rowing. *Sports Medicine, 15*(1), 24-42.

Sherman, W. M. (1995). Metabolism of sugars and physical performance. *The American journal of clinical nutrition, 62*(1), 228S-241S.

Sleamaker, R., & Browning, R. (1996). *Serious Training for Endurance Athletes*: Human Kinetics.

Spurr, G., Prentice, A., Murgatroyd, P., Goldberg, G., Reina, J., & Christman, N. (1988). Energy expenditure from minute-by-minute heart-rate recording: comparison with indirect calorimetry. *The American journal of clinical nutrition, 48*(3), 552-559.

Wasserman, K. (1985). The anaerobic threshold: definition, physiological significance and identification. *Advances in cardiology, 35*, 1-23.

Wasserman, K., Whipp, B., Koyl, S., & Beaver, W. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology, 35*(2), 236-243.

Whyte, G. (2006). *The Physiology of Training*: Churchill Livingstone Elsevier.

กิตตินนท์, จ. (2550). ผลการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มีต่อจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ถนอมศักดิ์, เ. (2541). การใช้พลังงานในขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อทีมชาติไทย. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิพย์ธาร, เ. (2552). การศึกษาการใช้พลังงานในขณะแข่งขันของนักกีฬามวยสากลสมัครเล่นหญิงทีมชาติไทย. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิพนธ์, ว. (2551). ผลของการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและแบบสะสมที่มีต่อการใช้พลังงาน [บทความ] / นิพนธ์ วิชชุตเวส: 2552.

ประดิษฐ์, ม. (2546). ชีวเคมีประยุกต์ด้านสุขภาพ: ภารกิจเอกสารและตำรากลุ่มงานส่งเสริมการศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ปรียาภรณ์, ก., พันธ์วิรา, ข., & ถนอมศักดิ์, เ. (2551). การใช้พลังงานของนักกีฬาเนตบอล / ปรียาภรณ์ กุลศิริรัตน์: 2551.

สนธยา, ส. (2555). หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุจินต์, แ. (2548). คู่มือการฝึกกีฬาตะกร้อ. กรุงเทพมหานคร: การกีฬาแห่งประเทศไทย.

อนุรัติ, ม. (2539). ผลของการนวดแบบลึกที่มีต่อการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกและการฟื้นตัว. (ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

AF 01-12

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

---

COA No. 073/2558

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 010.1/58 : การศึกษาการใช้พลังงานขณะแข่งขันในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวธนิดา คณาณิน ไทยานนท์

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 : 2 เมษายน 2558 **วันหมดอายุ** : 1 เมษายน 2559

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย

เลขที่โครงการวิจัย 010.1/58
วันที่รับรอง - 2 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ - 1 เม.ย. 2559

เงื่อนไข

1. *ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ*
2. *หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องหยุดเมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 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 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น*

ภาคผนวก ข

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัยการศึกษาการใช้พลังงานขณะแข่งขันในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย

(A STUDY OF ENERGY EXPENDITUREDURING COMPETITION IN THAI FEMALE NATIONAL DOUBLE EVENT SEPAKTAKRAW ATHLETES)

ชื่อผู้วิจัย นางสาวธนิดา คณาฉิน ไทยานนท์ ตำแหน่งนิสิตระดับมหาบัณฑิต
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย 285 ซ.บางแค 7 แขวงบางแค เขตบางแค กทม. 10160
โทรศัพท์ที่บ้าน02-4133621 โทรศัพท์มือถือ 080-0845519 E-mail : th.tangkwa@gmail.com

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัยเพื่อศึกษาการใช้พลังงานที่ใช้ (Energy Expenditure) ตลอดการแข่งขัน ของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย เพื่อเป็นประโยชน์ให้ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬาและผู้ที่เกี่ยวข้อง นำผลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อม ที่เหมาะสมกับนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาการใช้พลังงานที่ใช้ตลอดการแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมโครงการวิจัยเนื่องจาก ท่านเป็นนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทยชุดปัจจุบันซึ่งได้รับรองโดยสมาคมตะกร้อแห่งประเทศไทยไม่มีปัญหาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อเอ็น และข้อต่อ หรือการบาดเจ็บใดๆที่เป็นอุปสรรคต่อการเข้าร่วมในงานวิจัย จำนวน 12 คน

หากท่านยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย ท่านจะได้รับการทดสอบตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ก่อนและหลังการจัดการแข่งขัน ได้แก่

วันที่ทำการแข่งขัน ผู้วิจัยจะขอวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน 1ครั้งก่อนลงทำการแข่งขัน โดยใช้เวลาทดสอบครั้งละ 5 นาที และขอติดเครื่องมือเพื่อวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขัน ซึ่งผู้วิจัยจะสาธิตวิธีใช้ให้กับท่านก่อนการแข่งขัน เครื่องมือดังกล่าวจะคาดไว้ที่รอบนอก บันทึกการเต้นของหัวใจ ตลอดโปรแกรมการแข่งขัน ณ ศูนย์ฝึกกีฬาแห่งชาติมวกเหล็ก จ.สระบุ

เลขที่โครงการวิจัย 010.1/58
วันที่รับรอง - 2 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ - 1 เม.ย. 2559

ทดสอบ VO_2MAX 1 ครั้งหลังทำการแข่งขัน 1 สัปดาห์ ใช้เวลาทดสอบครั้งละ 15 นาที ณ ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยระหว่างการวิจัย ท่านอาจได้รับความเจ็บปวดที่เกิดจากการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อเล็กน้อย เมื่อทำการทดสอบกับเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ VO_2MAX หากท่านได้รับการบาดเจ็บระหว่างการวิจัย ผู้วิจัยจะทำการช่วยเหลือในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น หากอาการท่านยังไม่ดีขึ้น จะนำส่งโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุดทันที และผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบให้ได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม

ประโยชน์ที่ท่านจะได้รับหากท่านเข้าร่วมโครงการวิจัย คือ ท่านจะได้ทราบถึงสมรรถภาพสูงสุดของท่าน เพื่อวางแผนโปรแกรมการฝึกซ้อมที่เหมาะสมกับท่านและผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬาและผู้ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อม ที่เหมาะสมกับนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มประชากร โดยผู้วิจัยพบกลุ่มประชากรและแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล และประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัยด้วยความสมัครใจ การตอบรับหรือการปฏิเสธเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้จะไม่มีผลต่อนักกีฬา ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวมของข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดย**สมัครใจ** และสามารถ**ปฏิเสธ**ที่จะเข้าร่วมหรือ**ถอนตัว**จากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

ผู้วิจัยจะมอบของระลึก*เป็นเสื้อยืด*หลังจากท่านได้เข้าร่วมการวิจัยทุกขั้นตอน

หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147 หรือ 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail:eccu@chula.ac.th

ภาคผนวก ค

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาการใช้พลังงานขณะแข่งขันในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย

(A STUDY OF ENERGY EXPENDITURE DURING COMPETITION IN THAI FEMALE NATIONAL DOUBLE EVENT SEPAKTAKRAW ATHLETES)

ชื่อผู้วิจัย นางสาวธนิดา คณาณิน ไทยานนท์

ที่อยู่ที่ติดต่อ 285 ซ.บางแค 7 แขวงบางแค เขตบางแค กทม. 10160

โทรศัพท์ 02-4133621 โทรศัพท์มือถือ 080-0845519 E-mail : th.tangkwa@gmail.com

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม ทำการทดสอบตามโปรแกรมการทดลองที่กำหนดหลังการแข่งขัน และโปรแกรมการแข่งขันที่จัดขึ้น รายละเอียดดังนี้

1. การวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน 1 ครั้งก่อนลงทำการแข่งขัน โดยใช้เวลาทดสอบครั้งละ 5 นาที
2. *การวัดอัตราการเต้นของหัวใจตลอดการแข่งขัน โดยเครื่องมือดังกล่าวจะคาดไว้ที่อก*
3. *การทดสอบ VO_2MAX 1 ครั้งหลังทำการแข่งขัน 1 สัปดาห์ ใช้เวลาทดสอบครั้งละ 15 นาที*

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

เลขที่โครงการวิจัย 010.1/58

วันที่รับรอง - 2 พ.ย. 2558

วันหมดอายุ - 1 พ.ย. 2559

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147, 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 **E-mail: eccu@chula.ac.th**

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นางสาวธนิดา คณาณิน ไทยานนท์)
ผู้วิจัยหลัก

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

เลขที่โครงการวิจัย 010.1/59

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

วันที่รับรอง - 2 เม.ย. 2558

วันหมดอายุ - 1 เม.ย. 2559

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
จดหมายขออนุญาตใช้สถานที่เพื่อเก็บข้อมูลงานวิจัย

ที่ ศธ๐๕๑๒.๒๔/๐๐๕๗๔

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพระราม ๑ แขวงวังใหม่ กทม. ๑๐๓๓๐

๒๐ พฤษภาคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลงานวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสำนักงานการกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค ๒

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์
๒. รายชื่อนักกีฬา

ด้วย นางสาวธนิดา คฌาณิน ไทยานนท์ นิสิตระดับมหาบัณฑิต ชั้นปีที่ ๒ แขนงวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาการใช้พลังงานขณะแข่งขันในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้การควบคุมของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ในการนี้ จึงใคร่ขออนุเคราะห์ลู่วิ่งไฟฟ้า จำนวน ๑ เครื่อง และขอความอนุเคราะห์ห้องฟิตเนส ของศูนย์ฝึกกีฬาแห่งชาติ มวกเหล็ก เพื่อใช้ในการทดสอบสมรรถภาพทางกายกับนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย จำนวน ๑๒ คน ระหว่างวันที่ ๒๕ – ๒๖ พฤษภาคม ๒๕๕๘ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเป็นผู้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการเก็บข้อมูลวิจัยดังกล่าวด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)
คณบดี

หน่วยจัดการศึกษาศึกษา งานวิชาการและวิจัย
โทร.๐-๒๒๑๘-๑๐๔๐
โทรสาร ๐-๒๒๑๘-๑๐๔๐

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. **การทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2MAX) โดยวิธีอ้อม** ใช้วิธีทดสอบแบบ Bruce Protocol โดยมีเครื่องมือและวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

   เครื่องวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนก๊าซ ยี่ห้อ Cortex รุ่น Metamax 3B และลู่วิ่งกล

ผู้เข้ารับการทดสอบอบอุนรางกายบนลู่วิ่งกล ที่ระดับความชันเปนศูนย ระดับความเร็ว 1.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เปนเวลา 3 นาที จากนั้นทำการทดสอบตามโปรโตคอลพร้อมบันทึกค่าลงในใบบันทึก (ACSM, 2014) ดังต่อไปนี้

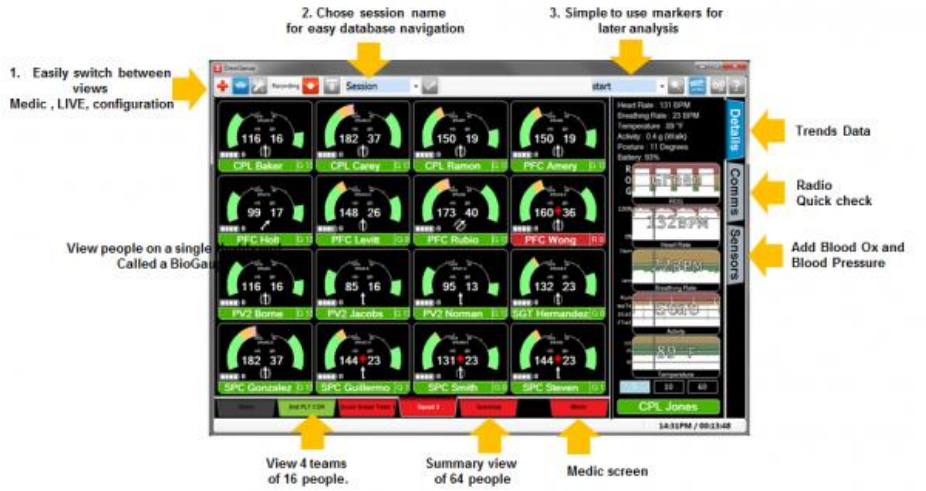
1. อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (RER) มากกว่า 1.0
2. ผู้เข้ารับการทดสอบไม่สามารถทำต่อไปได้
3. ปริมาณการใช้ออกซิเจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อความหนักของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น

ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องทางสรีรวิทยาที่ได้จากการบันทึกเครื่องวิเคราะห์แก๊สได้แก่ HR, VO_2, VCO_2, VO_2MAX, VE, RER

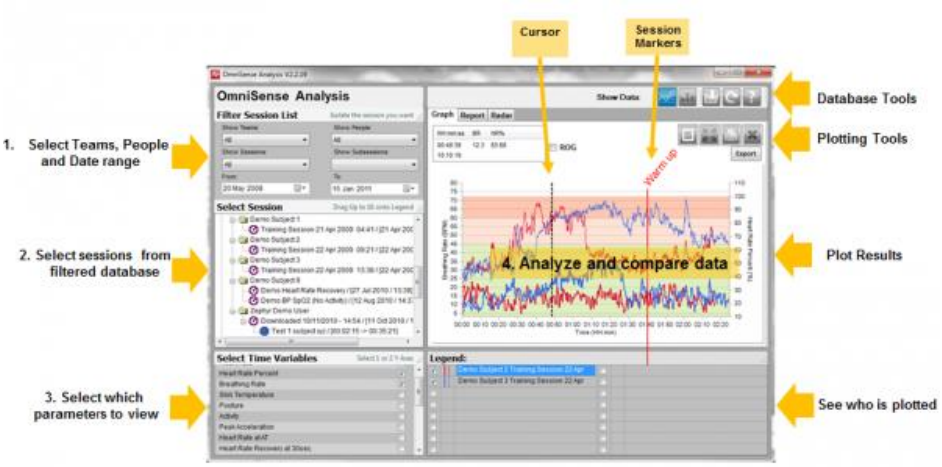
2. **เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน** จะทำการวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันด้วยเครื่อง Skinfold Caliper ยี่ห้อ Lange

3. **การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ** การวัดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะแข่งขัน ใช้เครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Zephyr รุ่น Bioharness 3 ซึ่งใส่ให้กับนักกีฬาแต่ละคน โดยจะคาดเครื่องมือไว้รอบอก และในขณะแข่งขัน เครื่องจะบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจตลอดการแข่งขันตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงจบการแข่งขัน

4. **โปรแกรม Omnisense Live** ใช้ในการติดตามผลระหว่างทำการทดสอบ



5. **โปรแกรม Omnisense Analysis** ใช้ในการวิเคราะห์ผลเบื้องต้นก่อนนำมาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ



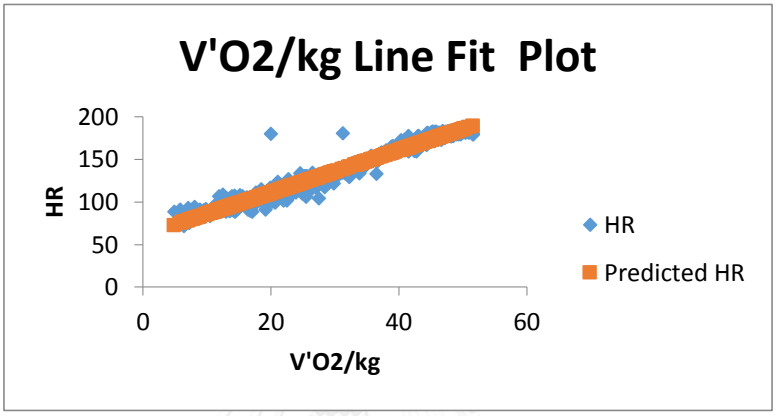
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลสมการถดถอยเชิงเส้นของนักกีฬา

1.นักกีฬา A

HR-VO_2 Regression line



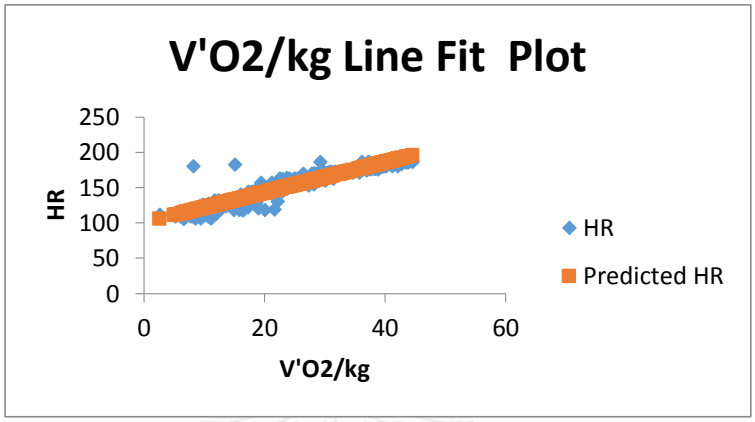
สมการถดถอยเชิงเส้น : Y = 61.41216 + 2.456376X

r = 0.95709

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.นักกีฬา B

HR-VO_2 Regression line



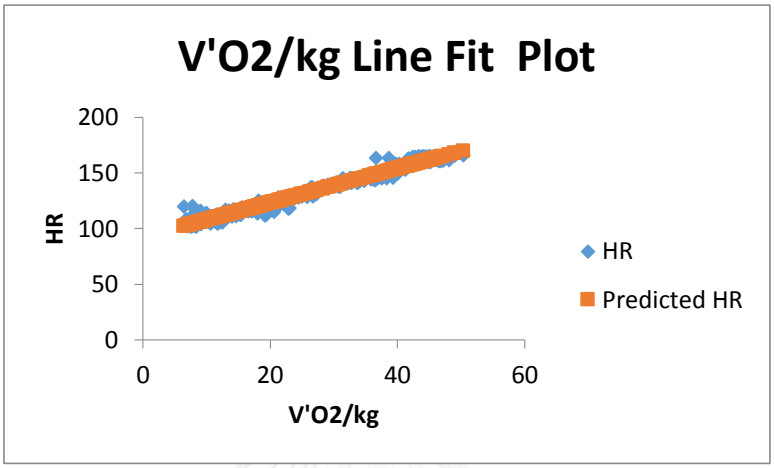
สมการถดถอยเชิงเส้น : Y = 100.246 + 2.141544X

r = 0.912284

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.นักกีฬา C

HR-VO_2 Regression line



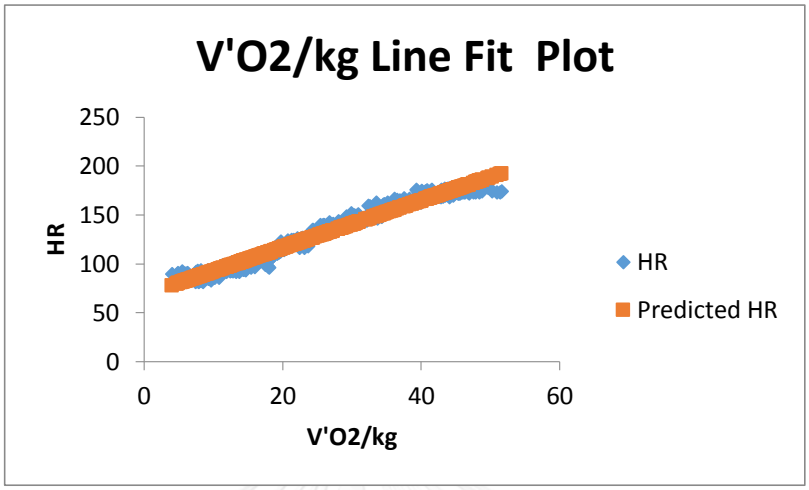
สมการถดถอยเชิงเส้น : Y = 92.42165 + 1.544215X

r = 0.9582

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.นักกีฬา D

HR-VO_2 Regression line



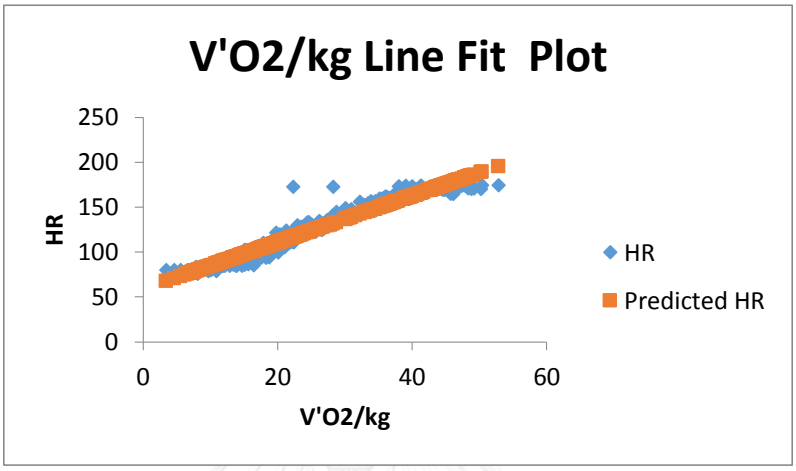
สมการถดถอยเชิงเส้น : Y = 68.11524 + 2.406662X

r = 0.971293

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.นักกีฬา E

HR-VO_2 Regression line



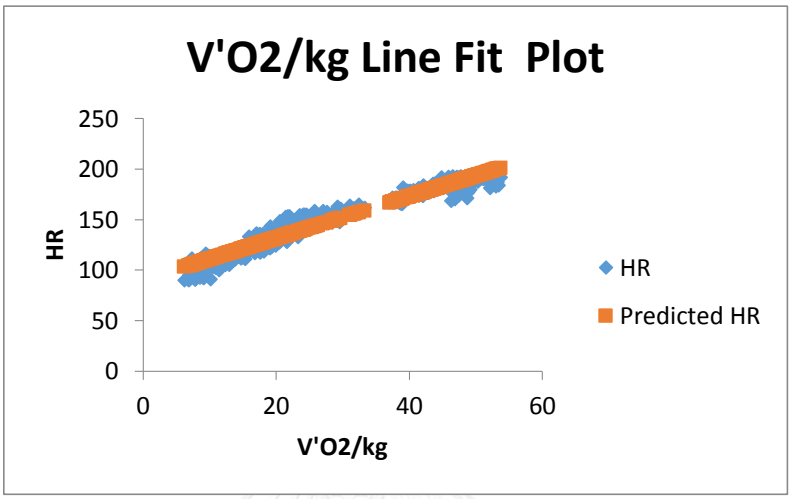
สมการถดถอยเชิงเส้น : Y = 58.70025 + 2.592651X

r = 0.958773

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.นักกีฬา F

HR-VO_2 Regression line



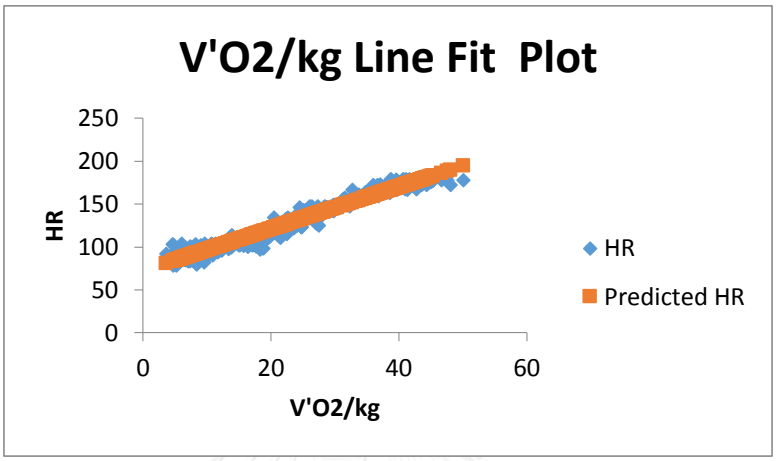
สมการถดถอยเชิงเส้น : Y = 89.8877 + 2.065955X

r = 0.952789

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.นักกีฬา G

HR-VO_2 Regression line



สมการถดถอยเชิงเส้น : Y =72.0062 + 2.445277X

r = 0.96832

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ : นางสาวธนิดา คณาณิน ไทยานนท์

เกิดวันที่ : 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2534

สถานที่เกิด : กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา :โรงเรียนวัดนวลนรดิศ

จ.กรุงเทพฯ ปีการศึกษา 2551

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี :ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา

จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University