

๖13.๗1
ค1๓๑ก
2554

การใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเช้าและเย็น

126 กธ 2561



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

พฤษภาคม 2554

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเช้าและเย็น



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
พฤษภาคม 2554

ชนันท์ ฤาณา. (2554). การใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเช้าและเย็น. ปรินซ์นิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตรบัณฑิต). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร.ณอมศักดิ์ เสนาคำ, อาจารย์ ดร.พิชิต เมืองนาโพธิ์.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเช้าและเย็น กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 14 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และทำการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าทีและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพันธ์ระหว่างการออกกำลังกายตอนเช้ากับการออกกำลังกายตอนเย็นไม่มีความแตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานโดยรวม พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมันในการออกกำลังกายตอนเช้าและตอนเย็นเป็นระยะเวลา 35 นาที ไม่มีความแตกต่างกัน จากนั้น ศึกษาในขณะออกกำลังกาย เป็นเวลา 25 นาที พบว่า การออกกำลังกายตอนเช้ากับตอนเย็นมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน โดยการออกกำลังกายตอนเช้ามีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าการออกกำลังกายตอนเย็น ส่วนพลังงานไขมัน ไม่มีความแตกต่างกัน และในช่วงอบอุ่นร่างกายมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไขมัน ไม่แตกต่างกัน ส่วนช่วงคลายอบอุ่นร่างกายมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน โดยการออกกำลังกายตอนเย็นมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า ส่วนพลังงานไขมัน ไม่มีความแตกต่างกัน

สรุปได้ว่า การออกกำลังกายตอนเช้าและตอนเย็นมีผลต่อการใช้พลังงานโดยรวมไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไขมันในขณะออกกำลังกาย พบว่า การออกกำลังกายตอนเช้ามีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าการออกกำลังกายตอนเย็น เพราะฮอร์โมนและกระบวนการเมตาบอลิซึมของกลูโคสจะตอบสนองได้ดีที่สุดในตอนเช้า (Andre, J. Scheen; et al. 1998) การออกกำลังกายตอนเย็น อุณหภูมิของร่างกาย ค่าพลังงานสูงสุด (Souissi; et al. 2004) พลังงานแอโรบิก (Hill. 1992) ระยะเวลาของการใช้พลังงาน การตอบสนองของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Hill. 1996) ในตอนเย็นจะมีค่ามากกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า เพราะระดับ catecholamine ซึ่งเป็นตัวช่วยกระตุ้นกระบวนการเมตาบอลิซึมและเพิ่มระดับฮอร์โมนในการเผาผลาญไขมันจะมีค่าสูงสุดในตอนเย็น (Ayoko. 1995) ดังนั้นการออกกำลังกายตอนเช้าจะได้ผลดีในเรื่องของระบบเมตาบอลิซึมของกลูโคส และการออกกำลังกายตอนเย็นจะมีประสิทธิภาพมากในการเผาผลาญไขมันและทำให้มวลไขมันในร่างกายลดลง

คำสำคัญ: การใช้พลังงาน, ค่าความเหนื่อยสัมพันธ์, catecholamine

MORNING AND AFTERNOON ENERGY EXPENDITURE DURING EXERCISE



Presented in partial fulfillment of the Requirements for the
Master of Science degree in sports Science
at Srinakharinwirot University

May 2011

Thanutchanun Thapana. (2011). *Morning And Afternoon Energy Expenditure During Exercise*. Master Thesis, M.Sc. (Sport science). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Thanomsak Senakhum, Dr. Pichit Muangnapoe, Dr.

The purposes of this research were to examine and to compare the morning and afternoon energy expenditure during exercise. The subjects were fourteen student of physical education faculty at Srinakharinwirot University, were selected by using purposive random sampling technique. The subjects were tested for the maximal oxygen consumption and perform the following exercises programs. The data were analyzed in terms of mean, standard deviation and independent sample t-test, then compare mean and standard deviation. The results were as follows: the mean of relative exhaustion during exercise between two groups were not statistically significant difference, mean of the total energy of carbohydrates and fats during the morning and afternoon exercise for thirty-five minutes were not statistically significant difference. And then study during twenty five minutes of exercise found that: the carbohydrates energy expenditure were different between the morning and afternoon exercise, the morning exercise use more carbohydrates energy than the afternoon exercise, whereas the fat energy were not different, and during warm up were not different between carbohydrates and fat energy, whereas during cool down were different of carbohydrates energy, the afternoon exercise use more carbohydrates energy than the morning exercise, but fat energy were not different.

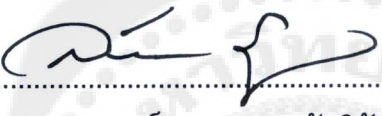
Conclude that; the morning exercise use more carbohydrates energy than the afternoon exercise, Because hormones and metabolic processes of glucose's new best to respond in the morning. Exercise after body temperature, mean power and peak power (Souissi; et al. 2004) aerobic power (Hill. 1992) time to the exhaustion, peak oxygen consumption and aerobic system response (Hill. 1996), in the after were higher than morning. Because the level of catecholamine. Which stimulates the metabolic processes and increase hormone's new in the burning of fat is highest in the evening (Ayoko. 1995). Therefore, morning exercise will be beneficial in terms of system Metabolic new House of glucose and exercise the evening is very effective in burning fat and the body fat mass reduction.

Keyword: The energy expenditure, The relative exhaustion, catecholamine

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเช้าและเย็น

ของ
ชนันันท์ ฤาปนา

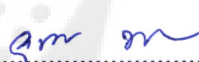
ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่...26...เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2554

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า


.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ)


.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.อุษากร พันธุ์วานิช)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พิชิต เมืองนาโพธิ์)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พิชิต เมืองนาโพธิ์)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.คุณันต์ พิธิพรชัยกุล)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความเมตตากรุณาอย่างยิ่ง จากอาจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.พิชิต เมืองนาโพธิ์ กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้อง สมบูรณ์และมีคุณค่าทางวิชาการ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณยิ่งแต่ท่านคณาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่าน ผู้ซึ่งให้ความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ขอขอบพระคุณนิสิตคณะพลศึกษาทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่า เพื่อเข้าร่วมกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอเทอญพระคุณ คุณพ่อภัทรภูมิ ถาปนาและคุณแม่เข็มทอง ถาปนา ตลอดจนพี่ชาย ญาติพี่น้อง เพื่อนๆ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ช่วยให้กำลังใจและให้คำปรึกษา ซึ่งเป็นแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยฟันฝ่าอุปสรรคต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้เป็นอย่างดี จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในน้ำใจและความกรุณาของทุกท่านเป็นอย่างสูงยิ่ง

ธัชชนันท์ ถาปนา

สารบัญ

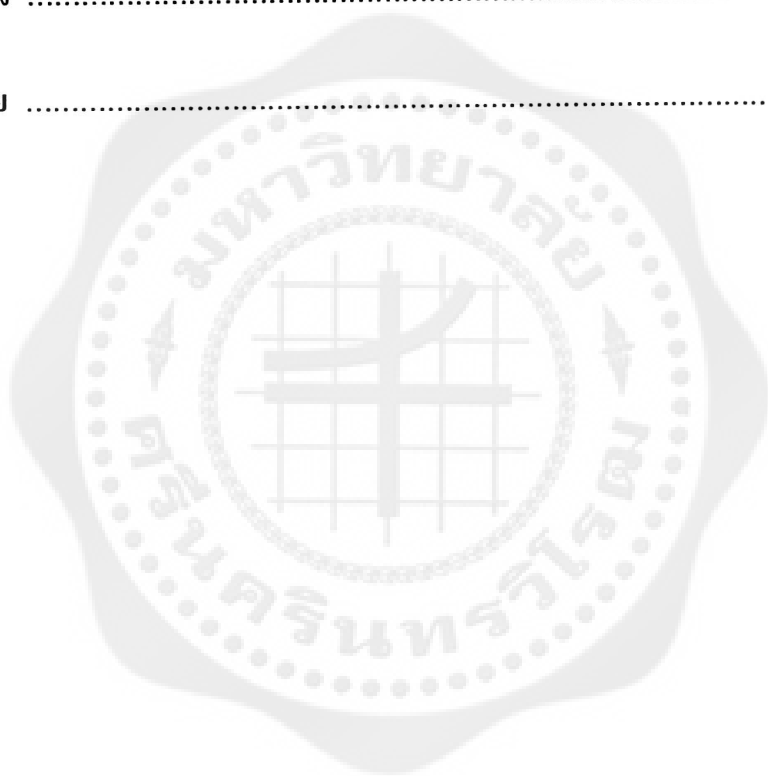
บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
ความสำคัญของการวิจัย	3
ข้อตกลงเบื้องต้น	3
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
แนวคิดเกี่ยวกับการออกกำลังกาย	8
ความหมายของการออกกำลังกาย	8
หลักการและขั้นตอนของการออกกำลังกาย	9
ประเภทของการออกกำลังกาย	14
ความหนักของการออกกำลังกาย	15
ประโยชน์ของการออกกำลังกาย	15
เมตะบอลิซึม	18
อัตราของเมตะบอลิซึม	18
อัตราของเมตะบอลิซึมพื้นฐาน	19
อัตราเมตะบอลิซึมในขณะพัก	19
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราเมตะบอลิซึม	19
กระบวนการสร้างพลังงาน	21
ระบบพลังงาน	24
ระบบแอนแอโรบิก อลैคเทต	24
ระบบแอนแอโรบิก แล็กเทต	25
ระบบแอโรบิก	27
สิ่งที่มีอิทธิพลต่อจำนวนของพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย	30
การวัดการใช้พลังงาน	31
ค่าเศษส่วนของการหายใจ	35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2 (ต่อ)		
	ระบบการหายใจกับการออกกำลังกาย	36
	การทำหน้าที่ของระบบหายใจ	37
	การระบายอากาศในสภาวะต่างๆ	38
	การแลกเปลี่ยนก๊าซขณะออกกำลังกาย	39
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
	งานวิจัยต่างประเทศ	40
	งานวิจัยในประเทศ	45
3	วิธีดำเนินการวิจัย	48
	การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	48
	เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	48
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	49
	การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	51
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	52
	ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง	52
	ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในช่วงเวลาต่างๆ และค่าความเหนื่อย สัมพัทธ์ ระหว่างกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น	53
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	63
	สังเขปความมุ่งหมาย สมมุติฐาน วิธีการทดลอง และสรุปผลการทดลอง	63
	อภิปรายผล	64
	ข้อเสนอแนะ	68
	ข้อแนะนำสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป	68
บรรณานุกรม		69

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก	75
ภาคผนวก ก	76
ภาคผนวก ข	79
ภาคผนวก ค	81
ภาคผนวก ง	83
ประวัติย่อผู้วิจัย	90



บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และ % VO_{2max} ในช่วงการออกกำลังกาย ต่างๆ ของกลุ่มตัวอย่าง 14 คน	53
2	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงาน (กิโลแคลอรี) ในการออกกำลังกาย ของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น เป็นระยะเวลา 35 นาที	54
3	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพันธ์ขณะออกกำลังกายของกลุ่ม ออกกำลังกายตอนเช้ากับการออกกำลังกายตอนเย็น	55
4	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงาน (กิโลแคลอรี) ในขณะออกกำลังกายของ กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น เป็นระยะเวลา 25 นาที ..	55
5	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมัน (กิโลแคลอรี) ในช่วงการอบอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่ม ออกกำลังกายตอนเย็น เป็นระยะเวลา 5 นาที	57
6	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมัน (กิโลแคลอรี) ในช่วงคลายอบอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่ม ออกกำลังกายตอนเย็น เป็นระยะเวลา 5 นาที	58
7	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต (กิโลแคลอรี) ในช่วง การอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอบอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับ กลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น เป็นระยะเวลา 5 นาที	59
8	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานไขมัน (กิโลแคลอรี) ในช่วงการอบอุ่น ร่างกายกับช่วงคลายอบอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกาย ตอนเย็น เป็นระยะเวลา 5 นาที	61

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis)	26
2 วัฏจักรเคร็บ (Kerb's cycle)	27
3 การขนส่งอิเล็กตรอน (Electron transport)	28
4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการออกกำลังกายกับการทำงานของพลังงาน ในระบบต่างๆ	30
5 แสดงปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ต้องใช้ในการเล่นสกีน้ำแข็ง ด้วยความเร็วต่างๆ ของชายน้ำหนักตัว 83 กิโลกรัม ความจุปอด 6.95 ลิตร	31
6 Human Calorimeter	32
7 Benedict-Roth Spiro Meter	33
8 แสดงวิธีการเคลื่อนย้ายออกซิเจนจากอากาศเข้าสู่ร่างกายเพื่อนำไปใช้ในการ เคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ	37
9 แผนผังแสดงการใช้พลังงานในการออกกำลังกาย เป็นระยะเวลา 35 นาที	54
10 แผนผังแสดงการใช้พลังงานในขณะออกกำลังกาย เป็นระยะเวลา 25 นาที	56
11 แผนผังแสดงการใช้พลังงานช่วงการออกกำลังกาย	59
12 แผนผังแสดงความหนักของงานในการปั่นจักรยานในช่วงระยะเวลาต่างๆ	60
13 แผนผังแสดงการใช้พลังงานในช่วงต่างๆ เป็นระยะเวลา 5 นาที	61
14 แผนผังแสดงการใช้พลังงานต่างๆ ในช่วงอบอุ่นร่างกายและคลายอบอุ่นร่างกาย เป็น ระยะเวลา 5 นาที	62
15 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas Analyzer) ยี่ห้อ Cosmed รุ่น PFT Ergo	84
16 จักรยานวัดงาน ยี่ห้อ Monark Ergomedic รุ่น 839E	85
17 ตารางวัดค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ (Rating of Perceived Exertion: RPE Borg Scale)	86
18 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (Heart rate monitor) ยี่ห้อ Polar	87

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การออกกำลังกายได้กลายมาเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน แต่เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ มีมากขึ้นเป็นผลให้มนุษย์มีวิถีการดำเนินชีวิตเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเฉพาะพฤติกรรมการบริโภคและการใช้แรงงานในชีวิตประจำวันลดน้อยลง ดังที่ พิชิต ภูติจันทร์ (2547: 69) ได้กล่าวว่า ความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ ทำให้มีความจำเป็นในการใช้แรงงานของตนเองมีน้อย เพราะมนุษย์ได้นำเอาเครื่องมือ เครื่องใช้ และเครื่องยนต์กลไกต่างๆ เข้ามาช่วยในการทำงานมากขึ้น เป็นเหตุให้มีการเคลื่อนไหวทางกายน้อยลง ดังนั้น มนุษย์จึงหาวิธีการในการที่จะชดเชยกิจกรรมทางกายด้วยการออกกำลังกาย เพราะการออกกำลังกายเป็นกิจกรรมที่ทำให้มนุษย์มีความสมบูรณ์ แข็งแรงและสามารถพัฒนาระบบต่างๆ ของร่างกายให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ เจริญ กระบวนรัตน์ (2548: 3) กล่าวว่า การออกกำลังกายช่วยให้ระบบการทำงานของอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกายเกิดการปรับตัวและเปลี่ยนแปลง เกิดการพัฒนาทางด้านสมรรถภาพทางกาย ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการปรับตัวเพื่อตอบสนองและเตรียมพร้อมจะรับสถานการณ์ความเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านปริมาณและความหนักในการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้นในโอกาสต่อไป ดังนั้น คนที่มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ ย่อมส่งผลให้ร่างกายมีความแข็งแรงสามารถต้านทานต่อความเหน็ดเหนื่อยจากการทำงานได้ดีกว่าคนที่ไม่มีการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตามการที่มนุษย์จะได้รับประโยชน์จากการออกกำลังกายอย่างเต็มที่นั้น ต้องมีระดับความหนักของการออกกำลังกายที่เหมาะสม สมาคมเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา (American College of Sport Medicine, ACSM, 2004) แนะนำถึงระดับความหนักของการออกกำลังกายไว้ว่า ควรอยู่ในช่วง 60-90 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ หรือ 50-85 % ของ VO_{2max} ระยะเวลา 20-60 นาที ที่ความบ่อย 3-5 วันต่อสัปดาห์ ศิริลักษณ์ โอตาการ (2544) กล่าวว่า การออกกำลังกายระดับปานกลางเป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมต่อการป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบตัน เนื่องจาก ไม่ทำให้เกิดภาวะความเครียดต่อการเพิ่มอนุมูลอิสระ มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการเผาผลาญพลังงานไขมัน โดยที่การออกกำลังกายด้วยความหนักปานกลางที่ว่านี้ ควรมีการรักษาระดับอัตราการเต้นของหัวใจให้อยู่ระหว่าง 64-76% ของ VO_{2max} และ Mc Ardle; Katch & Katch (1994: 359-360) กล่าวว่า ระดับความหนักของการออกกำลังกายที่ 70% ของ VO_{2max} คือ ระดับที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพทางกายได้ โดยเป็นการออกกำลังกายในระดับปานกลาง สามารถทำได้ต่อเนื่องยาวนานโดยไม่เกิดอาการล้า ซึ่งการออกกำลังกายแต่ละชนิดจะมีผลต่อสุขภาพแตกต่างกัน แม้ว่าจะเป็นการออกกำลังกายชนิดเดียวกัน แต่ถ้ามีวิธีการ ความหนัก ระยะเวลา หรือความบ่อยในการออกกำลังกายต่างกัน ก็จะมีผลต่อสุขภาพไม่เหมือนกัน (วุฒิพงษ์ ปรมัตถการ. 2537: 46)

จากประโยชน์ของการออกกำลังกายดังกล่าว เป็นผลทำให้มนุษย์เริ่มตระหนักถึงความสำคัญในการออกกำลังกายกันมากขึ้น แต่ด้วยสภาวะเศรษฐกิจที่เร่ร่อนในยุคปัจจุบันทำให้มนุษย์ต้องมีการแข่งขันเพื่อความอยู่รอดของตนมากขึ้น ทำให้ไม่มีเวลาว่างในการออกกำลังกายและประกอบกิจกรรมนันทนาการต่าง ๆ ได้มากนัก ทำให้มนุษย์ต้องใช้เวลาว่างที่มีอยู่อย่างจำกัด ประกอบกิจกรรมนันทนาการ การออกกำลังกาย ซึ่งอาจใช้เวลาที่ว่างจากการทำงาน การประกอบภารกิจประจำวัน เพื่อออกกำลังกายในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น ในช่วงเช้านอกไปทำงาน ช่วงกลางวัน ช่วงเย็นหลังจากกลับจากที่ทำงานหรือในวันหยุดสุดสัปดาห์ เป็นต้น ปัจจุบันประชาชนส่วนใหญ่เลือกที่จะออกกำลังกายในช่วงเย็นมากกว่าช่วงเช้า เพราะเป็นช่วงเวลาที่สะดวกต่อการออกกำลังกายมากที่สุด ส่วนใหญ่จะออกกำลังกายโดยทราบเพียงว่าการออกกำลังกายมีประโยชน์ต่อร่างกาย แต่ไม่สามารถรู้รายละเอียดลึกลงไปว่าการออกกำลังกายในช่วงเวลาต่างกัน มีผลต่อระบบการทำงานของร่างกาย ระบบการใช้พลังงานในร่างกายขณะออกกำลังกายอย่างไร ซึ่ง จรวยพร ธรณินทร์ (2534) กล่าวว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิก มีผลต่อการเพิ่มออกซิเจน ช่วยให้ออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจแข็งแรงและลดแรงต้านที่มีต่อการไหลเวียนของอากาศ ทำให้อากาศกระจายเข้าออกจากร่างกายได้ดีขึ้น ช่วยให้หัวใจสูบฉีดได้ดีและแรง ทำให้ได้ปริมาณของเลือดต่อการบีบตัวของหัวใจแต่ละครั้งมากขึ้น ทำให้การลำเลียงอากาศหรือออกซิเจนจากร่างกายไปยังหัวใจได้ดีขึ้น กระตุ้นให้ร่างกายต้องใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานขณะออกกำลังกาย ซึ่งการใช้พลังงานในการออกกำลังกายที่มีระยะเวลานาน พลังงานที่สำคัญได้มาจากคาร์โบไฮเดรต และไขมัน แต่ในช่วงท้ายของการออกกำลังกาย ร่างกายจะใช้ไขมันเป็นต้นตอของพลังงานที่สำคัญ (เสก อักษรานุเคราะห์. 2549) กล่าวไว้ว่า การออกกำลังกายตอนเย็นจะทำให้ร่างกายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า เพราะในตอนเย็นร่างกายได้รับสารอาหารจากการรับประทานอาหารเช้า กลางวัน ครบทำให้มีสารอาหารเหลือในการใช้เป็นพลังงานในการประกอบกิจกรรมทางกายและออกกำลังกายได้ตลอด ส่วนการออกกำลังกายตอนเช้าหลังการตื่นนอน ร่างกายไม่ได้รับสารอาหารก่อนการออกกำลังกายเลย ทำให้ร่างกายต้องใช้สารอาหารที่เก็บสะสมไว้ตามที่ต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ดับกล้ามเนื้อ เพื่อใช้เป็นพลังงานในการประกอบกิจกรรมทางกาย เป็นผลให้ดับ กล้ามเนื้อมีการทำงานที่หนักขึ้น นอกจากนี้การออกกำลังกายตอนเย็นยังช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันทางร่างกายได้ดีกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า (โทมัส ไรลีย์. 2549) กล่าวไว้ว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการออกกำลังกายสำหรับคนส่วนใหญ่ราวร้อยละ 90 คือ ระหว่างเวลา 16.00-19.00 น. เพราะอุณหภูมิของร่างกายจะเพิ่มสูงสุด กล้ามเนื้อขยายตัว และมีความยืดหยุ่น เป็นช่วงที่ร่างกายมีกำลังมากที่สุด อัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตต่ำ ดังนั้นจึงไม่ต้องใช้ความพยายามมากนักเพื่อออกกำลังกาย ทำให้มีแรงจูงใจอยากออกกำลังกายมากขึ้นและมีแนวโน้มบาดเจ็บน้อยลง แต่เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสูง สภาพอากาศร้อน ซึ่งแตกต่างกับสภาพภูมิอากาศของประเทศทางยุโรปตะวันตกที่มีลักษณะภูมิอากาศที่หนาวเย็น เป็นผลให้การดำรงชีวิตแตกต่างกัน ทำให้งานวิจัยดังกล่าวไม่สามารถประยุกต์ใช้กับประชาชนชาวไทยได้มากนักประกอบงานวิจัยภายในประเทศยังไม่มีผู้ศึกษาวิจัยมาก่อน

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นถึงอัตราการใช้พลังงานของร่างกายที่เป็นผลมาจากการออกกำลังกายในช่วงเวลาที่แตกต่างกันและมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้การใช้พลังงานในการออกกำลังกายในช่วงเวลาที่ต่างกันมีผลต่อการฝึกและการออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการออกกำลังกายและช่วงเวลาของการฝึกซ้อมกีฬา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเช้าและตอนเย็นดังกล่าว

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการออกกำลังกาย ระหว่างการออกกำลังกายตอนเช้าและตอนเย็น
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ในขณะออกกำลังกายระหว่างตอนเช้าและตอนเย็น

ความสำคัญของการวิจัย

1. ทำให้ทราบค่าและความแตกต่างของการใช้พลังงานในการออกกำลังกายระหว่างการออกกำลังกายตอนเช้าและตอนเย็น
2. ทำให้ทราบค่าและความแตกต่างของความเหนื่อยสัมพันธ์ขณะออกกำลังกายระหว่างการออกกำลังกายตอนเช้าและตอนเย็น
3. สามารถนำผลที่ได้จากการศึกษา ไปเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการออกกำลังกายและประยุกต์ใช้กับระบบการฝึกซ้อมของนักกีฬาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อดกลงเบื้องต้น

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมเรื่องอาหาร การพักผ่อน การเรียนวิชา ปฏิบัติทางพลศึกษา การปฏิบัติตนในชีวิตประจำวันและการดำรงชีวิตประจำวันก่อนการเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายของผู้เข้ารับการทดลองได้

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีการศึกษา 2553 อายุระหว่าง 18-20 ปี จำนวน 500 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประจำปีการศึกษา 2553 อายุระหว่าง 18-20 ปี จำนวน 14 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ทำการทดลอง 2 ครั้ง คือ การออกกำลังกายตอนเช้า เวลา 06.00-08.00 น. และการออกกำลังกายตอนเย็น เวลา 16.00-18.00 น. พักระหว่างการทดลอง 1 สัปดาห์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ถูกคัดเลือกจะต้องผ่านเกณฑ์ต่างๆ ดังนี้

1. มีการออกกำลังกายเป็นประจำ เฉลี่ยอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์
2. ไม่มีข้อห้ามทางการแพทย์ที่จะเป็นอุปสรรคในการออกกำลังกาย และการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) โดยใช้แบบสอบถามความพร้อม ในการปฏิบัติกิจกรรมทางกาย (PAR-Q) ปรับปรุงจาก ACSM's (2004)
3. กลุ่มตัวอย่างจะต้องกรอกข้อมูลและลงนามรับรองในหนังสือยินยอม (Inform Consent) ก่อนเข้าร่วมการทดลอง

ตัวแปรในการศึกษาค้นคว้า

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การออกกำลังกายตอนเช้า ระหว่างเวลา 06.00-08.00 น. และ ตอนเย็นระหว่างเวลา 16.00-18.00 น.
2. ตัวแปรตาม ได้แก่ การใช้พลังงานในร่างกายขณะออกกำลังกายในช่วงระยะเวลาต่างๆ และการใช้พลังงานโดยรวม
3. ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ระดับความหนักของงานที่ให้ในขณะออกกำลังกายที่ความหนัก 70-75 เปอร์เซ็นต์ของ VO_{2max}

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การออกกำลังกายตอนเช้า หมายถึง การออกกำลังกายในช่วงเวลา 06.00-08.00 น. ก่อนการรับประทานอาหารเช้า
2. การออกกำลังกายตอนเย็น หมายถึง การออกกำลังกายในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ก่อนการรับประทานอาหารเย็น
3. อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) หมายถึง จำนวนครั้งในการสูดฉีดของโลหิตออกจากหัวใจห้องล่างซ้ายใน 1 นาที มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที
4. สมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen consumption : VO_{2max}) หมายถึง ปริมาณก๊าซออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายใช้ไปใน 1 นาที ในภาวะที่ร่างกายออกกำลังกายจนถึงจุดที่อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด
5. การใช้พลังงาน หมายถึง การใช้พลังงานของร่างกายในขณะออกกำลังกาย ทำการวัดโดยวิธีการวัดการใช้พลังงานทางอ้อม (Indirect Calorimetry) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas Analyzer) มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรีต่อนาที (Kcal/min)

6. ค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ (Resting of Perceived Exertion : RPE Borg Scale) หมายถึง ค่าที่ใช้วัดระดับความหนักของการออกกำลังกายจากความรู้สึกเหนื่อยของการออกกำลังกาย ออกมาเป็นตัวเลข โดยผู้ออกกำลังกายเป็นผู้ประเมินเอง โดยใช้สเกลของบอร์ก (Borg Scale) มีทั้งหมด 15 ระดับ เริ่มตั้งแต่ 6-20

7. การวัดการใช้พลังงานขณะพัก (Resting Metabolic Measurement: RMR) หมายถึง การวัดพลังงานต่ำสุดในการที่จะรักษากระบวนการทางสรีรวิทยาพื้นฐานของร่างกาย

สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า

1. การออกกำลังกายตอนเช้าและตอนเย็นจะมีผลต่อการใช้พลังงานของร่างกายแตกต่างกัน
2. การออกกำลังกายตอนเช้าและตอนเย็น มีค่าความรู้สึกสัมพันธ์ขณะออกกำลังกายแตกต่างกัน



กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยแบ่งลำดับหัวข้อนำเสนอ ดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับการออกกำลังกาย
 - 1.1 ความหมายของการออกกำลังกาย
 - 1.2 หลักการและขั้นตอนของการออกกำลังกาย
 - 1.3 ประเภทของการออกกำลังกาย
 - 1.4 ความหนักของการออกกำลังกาย
 - 1.5 ประโยชน์ของการออกกำลังกาย
2. เมตาบอลิซึม
 - 2.1 อัตราของเมตาบอลิซึม (Metabolism)
 - 2.2 อัตราของเมตาบอลิซึมพื้นฐาน (Basal metabolic rate, BMR)
 - 2.3 อัตราเมตาบอลิซึมในขณะพัก (Resting metabolic rate, RMR)
 - 2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราเมตาบอลิซึม
 - 2.5 กระบวนการสร้างพลังงาน
3. ระบบพลังงาน
 - 3.1 ระบบแอนแอโรบิก อแล็คเทต (Anaerobic alactate system)
 - 3.2 ระบบแอนแอโรบิก แล็คเทต (Anaerobic lactate system)
 - 3.3 ระบบแอโรบิก (Aerobic system)
 - 3.4 สิ่งที่มีอิทธิพลต่อจำนวนของพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย
 - 3.5 การวัดการใช้พลังงาน
 - 3.6 ค่าเศษส่วนของการหายใจ (Respiratory Quotient, RQ)
4. ระบบการหายใจกับการออกกำลังกาย
 - 4.1 การทำหน้าที่ของระบบหายใจ
 - 4.2 การระบายอากาศในสภาวะต่างๆ
 - 4.3 การแลกเปลี่ยนก๊าซขณะออกกำลังกาย
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยในประเทศ

1. แนวคิดเกี่ยวกับการออกกำลังกาย

1.1 ความหมายของการออกกำลังกาย

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ (2536: 1) ได้ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า หมายถึง การให้กล้ามเนื้อลายทำงานเพื่อให้ร่างกายมีการเคลื่อนไหวพร้อมกับการได้แรงงานด้วย ในขณะเดียวกันยังมีการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายเพื่อช่วยการจัดแผนงานควบคุมและปรับปรุงส่งเสริมให้การออกกำลังกายมีประสิทธิภาพและคงอยู่

เสก อักษรานุเคราะห์ (2534: 1) ได้ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า หมายถึง การที่กล้ามเนื้อต่างๆ หดตัว โดยพลังงานที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อได้มาจาก การแปรสภาพของสารพลังงาน Adenosine Triphosphate

ถนอม กฤษณ์เพ็ชร (2536: 18) ได้ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า หมายถึง เป็นการให้ร่างกายเคลื่อนไหว เพื่อให้ร่างกายแข็งแรงมีสุขภาพดี โดยจะใช้กิจกรรมใด เป็นสื่อก็ได้ เช่น กายบริหาร เดินเร็ว วิ่งเหยาะ หรือการฝึกกีฬาที่มีได้มุ่งเพื่อการแข่งขัน

พินิจ วิทยุฒิ (2540: 8) ได้ให้ความหมายของการออกกำลังกายไว้ว่า หมายถึง การกระทำใดๆ ที่ทำให้มีการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายเพื่อเสริมสุขภาพ เพื่อความสนุกสนาน เพื่อสังคม โดยใช้กิจกรรมง่ายๆ หรือมีกฎกติกาการแข่งขัน เช่น วิ่งกระโดด รำมวยจีน ว่ายน้ำ ขี่จักรยาน และอื่นๆ โดยไม่รวมถึงการออกกำลังกายในการทำงานและการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน

จรรยาลักษณ์ สุขแจ่ม (2541: 12) ได้ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า หมายถึง การกระทำ ที่บุคคลกระทำขึ้นเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของระบบต่างๆ ของร่างกาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการมีสุขภาพดี ซึ่งผลที่ได้ต่อสุขภาพจะแตกต่างกันไปตามกิจกรรมที่บุคคลได้เลือกกระทำ

วลีรัตน์ แตรตุลาการ (2541: 19) ได้ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า หมายถึง การทำกิจกรรมใดๆ เพื่อให้อวัยวะของร่างกายได้เคลื่อนไหวไปได้อย่างเหมาะสม ไม่ว่าจะออกแรงมากหรือน้อยก็ตาม ซึ่งไม่เพียงแต่จะทำให้ร่างกายแข็งแรงเท่านั้น แต่ยังทำให้มีสุขภาพดีและสามารถต้านทานโรคต่างๆ ได้อีกด้วย

จักรี เสริมทรัพย์ (2541: 12) ได้ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า หมายถึง การที่ร่างกายได้มีการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายที่มีมากกว่าการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน หรือทำงานปกติซึ่งเป็นผลทำให้ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงระบบต่างๆ ของร่างกายในการทำงาน เช่น เหนื่อยมากขึ้น หายใจเร็ว และแรงกล้ามเนื้อได้ออกแรงมากกว่าปกติ โดยการทำกิจกรรมการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องอย่างน้อยประมาณ 15-30 นาที แต่ต้องมีการควบคุมร่างกายให้อยู่ในสภาพปกติ ไม่ปรากฏอาการต่างๆ ที่จะทำให้เกิดเป็นอันตราย

สิวณี เข้ม (2542: 6) ได้ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า หมายถึง การใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายเคลื่อนไหวให้มีจังหวะเหมาะสม เป็นการออกแรงของร่างกายเพื่อฝึกให้ร่างกายทุกส่วนมีความแข็งแรง ทนทาน คล่องแคล่ว ว่องไว ทั้งระบบโครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อมีการ

เจริญเติบโต มีการเคลื่อนไหวอย่างมีศักยภาพ เมื่อร่างกายแข็งแรงก็ทำให้สมองแจ่มใส อารมณ์เบิกบาน สุขุมรอบคอบ รู้จักคิดอย่างมีเหตุผล เฉลียวฉลาดและสามารถปรับตัวเข้ากับสังคมได้ดี สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุขและมีคุณภาพ

สายันท์ สุขยิ่ง (2543: 14) ได้สรุปความหมายของการออกกำลังกายไว้ว่า การออกกำลังกายหมายถึง การเคลื่อนไหวของอวัยวะในระบบต่างๆ ของร่างกายหรือการเคลื่อนไหวที่ประสานกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถประกอบกิจกรรมงานประจำวันได้อย่างกระฉับกระเฉงมีภูมิต้านทานโรคสูง มีสมรรถภาพทางกายที่ดี

การกีฬาแห่งประเทศไทย (2544: 43) ได้ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า หมายถึง การกระทำใดๆ ที่มีการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายเพื่อสุขภาพ เพื่อความสนุกสนาน และเพื่อสังคม โดยใช้กิจกรรมง่ายๆ เช่น วิ่ง กระโดดเชือก การบริหารร่างกาย การยกน้ำหนัก แอโรบิกแดนซ์ วายน้ำ ขี่จักรยาน เกมและการละเล่นพื้นเมือง เป็นต้น

แลมปี (Lamp. 1984: 11) ได้ให้ความหมายของการออกกำลังกายคือ การทำงานของกล้ามเนื้อลาย เพื่อให้ร่างกายมีการเคลื่อนไหวตามความมุ่งหมาย โดยที่การทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายช่วยสนับสนุนให้การออกกำลังกายมีประสิทธิภาพและคงอยู่ได้

ไพบุลย์ ศรีชัยสวัสดิ์ (2549: 17) ได้สรุปความหมายของการออกกำลังกายว่า หมายถึง การที่ร่างกายได้มีการเคลื่อนไหว ระบบต่างๆ ของร่างกาย ทำให้ระบบการไหลเวียนของเลือดได้มีการสูบฉีดเพิ่มมากขึ้น และระบบกล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกายได้มีการยืดหดและคลายกล้ามเนื้อ โดยใช้กิจกรรมง่ายๆ เช่น วิ่ง กระโดดเชือก กายบริหารร่างกาย การยกน้ำหนัก แอโรบิกแดนซ์ วายน้ำ ขี่จักรยาน เกมและการละเล่นพื้นเมือง เป็นต้น ทำให้สามารถประกอบกิจกรรมงานประจำวันได้อย่างกระฉับกระเฉง มีภูมิต้านทานโรคสูง มีสมรรถภาพทางกายที่ดี

1.2 หลักการและขั้นตอนของการออกกำลังกาย

หลักของการออกกำลังกาย

การกำหนดโปรแกรมการออกกำลังกาย

การกำหนดโปรแกรมในการออกกำลังกายเทียบได้กับการรักษาโรค คือต้องทราบว่าจะใช้วิธีการอะไร ปริมาณเท่าไร ระยะเวลาเท่าใด และความถี่อย่างไร จึงจะเกิดผลดีต่อสุขภาพตามที่ต้องการ โปรแกรมการออกกำลังกายจึงจำเป็นต้องกำหนดให้มีความเหมาะสมกับผู้ออกกำลังกายแต่ละรายไป และควรเป็นโปรแกรมที่ชวนให้ปฏิบัติได้นานโดยไม่เกิดความเบื่อหน่ายก่อนที่จะเกิดผลทางสรีรวิทยาอีกด้วย (วุฒิพงษ์ ปรมัตถการ. 2537: 14) องค์ประกอบพื้นฐานของหลักการกำหนดโปรแกรมการออกกำลังกายประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ

1. ประเภท (Type) ของกิจกรรม หมายถึง ชนิดของกิจกรรมที่จะใช้ในการออกกำลังกายหรือการฝึกเพื่อให้เหมาะสมกับการพัฒนาองค์ประกอบของร่างกาย เช่น การเสริมสร้างความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียน กิจกรรมที่เหมาะสม จึงควรเป็นกิจกรรมที่ใช้แหล่งพลังงานจากระบบแอโรบิก กิจกรรมที่นิยมกันทั่วไป ได้แก่ การวิ่งเหยาะ เดินเร็ว ปั่นจักรยาน วายน้ำ เป็นต้น สำหรับ

ผู้ที่เริ่มต้นออกกำลังกาย ควรเลือกการออกกำลังกายที่ทำได้ง่ายโดยไม่ต้องทักษะมากนัก เพื่อให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพทางกายเสียก่อน

2. ความหนัก (Intensity) ของการออกกำลังกาย คือ การกำหนดความหนักของการออกกำลังกาย ที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฉพาะทางด้านสรีรวิทยาและขบวนการเผาผลาญในร่างกาย ในขณะออกกำลังกาย ซึ่งระดับความหนักของการออกกำลังกายเริ่มต้นของการกำหนดโปรแกรม การออกกำลังกายจะขึ้นอยู่กับเป้าหมายของโปรแกรม อายุ ความสามารถ ความชอบและระดับสมรรถภาพ เช่น เพื่อให้เกิดการพัฒนาของระบบหัวใจและการไหลเวียน การออกกำลังกายควรจะมี ความหนักมากกว่า 50-60% แต่ไม่เกิน 75-85% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})

3. ระยะเวลาในการออกกำลังกาย (Duration) ของการออกกำลังกาย หมายถึง ระยะเวลา และระดับความหนักของการออกกำลังกายจะมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน คือ ถ้าระดับความหนักสูงระยะเวลาของการออกกำลังกายจะสั้น ซึ่งระยะเวลาของการออกกำลังกายไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับความหนักเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับสุขภาพ ระดับสมรรถภาพเริ่มต้นความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกาย และเป้าหมายของโปรแกรม เพื่อให้เกิดประโยชน์ควรใช้เวลาในการออกกำลังกายอย่างน้อย 20-30 นาที ติดต่อกันโดยใช้กลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำงานแบบต่อเนื่อง หรืออาจจะแบ่งทำเป็นช่วงๆ ในหนึ่งวันให้ครบ 30 นาที ซึ่งจะเหมาะสำหรับคนที่มีระดับความสมบูรณ์ทางกายต่ำ

4. ความถี่หรือความบ่อย (Frequency) หมายถึง จำนวนครั้งของการออกกำลังกายในแต่ละสัปดาห์ ซึ่งจากรายงานการวิจัยพบว่าการออกกำลังกาย 3 วันในหนึ่งสัปดาห์ ทำวันเว้นวันก็เพียงพอต่อการพัฒนาองค์ประกอบต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางกาย อย่างไรก็ตามความถี่ของการออกกำลังกายยังเกี่ยวข้องกับระยะเวลาและระดับความหนัก

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ (2539: 7) กล่าวถึงหลักทั่วไปในการออกกำลังกายแต่ละขั้นตอนการออกกำลังกาย ไว้ดังนี้

1. อบอุ่นร่างกาย 5-10 นาที โดยการยืดเหยียดข้อต่อและเอ็นกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนไหว เช่น แขน ขา หลัง คอ นิ้วมือ ฯลฯ แบบอยู่กับที่ (Static Stretch) แล้วเริ่ม การเคลื่อนไหวจากช้าไปหาเร็วตามลำดับ และหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการออกกำลังกาย ซึ่งใช้เวลาอย่างน้อย 20 นาที ควรค่อยๆ ลดสภาวะร่างกาย (Cool Down) จนอยู่ในสภาวะปกติ

2. เลือกกิจกรรมออกกำลังกายให้เหมาะสมกับสภาวะของร่างกาย โดยคำนึงถึงเพศ วัย และสภาพร่างกายขณะนั้น

3. ไม่ควรออกกำลังกายให้มากเกินไปจนทำให้ร่างกายเสื่อมสภาพลง

4. ควรมีสุนัขนิสัยและสวัสดิ์นิสัยในการออกกำลังกาย เช่น แต่งกายให้เหมาะสมกับกิจกรรมการออกกำลังกาย เช่น เสื้อ กางเกง ถุงเท้าและรองเท้าไม่คับแน่น สกปรก รวมทั้งอุปกรณ์ในการออกกำลังกายควรสะอาด เรียบร้อย ตั้งใจฝึกฝนและเคารพกติกา

กุลยา ตันติผลาชีวะ (2540: 35-39) กล่าวถึงหลักการของการออกกำลังกายที่จะทำให้สุขภาพดี สรุปได้ดังนี้

1. ระยะเวลาของการออกกำลังกายแต่ละครั้งไม่ต่ำกว่า 20 นาที การออกกำลังกายที่นานพอจะกระตุ้นกล้ามเนื้อหัวใจ ปอดและระบบไหลเวียนของโลหิตให้ทำงานเต็มที่

2. ความถี่ของการออกกำลังกาย การออกกำลังกายที่ดีควรจะออกกำลังกายสัปดาห์ละ 3-5 วัน ไม่น้อยหรือมากกว่านี้ ถ้าออกกำลังกายน้อยกว่า 3 วันต่อสัปดาห์ ร่างกายจะไม่พัฒนาสมรรถภาพ (Fitness) ได้ เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของการออกกำลังกาย ทำให้ร่างกายปรับตัวเองไม่ได้ อีกทั้งยังเป็นผลเสียมากกว่า

3. เวลาออกกำลังกาย เวลาที่ดีที่สุดคือเวลาที่สะดวก อาจเป็นตอนเช้าหรือตอนเย็น เวลาที่ไม่ควรออกกำลังกาย คือ ก่อนนอนหรือรับประทานอาหารเช้า เพราะกระเพาะกำลังทำงาน อวัยวะภายในยังตื่นเครียด การออกกำลังกายหลังอิ่มจะมีผลต่อภาวะการทำงานของหัวใจ

4. สถานที่ในการออกกำลังกายสามารถออกได้ทุกหนทุกแห่ง การยืน การนั่ง การนอน ทุกอิริยาบถออกกำลังกายได้ สถานที่ออกกำลังกายอยู่ที่ความพอใจ สถานที่ใดก็ได้ ถ้าสะดวกและพร้อมที่จะออกกำลังกาย

5. วิธีการออกกำลังกายต้องเป็นการกระทำเพื่อการส่งเสริมสุขภาพ ผ่อนคลายความตึงเครียด ความเมื่อยล้า ความวิตกกังวล การออกกำลังกายแต่ละครั้งต้องทำเป็นระยะ เริ่มจากการอุ่นเครื่อง การเตรียมความพร้อมของร่างกายก่อน 5-10 นาที แล้วจึงเริ่มออกกำลังกาย ขณะออกกำลังกายต้องประเมินความอดทนของร่างกายด้วย อย่าฝืนถ้ารู้สึกเหนื่อยมากเพราะอาจเป็นอันตรายได้

6. อายุ การออกกำลังกายจำเป็นสำหรับทุกเพศทุกวัย โดยเฉพาะผู้ที่อายุเลย 40 ปีไปแล้ว จะต้องสนใจในการออกกำลังกายมาก เพราะงานและเวลาไม่ทำให้ออกกำลังกาย ผลที่ตามมาคือ โรคอ้วน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง สุขภาพเสื่อมลง การออกกำลังกายอย่างน้อยวันละ 20 นาที นอกจากจะทำให้ร่างกายแข็งแรงแล้วรูปร่างจะสวย ปราศจากโรค แม้แต่นักกีฬาเมื่อหยุดกิจกรรมกีฬาแล้วจะต้องมีการออกกำลังกายที่สม่ำเสมอด้วย เพื่อให้การทำงานของอวัยวะต่างๆ ของร่างกายที่เคย ถูกกระตุ้นมาก่อนมีความคงตัว

จินดา บุญช่วยเกื้อกุล (2541: 85) กล่าวถึงขั้นตอนการออกกำลังกายแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน การปฏิบัติตามขั้นตอนการออกกำลังกายที่ถูกต้องดังต่อไปนี้ จะทำให้การออกกำลังกายมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนอุ่นร่างกาย (Warm-up) เป็นขั้นเตรียมร่างกายให้พร้อมสำหรับการออกกำลังกาย การอบอุ่นร่างกายอย่างสมบูรณ์ประมาณ 5-15 นาที จะช่วยทำให้กล้ามเนื้อและเอ็นยืดตัวพร้อมสำหรับการเคลื่อนไหวที่จะเกิดตามมา ทำให้ไม่เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการออกกำลังกายอย่างเต็มที่ (Conditioning) เป็นการออกกำลังกาย ที่ทำต่อเนื่องให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นถึงระดับร้อยละ 60-85 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด นาน 20-30 นาที

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการลดการออกกำลังกายจนหยุด (Cool-down) เป็นขั้นการลดความเข้มข้นของการออกกำลังกายลงภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่แล้ว เพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจกลับเข้าสู่สภาวะปกติ

การกีฬาแห่งประเทศไทย (2544: 90) ได้กล่าวถึงการออกกำลังกายเพื่อให้ร่างกายได้ผลเต็มที่ และไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ผู้ที่ต้องการใช้การออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมสุขภาพพึงยึดข้อปฏิบัติ 10 ข้อ ดังนี้

1. การประมาณตน สภาพร่างกาย และความเหมาะสมกับกีฬานิตต่างๆ ของแต่ละคน ไม่เหมือนกัน แม้ในคนคนเดียวก็ในช่วงเวลาหนึ่งกับอีกช่วงเวลาหนึ่งก็แตกต่างกันได้ การจะได้ผลเพิ่มสมรรถภาพจากการฝึกซ้อมหรือออกกำลังกาย มีกฎตายตัวว่าจะต้องเป็นไปตามความเหมาะสมกับสภาพร่างกาย หากการฝึกซ้อมเบาเกินไปก็ได้ผลน้อยหรือไม่ได้ผล ถ้าการฝึกซ้อมหนักเกินไป นอกจากไม่ได้ผลแล้วยังเป็นอันตรายต่อสุขภาพด้วย

2. การแต่งกายมีส่วนเกี่ยวข้องกับด้านการเคลื่อนไหว ความอดทน และจิตวิทยา กีฬาแต่ละอย่างย่อมมีเครื่องแต่งกายที่เหมาะสมทั้งเสื้อ กางเกง และรองเท้า ในด้านการเคลื่อนไหว เสื้อผ้าที่รุ่มร่าม รองเท้าที่ไม่เหมาะสมกับเท้าหรือสภาพสนามย่อมทำให้การเคลื่อนไหวไม่คล่องตัวเท่าที่ควร และยังเป็นต้นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ในด้านความอดทนต้องคำนึงถึงการระบายความร้อนจากร่างกายเป็นสำคัญ เพราะในระหว่างที่ออกกำลังกายจะมีความร้อนเกิดขึ้นมาก หากระบายออกไม่ทันความร้อนที่สะสมขึ้นจะเป็นตัวกำจัดการออกกำลังกายต่อไป และทำอันตรายต่อระบบต่างๆ ในร่างกายด้วย

3. เลือกเวลาดีนฟ้าอากาศ ทุกคนควรกำหนดเวลาฝึกซ้อมที่แน่นอนไว้ ควรเป็นเวลาเดียวกันทุกวัน เพราะมีผลต่อการปรับตัวของร่างกาย การฝึกซ้อมตามความสะดวกโดยไม่มีการกำหนดเวลาแน่นอน การฝึกในสภาพที่อากาศร้อนทำให้เหนื่อยเร็ว และได้ปริมาณน้อยกว่าในอากาศเย็น จึงไม่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการฝึกความอดทน การเลือกอากาศอาจทำได้ยากหรือทำไม่ได้ แต่การเลือกเวลาทุกคนทำได้ โดยเฉพาะเวลาเช้านี้และตอนเย็นอุณหภูมิต่ำกว่ากลางวัน จึงเหมาะสำหรับการฝึกซ้อมความอดทน ส่วนการฝึกด้านแรงกล้ามเนื้อ และความเร็วระยะสั้นๆ อาจทำในอากาศร้อนได้

4. สภาพของกระเพาะอาหาร ในเวลาอิมจัดกระเพาะอาหารซึ่งอยู่ใต้กระบังลมจะเป็นตัวทำให้การขยายตัวของปอดไม่ดีเท่าที่ควร เพราะกระบังลมไม่อาจหดตัวต่ำลงได้มาก ในขณะเดียวกันการไหลเวียนเลือดจะต้องแบ่งเลือดส่วนหนึ่งไปใช้ในการย่อย และดูดซึมอาหาร ทำให้เลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อลดน้อยลง จึงเป็นผลเสียต่อการออกกำลังกาย ยิ่งกว่านั้นในกีฬาที่มีการกระแทกกระเพาะอาหารที่เต็มแน่นจะแตกได้ง่ายกว่ากระเพาะอาหารที่ว่าง หลักทั่วไปจึงให้งดอาหารหนักก่อนออกกำลังกาย 3 ชั่วโมง

5. การดื่มน้ำ น้ำมิใช่อาหารแต่มีความจำเป็นมากในการออกกำลังกาย เพราะร่างกายสูญเสียน้ำไปมากถึงปริมาณหนึ่ง สมรรถภาพจะลดต่ำลงเนื่องจากการระบายความร้อนจากร่างกายขัดข้อง และถ้าเสียน้ำมากต่อไปก็จะเป็นอันตรายต่อร่างกาย

6. ความเจ็บป่วย ความเจ็บป่วยทุกชนิดทำให้สมรรถภาพของร่างกายลดลงและร่างกายต้องการพักผ่อนอยู่แล้ว การออกกำลังกายที่เคยทำอยู่ย่อมเป็นการเกินกว่าที่สภาพร่างกายจะรับได้ และอาจทำให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเป็นไข้ซึ่งร่างกายมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ และหัวใจต้องทำงานมากกว่าปกติเพื่อระบายความร้อน เมื่อไปออกกำลังกายอีก การระบายความร้อน และหัวใจจึงต้องทำงานหนักอย่างยิ่ง นอกจากนั้นหากเป็นไข้ที่เกิดจากเชื้อโรค การไหลเวียนที่เพิ่มมากขึ้นจากการออกกำลังกายทำให้เชื้อโรคแพร่กระจายไปตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย และทำให้เกิดการอักเสบทั่วร่างกายหรือในอวัยวะที่สำคัญซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิต สำหรับการเป็นหวัด แพ้อากาศ ถ้าไม่มีอาการอื่นร่วม เช่น ไข้ ไอ เจ็บคอ อ่อนเพลีย สามารถออกกำลังกายได้ตามปกติ

7. ความเจ็บป่วยระหว่างการออกกำลังกาย เป็นที่แน่นอนว่า ระหว่างการออกกำลังกาย อาจมีอุบัติเหตุหรือความเจ็บป่วยเกิดขึ้นได้ ความรู้สึกไม่สบาย อึดอัด การเคลื่อนไหวบังคับไม่ได้เป็นสัญญาณที่แสดงว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้น ถ้าฝืนออกกำลังกายต่อไปโอกาสที่จะเจ็บป่วยมากขึ้นจนถึงขั้นร้ายแรงย่อมมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นเมื่อเกิดความเจ็บป่วยหรืออุบัติเหตุขึ้นในระหว่างการออกกำลังกาย ควรหยุดพักผ่อน ความเจ็บป่วยเล็กน้อยบางครั้งเมื่อพักชั่วคราวก็หายเป็นปกติ อาจเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายต่อไปได้ แต่ถ้าออกกำลังกายแล้วอาการเดิมกลับมาเป็นมากขึ้นต้องหยุด โดยเฉพาะอาการหายใจขัด จุกแน่น เจ็บบริเวณหน้าอก ซึ่งอาจเป็นอาการของการขาดเลือดหล่อเลี้ยงหัวใจ การฝืนต่อไปอาจทำให้หัวใจวาย และเป็นอันตรายถึงชีวิตได้

8. ด้านจิตใจในระหว่างการออกกำลังกาย จำเป็นต้องทำจิตใจให้ปลอดโปร่ง คิดถึงประโยชน์ที่จะได้รับ ตั้งใจปฏิบัติตามท่าทางเทคนิคต่างๆ จะต้องพยายามขจัดเรื่องที่รบกวนจิตใจอื่นๆ ในระหว่างนั้นออกไป หากขจัดไม่ได้จริงๆ ก็ไม่ควรออกกำลังกายต่อไป เพราะจะทำให้เสียสมาธิและเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

9. ความสม่ำเสมอ การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพต้องพยายามรักษาความสม่ำเสมอไว้ การฝึกหนักติดต่อกัน 1 เดือนแล้วหยุดไป 2 สัปดาห์ จะมาเริ่มใหม่จะเริ่มเท่ากับการฝึกครั้งสุดท้ายไม่ได้ จะต้องลดความหนักให้ต่ำกว่าครั้งสุดท้ายที่ฝึกแล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นซึ่งจะเป็นการเสียเวลามาก

10. การพักผ่อน หลังการออกกำลังกายเสียพลังงานสำรองไปมาก จำเป็นต้องมีการชดเชย รวมทั้งต้องซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และสร้างเสริมให้แข็งแรงยิ่งขึ้น กระบวนการเหล่านี้จะเกิดขึ้นในระหว่างการพักผ่อนหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนัก จึงจำเป็นต้องพักผ่อนให้เพียงพอ ข้อสังเกตง่ายๆ คือ ก่อนการฝึกซ้อมครั้งต่อไปร่างกายจะต้องสดชื่นอยู่ในสภาพเดิมหรือดีกว่าเดิม การออกกำลังกายในวันต่อไปจึงจะทำได้มากขึ้นตามลำดับ

ชาตรี ประชาพิพัฒน์; และนฤพนธ์ วงศ์จตุรภัทร (2545: 2) ได้กล่าวว่า การออกกำลังกายเป็นวิธีการ เป็นกระบวนการที่นำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งแต่ละคนตั้งไว้เพื่อส่งเสริมให้มีสุขภาพดี ป้องกันโรค ชะลออาการของโรค ฟื้นฟูสภาพร่างกายหลังการรักษาหรือแม้กระทั่ง เพื่อความเป็นเลิศในการแข่งขัน เพื่อรางวัลในรูปแบบต่างๆ และวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสม มีความเหนื่อย

ปานกลางหรือเหนื่อยปานกลางถึงเหนื่อยน้อยใช้เวลาการออกกำลังกาย 20-30 นาที และออกกำลังกาย 3-5 วันต่อสัปดาห์

1.3 ประเภทของการออกกำลังกาย

ฟอกซ์ (Fox. 1992: 49) ได้แบ่งกีฬาประเภทต่างๆ และระบบพลังงาน ดังนี้

1. กิจกรรมการออกกำลังกาย และกีฬาที่ใช้ปฏิบัติน้อยกว่า 30 นาที ใช้พลังงานหลักจากระบบเอทีพี-ซีพี (ATP-PC System) ได้แก่ การขว้างจักร วิ่ง 100 เมตร

2. กิจกรรมการออกกำลังกาย และกีฬาที่ใช้เวลาปฏิบัติระหว่าง 30 วินาทีถึง 1½ นาที ใช้พลังงานจากระบบเอทีพี-ซีพี (ATP-PC System) และระบบกรดแลคติก (Lactic Acid System) ได้แก่ การว่ายน้ำฟรีสไตล์ 100 เมตร วิ่ง 200 เมตร และวิ่ง 400 เมตร เป็นต้น

3. กิจกรรมการออกกำลังกาย และกีฬาที่ใช้เวลาปฏิบัติระหว่าง 1½ ถึง 3 นาที ใช้พลังงานหลังระบบกรดแลคติก (Lactic Acid System) และระบบแอโรบิก (Aerobic System) ได้แก่ การวิ่ง 800 เมตร ว่ายน้ำฟรีสไตล์ 200 เมตร ยิมนาสติก มวย (ยกละ 3 นาที) เป็นต้น

4. กิจกรรมการออกกำลังกาย และกีฬาที่ใช้เวลาปฏิบัติ ตั้งแต่ 3 นาทีขึ้นไปใช้พลังงานหลังจากระบบแอโรบิก (Aerobic System) ได้แก่ การวิ่ง 3000 เมตร

แลมพ์ (Lamp. 1984: 80) ได้แบ่งประเภทของการออกกำลังกายตามชนิดของการหดตัวของกล้ามเนื้อได้ 5 ชนิด คือ

1. การหดตัวแบบไอโซเมตริก (Isometric Contraction) เป็นการออกกำลังกายโดย การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ไม่มีการเปลี่ยนมุมของข้อต่อที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อ จึงไม่ทำให้ร่างกายเคลื่อนไหว เช่น ในระหว่างช่วงต้นของการโดดค้ำถ่อหรือในขณะที่นักยิมนาสติกอยู่บนราวคู้ เป็นต้น

2. การหดตัวแบบไอโซโทนิค (Isotonic Contraction) เป็นการออกกำลังกายโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดที่มีการเปลี่ยนมุมในข้อต่อที่เกี่ยวข้อง โดยกล้ามเนื้อมีการหดตัว และคลายตัว เช่น การยกน้ำหนักขึ้นลง

3. การหดตัวแบบไอโซคิเนติก (Isokinetic Contraction) เป็นการออกกำลังกายที่มีพื้นฐานการออกแบบโดยคอมพิวเตอร์ คือ การดึงหรือปล่อย หรือยกขึ้นยกลง จะมีแรงต้านทานเท่ากันตลอดจนสามารถที่จะปฏิบัติได้โดยใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง เช่น เครื่องมือที่เรียกว่า ไซเบคซ์ ไดนามอมิเตอร์ (Cybex Dynamometer) ซึ่งสามารถตั้งความเร็วของการเคลื่อนไหวคงที่ ตลอดมุมของข้อต่อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนโดยการปรับเพิ่มหรือลดน้ำหนักของงานได้ตลอดมุมต่างๆ ของข้อต่อ

4. การหดตัวแบบคอนเซนตริก (Concentric Contraction) คือ การหดตัวที่เกิดขึ้น เมื่อความยาวของกล้ามเนื้อสั้นเข้า เช่น ในขณะที่ยกน้ำหนักขึ้นหรือในการดึงข้อในขณะงอศอก เป็นต้น

5. การหดตัวแบบเอกเซนตริก (Eccentric Contraction) คือ การหดตัวที่เกิดขึ้น ในขณะที่กล้ามเนื้อยาวออกไป เป็นการหดตัวเพื่อช่วยพยุงน้ำหนักตัวที่เคลื่อนออกไป เช่น ในขณะที่ปล่อยน้ำหนักลงหรือการปล่อยตัวลงจากการดึงข้อ เป็นต้น

1.4 ความหนักของการออกกำลังกาย (Intensity of exercise)

นฤมล สลายวัฒน์ (2553: 3) ได้สรุปความหนักของการออกกำลังกาย ดังนี้

1. การใช้ออกซิเจน (Oxygen consumption) เป็นการวัดระดับความหนักของการออกกำลังกายที่กำหนดเป็นร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยแบ่งเป็น 3 ระดับใหญ่ คือ

1.1 การออกกำลังกายระดับเบา (Mild or light exercise) เป็นระดับที่ร่างกายใช้ออกซิเจนน้อยกว่า 50% ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด

1.2 การออกกำลังกายระดับปานกลาง (Moderate exercise) เป็นระดับที่ร่างกายใช้ออกซิเจนน้อยประมาณ 50-70% ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด

1.3 การออกกำลังกายระดับหนัก (Heavy or intense exercise) เป็นระดับที่ร่างกายใช้ออกซิเจนมากกว่า 70% ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด

1.5 ประโยชน์ของการออกกำลังกาย

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ (2539: 3) ได้สรุปประโยชน์ของการออกกำลังกายไว้ 5 ประการดังนี้

1. ทางด้านร่างกาย อวัยวะในระบบต่างๆ ของร่างกายสามารถทำงานประสานกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นผลให้ร่างกายสมบูรณ์ แข็งแรง อดทน มีบุคลิกภาพที่ดี สามารถประกอบกิจการงานประจำวันได้อย่างกระฉับกระเฉง มีภูมิต้านทานสูง สมรรถภาพทางกายดี

2. ทางด้านจิตใจ การออกกำลังกายสม่ำเสมอนอกจากจะทำให้ร่างกายสมบูรณ์แข็งแรง และจิตใจร่าเริง เบิกบานก็จะเกิดควบคู่กันมาเนื่องจากร่างกายปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ ถ้าได้ออกกำลังกายร่วมกันหลายๆ คน เช่น การเล่นกีฬาเป็นทีม ทำให้เกิดความเอื้อเฟื้อ มีเหตุผล อดกลั้น สุขุม รอบคอบ และยุติธรรม

3. ทางด้านอารมณ์ มีอารมณ์เยือกเย็นไม่หุนหันพลันแล่น เพื่อคลายความเครียดจากการประกอบอาชีพในชีวิตประจำวัน เมื่ออารมณ์เยือกเย็นก็สามารถทำงานหรือออกกำลังกายได้เป็นอย่างดี

4. ทางด้านสติปัญญา การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอทำให้ความคิดอ่านปลอดโปร่ง มีไหวพริบ มีความคิดสร้างสรรค์ ค้นหาวิธีเอาชนะคู่ต่อสู้ในวิถีทางในเกมการแข่งขัน ซึ่งบางครั้งสามารถนำมาใช้ในการดำรงชีวิตได้อย่างถูกต้อง

5. ทางด้านสังคม สามารถปรับตัวเข้ากับผู้ร่วมงานและผู้อื่นได้ เพราะการเล่นกีฬา หรือ การออกกำลังกายร่วมกันเป็นหมู่มาๆ ทำให้ความเข้าใจและเรียนรู้พฤติกรรม มีบุคลิกภาพที่ดี ความเป็นผู้นำ มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีและสามารถอยู่ร่วมในสังคมได้อย่างมีความสุข

วุฒิพงษ์ ปรมัตถาวร (2537: 5-7) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายไว้ดังนี้

1. ผลการออกกำลังกายต่อระบบไหลเวียนเลือด

1.1 ปริมาณเลือด ผู้ที่ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาเป็นประจำ จะทำให้ปริมาณของเลือดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะร่างกายมีความจำเป็นต้องใช้เลือดรักษาระดับอุณหภูมิและใช้ออกซิเจนเพื่อการสันดาปปริมาณเลือดที่เพิ่มขึ้น ทำให้เลือดดำไหลกลับสู่หัวใจเพิ่มขึ้นหลังจากส่งไปฟอกที่ปอดแล้ว ปริมาณเลือดแดงจึงมีมากขึ้น เลือดสามารถไปเลี้ยงกล้ามเนื้อได้อย่างเพียงพอตามที่ต้องการ

1.2 การสะสมกรดแลคติกเป็นตัวการสำคัญอย่างหนึ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ และเชื่อว่าเป็นสาเหตุหนึ่งของการเป็นตะคริวที่กล้ามเนื้อ ผู้ที่เล่นกีฬา หรือออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้การสะสมกรดแลคติกเป็นไปได้น้อย ทำให้ร่างกายมีเวลากำจัดออกจากกล้ามเนื้อ เป็นผลทำให้เหน็ดเหนื่อยช้าลง

1.3 เส้นเลือด เส้นเลือดมีกล้ามเนื้อเรียบช่วยในการลำเลียงเลือด เมื่อมีปริมาณเลือดเพิ่มขึ้น เส้นเลือดจำเป็นจะต้องขยายตัวและหดตัวบ่อยขึ้น การยืดหยุ่นตัวของเส้นเลือดจึงดีขึ้น เท่ากับเป็นการช่วยป้องกันไม่ให้เส้นเลือดแข็งตัวหรือเกาะ นอกจากนั้นเส้นเลือดฝอยที่เปิดเป็นทางเบี่ยงสำหรับให้เลือดไหลเวียนในโอกาสที่มีความจำเป็นในกล้ามเนื้อยิ่งเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

1.4 หัวใจ ผู้เชี่ยวชาญทางวงการแพทย์มีหลักฐานยืนยันว่า การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอเป็นประจำ สามารถป้องกันโรคหัวใจเสื่อมสภาพหรือโรคหัวใจวายได้ดีวิธีหนึ่ง ส่วนประกอบส่วนใหญ่ของหัวใจคือกล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac Muscle) เมื่อมีการออกกำลังกายจะทำให้กล้ามเนื้อหัวใจสูบฉีดเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ทันตามความต้องการ เพราะหัวใจแข็งแรงและมีสมรรถภาพในการทำงานดีขึ้น

1.5 ความดันเลือด เมื่อมีการออกกำลังกายจะทำให้ความดันเลือดผ่อนคลายตัวได้ดี

2. ผลการออกกำลังกายต่อระบบหายใจ

โดยทั่วไปแล้วระบบหายใจจะทำงานอย่างใกล้ชิดกับระบบไหลเวียน นักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมเป็นเวลานาน จะมีความสามารถหายใจเข้าเต็มที่หลังจากหายใจออกเต็มที่แล้วดีขึ้น ทั้งนี้เพราะสมรรถภาพของทรวงอก กล้ามเนื้อกระบังลมจะมีการหดตัว (Elastic Recoil) ดีขึ้น นอกจากนั้นอัตราการหายใจต่อนาที (Ventilation Minute Volume) ในขณะปกติ หรือออกกำลังกายในระดับเบาและปานกลาง ผู้ที่เป็นนักกีฬามีการหายใจต่อหน่วยเวลาลดลง เพราะสามารถสูดอากาศได้ลึกมากกว่า และความสามารถหายใจสูงสุด (Maximum Breathing Volume) ในนักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมจะมีความสามารถหายใจเต็มที่ให้เร็วที่สุดในเวลาจำกัดดีกว่าคนธรรมดา

3. ผลการออกกำลังกายต่อระบบกล้ามเนื้อ

การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้เยื่อหุ้มกล้ามเนื้อมีความเหนียวและหนาขึ้น ขนาดของกล้ามเนื้อโตขึ้น ทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ช่วยชะลออาการเมื่อยล้าหรือหากมีอาการเมื่อยล้าก็จะใช้เวลาพักและคืนสู่สภาพปกติได้เร็ว

4. ผลการออกกำลังกายต่อระบบอื่น

4.1 ระบบประสาทอัตโนมัติ (Sympathetic and Parasympathetic Nervous System) ทำงานได้สมดุลกัน ทำให้การปรับตัวของอวัยวะเหมาะกับการออกกำลังกายทำได้เร็วกว่า การฟื้นตัวเร็วกว่า

4.2 ต่อมหมวกไตเจริญขึ้น มีฮอร์โมนสะสมมากขึ้น

4.3 ดับเพิ่มปริมาณและน้ำหนัก ไกลโคเจนและสารที่จำเป็นต่อการออกกำลังกายไปสะสมมากขึ้น

5. ช่วยป้องกันโรคอ้วน การออกกำลังกายที่ถูกต้องและเหมาะสม จะช่วยให้ร่างกาย มีการใช้พลังงานที่ได้รับจากสารอาหารต่างๆ โดยไม่มีการสะสมไวเกินความจำเป็น แต่ถ้าขาดการออกกำลังกายจะทำให้สารอาหารที่มีอยู่ในร่างกายถูกสะสม และจะถูกเปลี่ยนเป็นไขมันแทรกซึมอยู่ตามเนื้อเยื่อทั่วร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคอ้วน

สุพัชรา ชัมเจริญ (2543: 6-7) ได้กล่าวถึงคุณประโยชน์ของการออกกำลังกาย

1. ช่วยทำให้ระบบกล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้น มีผลกำลังดีขึ้น
2. ช่วยให้การทรงตัวดีขึ้น มีความคล่องตัวในยามที่เคลื่อนไหวร่างกาย อวัยวะต่างๆ มีความสัมพันธ์และประสานงานกันได้ดี
3. ช่วยชะลอความเสื่อมของอวัยวะต่างๆ โดยเฉพาะในผู้สูงอายุ
4. ช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้นทุกระบบ ไม่ว่าจะถ่ายหนักถ่ายเบา หรือระบบขับเหงื่อ
5. ช่วยใหรูปร่างดีขึ้น สมส่วน ไม่อ้วนและไม่ผอมเกินไป มีความคล่องตัวในการทำงาน ทำให้เกิดความมั่นใจและเชื่อมั่นในตนเอง
6. ช่วยให้จิตใจแจ่มใส ไม่เป็นโรคซึมเศร้า เพราะการออกกำลังกายที่หนักพอสมควร จะทำให้มีการหลั่งของสารเอนโดฟิน ซึ่งเป็นสารที่ต่อต้านความซึมเศร้าได้ เมื่อออกกำลังกายแล้ว จะทำให้นอนหลับง่ายขึ้น

การกีฬาแห่งประเทศไทย (2544: 45) กล่าวถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายทาง การแพทย์ ดังต่อไปนี้

1. การเจริญเติบโต การออกกำลังกายจะช่วยให้เจริญอาหาร การย่อยและการขับถ่ายดี โดยเฉพาะในวัยเด็ก ดังนั้นเด็กที่มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจึงมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าเด็กที่ขาดการออกกำลังกาย
2. รูปร่างทรวดทรง การออกกำลังกายสามารถป้องกันและรักษาการเสียทรวดทรงโดย การบริหารเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในส่วนที่ต้องการ และทำให้กล้ามเนื้อกระชับ
3. สุขภาพทั่วไป เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า การออกกำลังกายทำให้อวัยวะต่างๆ มีการเจริญเติบโตทั้งขนาด รูปร่าง และหน้าที่การงาน โอกาสการเกิดโรคที่ไม่ใช่โรคที่ติดเชื้อมากกว่า สมรรถภาพทางกาย การออกกำลังกายสามารถสร้างสมรรถภาพทางกายได้ในทุกๆ ด้าน

4. การป้องกันโรค การออกกำลังกายสามารถป้องกันโรคภัยได้หลายชนิด โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของอวัยวะ อันเนื่องมาจากการมีอายุมากขึ้น ประกอบกับปัจจัยอื่นๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น ความเครียด การรับประทานอาหารเกินความต้องการของร่างกาย โรคเบาหวาน โรคไขมันในเลือดสูง เป็นต้น ผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำมีโอกาสเกิดโรคเหล่านี้ได้ต่ำกว่าผู้ที่ขาดการออกกำลังกาย หรืออาจไม่เกิดขึ้นเลยก็เป็นได้
5. การรักษาฟื้นฟูสภาพโรคต่างๆ ที่กล่าวถึงในข้อ 4 หากเกิดขึ้นแล้ว การจัดการออกกำลังกายที่เหมาะสมจะช่วยรักษาและฟื้นฟูสภาพได้

2. เมตาบอลิซึมของร่างกาย

2.1 อัตราของเมตาบอลิซึม (Metabolism)

พิชิต ภูติจันทร์ (2535: 257) ได้กล่าวว่า อาหารที่เข้าสู่ร่างกาย จะถูกย่อยให้มีโมเลกุลที่เล็กที่สุด โดยคาร์โบไฮเดรตจะอยู่ในรูปกลูโคส ไขมันอยู่ในรูปกรดไขมันและกลีเซอรอล โปรตีนอยู่ในรูปกรดอะมิโน จะถูกทำลายไปสู่อะมิโนและกรดอะมิโนต่างๆ ทำให้เกิดการเผาผลาญขึ้น การเผาผลาญนี้เรียกว่า เมตาบอลิซึม จะให้พลังงาน ATP ซึ่งร่างกายจะสามารถนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ต่อไป

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ (2540: 359) ได้ให้ความหมายของเมตาบอลิซึม คือ ปฏิกริยาทางเคมีต่างๆ ของเซลล์รวมทั้งการสร้าง และการใช้พลังงานของร่างกายด้วย สิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องได้รับพลังงาน และสสารจากสิ่งแวดล้อมเพื่อนำไปใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ และเพื่อให้ชีวิตดำรงอยู่ต่อไป พร้อมกันนั้นก็จะขับสสารที่เหลือใช้ เช่น น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ ของเสียอื่นๆ และพลังงานความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับ พัทธรา วีระกะลัส (2544) กล่าวว่า เมตาบอลิซึมเป็นผลรวมของปฏิกริยาทั้งหมดที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน ทำให้สามารถ นำพลังงาน และสสารจากสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการดำรงชีวิตได้ คำว่าเมตาบอลิซึม มาจากภาษากรีก แปลว่าการเปลี่ยนแปลง กระบวนการนี้ประกอบด้วยสารเคมีต่างๆ ที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสสาร และพลังงานที่เซลล์ได้รับจากสิ่งแวดล้อมให้กลายเป็นสสาร และพลังงานในรูปที่เซลล์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ได้ ซึ่งทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถเจริญเติบโต และดำรงชีวิตต่อไปได้ เช่นเดียวกับ (อนุสรณ์. 2549) ได้ให้ความหมาย เมตาบอลิซึม คือ การเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมี และพลังงานที่เกิดขึ้นในร่างกาย ทำให้เซลล์สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ นับเป็นพื้นฐานของปรากฏการณ์ต่างๆ ทางสรีรวิทยาและเมตาบอลิซึม

ดังที่ พิชิต ภูติจันทร์ (2535: 257) ได้กล่าวว่า เมตาบอลิซึม คือ กระบวนการการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นกับสารอาหาร สามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ คือ

1. กระบวนการสลาย (Catabolism) หมายถึง เป็นกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร ตลอดจนสารประกอบที่ซับซ้อนที่เก็บสะสมไว้ในเซลล์ ถูกเปลี่ยนให้มีขนาดเล็กลงโดยวิธีการทางเคมี กระบวนการสลายนี้จะให้พลังงาน ซึ่งบางส่วนจะนำมาใช้ในกระบวนการสร้าง อีกส่วนหนึ่งก็จะนำไปใช้ในกิจกรรมการทำงานของอวัยวะต่างๆ ของร่างกายในชีวิตประจำวัน

2. กระบวนการสร้าง (Anabolism) ได้แก่ กระบวนการที่ร่างกายนำเอาสารอาหารที่ย่อยแล้วมาแปรเปลี่ยนเป็นส่วนประกอบที่ซับซ้อนของเนื้อเยื่อ เพื่อเสริมสร้าง ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และทำให้ร่างกายเติบโต

2.2 อัตราของเมตาบอลิซึมพื้นฐาน (Basal metabolic rate, BMR)

อัตราของเมตาบอลิซึมพื้นฐาน หมายถึง ปริมาณการเผาผลาญที่ร่างกายใช้ออกซิเจน ในขณะที่พักผ่อน เมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่ได้รับประทานอาหาร ซึ่งปริมาณที่ใช้ในการเผาผลาญนี้ก็เพื่อรักษาระดับกระบวนการของการดำรงชีวิตในระดับน้อยที่สุด (วุฒิพงษ์ ปรมัตถการ. 2537: 137) สอดคล้องกับ (สุวรรณ หังสฤกษ์. 2544: 588) กล่าวว่า BMR หมายถึง ความร้อนที่เกิดขึ้น ในขณะที่ร่างกายเกือบอยู่ในภาวะพักทั้งกายและสมองอย่างเต็มที่และไม่มีการดูดซึมอาหาร (Postabsorptive Stage) คือ ต้องอดอาหารเข้าก่อนตรวจวัด ความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะนั้นเพื่อรักษา vital activity ของร่างกาย ค่านี้ไม่ใช่ค่าต่ำสุด ค่าอัตราเมตาบอลิซึมระหว่างหลับจะต่ำกว่า BMR ต้องกำหนดภาวะมาตรฐาน (Standard Condition) ให้เป็นค่า basal คือ วัดหลังตื่นนอนตอนเช้า หลังนอนพักเต็มที่แล้วอย่างน้อย 8 ชั่วโมง อุณหภูมิร่างกายต้องปกติ อุณหภูมิห้องพอสบายประมาณ 20-25 °C ความร้อนที่เกิดขึ้นคิดเทียบต่อเนื้อที่ผิวกายต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นแคลอรี/ตารางเมตร/ชั่วโมง และคิดเทียบเป็นร้อยละมาตรฐาน การหา BMR ใช้ Indirect calorimetry แบบเดียวกับการหาอัตราเมตาบอลิซึมที่ได้กล่าวมาแล้ว วิธีที่นิยมใช้ คือ หาโดยใช้ Benedict-Roth spirometer

2.3 อัตราเมตาบอลิซึมในขณะพัก (Resting metabolic rate; RMR)

การตรวจวัดอัตราการใช้พลังงานในขณะพัก ซึ่งสามารถทำได้สะดวกกว่าการวัดค่า BMR แต่การวัดแบบนี้จะมีค่าสูงกว่า BMR เล็กน้อย โดยเป็นค่าของการใช้พลังงานที่ใช้สำหรับปฏิกิริยาทางเคมีพื้นฐานในร่างกาย ร่วมกับการทำงานของฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ (Thyroid hormone) และระบบประสาทซิมพาเทติก (ชูศักดิ์ เวชแพทย์. 2540: 372)

2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราเมตาบอลิซึม

ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล (2542) กล่าวว่า อัตราเมตาบอลิซึมขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. อายุ ใน 2-3 สัปดาห์หลังคลอด อัตราเมตาบอลิซึมของทารกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่าสูงสุดเมื่ออายุประมาณ 1-2 ปี อัตราเมตาบอลิซึมนี้จะลดลงโดยลำดับเมื่ออายุเพิ่มขึ้น
2. เพศ เพศหญิงมีอัตราเมตาบอลิซึมต่ำกว่าเพศชาย 6-10% เมื่อเทียบในกลุ่มอายุเดียวกัน และขนาดร่างกายเดียวกัน เนื่องจากเพศหญิงมีไขมันใต้ผิวหนังมากกว่าเพศชาย
3. เชื้อชาติ คนในเขตร้อนมีอัตราเมตาบอลิซึมต่ำกว่าคนทางยุโรปและอเมริกาประมาณ 10% ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างในเชื้อชาติหรือภูมิอากาศ

4. **ขนาดรูปร่าง** คนตัวใหญ่มีอัตราเมตาบอลิซึมสูงกว่าคนตัวเล็ก ขนาดรูปร่างที่นำมาเปรียบเทียบกันได้ คือ เนื้อที่ผิวกาย (Body Surface Area) กล่าวคือ อัตราเมตาบอลิซึมเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเนื้อที่ผิวกาย

5. **อุณหภูมิกาย** ทุกๆ 1°C ของอุณหภูมิกายที่เพิ่มขึ้น อัตราเมตาบอลิซึมจะเพิ่มประมาณ 13% ทั้งนี้ส่วนใหญ่เนื่องจากกระบวนการทางเคมีในร่างกายถูกเร่ง และส่วนน้อยจากการที่ต่อมเหงื่อกลั่นเนื้อหายใจ และกลั่นเนื้อหัวใจทำงานเพิ่มขึ้น

6. **อุณหภูมิแวดล้อม** คนที่อยู่ในเขตร้อนมีอัตราเมตาบอลิซึมต่ำกว่าคนในเขตหนาว ในที่เย็นอัตราเมตาบอลิซึมเพิ่มขึ้นเนื่องจากการสั่นและขนลุก ทำให้ความร้อนเกิดเพิ่มขึ้น และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากฮัยรอลด์ฮอร์โมนซึ่งหลั่งเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในที่อากาศเย็น ถ้าอยู่ในที่ร้อนช่วงสั้นมีผลต่ออัตราเมตาบอลิซึมน้อยมาก แต่ถ้าอยู่นานมีผลลดอัตราเมตาบอลิซึม เนื่องจากฮัยรอลด์ฮอร์โมนหลั่งลดลง

7. **การออกกำลังกาย (Physical Activity)** การออกกำลังกายในระดับต่างๆ มีผลเปลี่ยนแปลงอัตราเมตาบอลิซึมได้มาก อัตราเมตาบอลิซึมต่ำสุดขณะนอนหลับ คือ ประมาณ 35 แคลอรี/ตารางเมตร/ชั่วโมง การออกกำลังกายเพิ่มอัตราเมตาบอลิซึมได้มาก การออกกำลังกายสามารถทำได้ยาวนานในคนที่สุขภาพดีนั้นจะใช้พลังงานประมาณ 350 แคลอรี/ตารางเมตร/ชั่วโมง คือประมาณ 10 เท่าของค่าต่ำสุด การออกกำลังกายที่ใช้พลังงานมากกว่านี้จะทำได้ในระยะสั้นๆ เท่านั้น

การใช้สมอง (Mental Activity) มีผลต่ออัตราเมตาบอลิซึมน้อยมาก การใช้ความคิดอย่างหนัก เช่น การคำนวณที่ยาก จะเพิ่มอัตราเมตาบอลิซึมเพียง 3-4% เท่านั้น

8. **อาหาร** หลังรับประทานอาหารอัตราเมตาบอลิซึมจะเพิ่มขึ้น คือ ความร้อนเกิดเพิ่มขึ้นหลังรับประทานอาหารใหม่ 1 ชั่วโมง และเพิ่มอยู่หลายชั่วโมงจึงลดลงเท่าภาวะเบซัล ความร้อนที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวนี้เรียก Specific Dynamic Action (SDA) ของอาหาร ซึ่งขึ้นกับชนิดของอาหารเมื่อรับประทานอาหารโปรตีน ความร้อนที่เกิดขึ้นต่อชั่วโมงจะเพิ่มจากภาวะเบซัลประมาณ 30% ของ Caloric Value ของอาหารโปรตีนที่รับประทาน เช่น ถ้ารับประทานอาหารโปรตีน 25 กรัม ซึ่งให้ความร้อนเท่ากับ 100 แคลอรี จะมีผลให้ความร้อนในร่างกายเพิ่มขึ้น 30 แคลอรีเป็นเวลาหลายชั่วโมง อัตราเมตาบอลิซึมจึงเพิ่มขึ้นดังกล่าว สำหรับคาร์โบไฮเดรตและไขมันจะเพิ่มความร้อนเช่นเดียวกันแต่น้อยกว่า คือประมาณ 6% และ 4% ของ Caloric Value ของอาหารดังกล่าวตามลำดับ ความร้อนที่เพิ่มขึ้นนี้เข้าใจว่าเป็นผลจากปฏิกิริยาทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร การดูดซึม และการเก็บอาหาร (Storage) ในร่างกาย กรดอะมิโนที่เกิดจากการย่อยอาหารโปรตีนมีฤทธิ์กระตุ้นปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ซึ่งเพิ่มอัตราเมตาบอลิซึม

9. **การตั้งครุภ** ระยะท้ายของครุภคือประมาณอายุครุภ 6 เดือน อัตราเมตาบอลิซึมเพิ่มประมาณ 20% การเพิ่มนี้เกือบทั้งหมดเกิดจากเมตาบอลิซึมของทารกในครุภ เนื่องจากมีปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของทารกในครุภ

10. สารเคมีและฮอร์โมนต่าง ๆ เช่น Thyroxine, Epinephrine, Caffeine, Benzedrine เพิ่มอัตราเมตาบอลิซึม การสูบบุหรี่โดยเฉพาะการอดควัน เพิ่มเมตาบอลิซึมได้ถึง 9%

2.5 กระบวนการสร้างพลังงาน

การทำหน้าที่ของระบบต่างๆ ของร่างกายในการประกอบกิจกรรมต่างๆ นั้น ร่างกายจำเป็นต้องได้รับสารอาหารเพื่อนำมาสร้างเป็นพลังงาน และนำพลังงานที่ได้มาใช้ในการประกอบกิจกรรม สำหรับอาหารที่เป็นแหล่งสร้างพลังงานให้กับร่างกาย ส่วนมากได้มาจากอาหารจำพวก คาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน ซึ่งมีกระบวนการสร้างพลังงาน ดังนี้

1. คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรต เกิดจากการรวมตัวตามกระบวนการทางเคมี มี 6 คาร์บอน 12 ไฮโดรเจน และ 6 ออกซิเจน เป็นสูตรรวมกันคือ $(6 \text{ Carbon} + 12 \text{ Hydrogen} + 6 \text{ Oxygen} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$ ซึ่งเป็นโมเลกุลของกลูโคส เป็นอาหารที่ทำให้เกิดพลังงานได้แก่ อาหารพวกแป้ง น้ำตาล (1 กรัม ให้พลังงาน 4 แคลอรี) เป็นอาหารที่นำมาใช้สร้างพลังงานโดยเฉพาะกิจกรรมของกล้ามเนื้อ เมื่อคาร์โบไฮเดรตย่อยแล้ว จะแปรสภาพเป็นน้ำตาลกลูโคส ซึมเข้าสู่กระแสโลหิต ถ้ามีปริมาณมากเกินไป ความจำเป็นก็จะแปรสภาพไปเก็บไว้ในรูปของน้ำตาลไกลโคเจน (glycogen) เก็บไว้ในกล้ามเนื้อ ถ้ามีปริมาณมากก็จะเก็บสะสมไว้ในตับ

คาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารจำพวกแป้งและน้ำตาล แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1.1 โมโนแซ็กคาไรด์ (Monosaccharider) หรือน้ำตาลชั้นเดียว (Simple Sugar) พวกนี้มีสูตรโมเลกุลคือ $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$ สามารถดูดซึมเข้าร่างกายได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลง ได้แก่ กลูโคส (Glucose) หรือเดกซ์โตรส (Dextrose) ซึ่งมีในโลหิต ในผลไม้ ฟรุคโตส (Fructose) อยู่ร่วมกับกลูโคสในผลไม้ ผัก และกาแลคโตส (Galactose) ในนม

1.2 ไดแซ็กคาไรด์ (Disaccharider) หรือน้ำตาลสองชั้น (Double Sugar) มีสูตรโมเลกุลคือ $(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})$ ได้แก่พวก ซูโครส (Sucrose) หรือน้ำตาลในอ้อย หรือผลไม้ที่มีรสหวาน แลคโตส (Lactose) ที่ได้จากน้ำนมของสัตว์ มอลโตส (Maltose) ที่ได้จากการย่อยอาหารจำพวกแป้ง (จำพวกเมล็ด) ในร่างกาย อาหารนี้จะต้องย่อยเป็นพวกน้ำตาลชั้นเดียวก่อนดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย

1.3 โพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) หรือน้ำตาลสามชั้น (Multiple Sugar) มีสูตรโมเลกุลคือ $(\text{C}_6\text{H}_{15}\text{O}_5)$ ได้แก่ แป้งที่มีอยู่ในจำพวกเมล็ด ราก หัว ผัก เซลลูโลสที่เป็นกากพืชหรือเปลือกนอกของเมล็ดหรือผัก ช่วยเป็นกากอาหารในลำไส้

อาหารพวกคาร์โบไฮเดรต จะถูกย่อยให้แตกตัวเป็นน้ำตาลชั้นต้น เมื่อเข้าสู่ปากจะถูกน้ำย่อยไธยาลิน (Ptyalin) ทำให้กลายเป็นมอลโตสประมาณ 5% ของปริมาณอาหารแป้ง น้ำตาลที่รับประทานเข้าสู่กระเพาะอาหาร จะมีน้ำย่อยที่มีฤทธิ์เป็นกรดเข้ามาย่อยอีก 40% ให้เป็นมอลโตส จนกระทั่งเข้าสู่ลำไส้เล็กก็จะถูกย่อยเป็นโมเลกุลเล็กๆ ทั้งหมด ซึ่งจะเป็นกลูโคสประมาณ 80% เป็นฟรุคโตส 10% และเป็นกาแลคโตส 10%

เป็นที่ทราบกันดีว่าอาหารที่ให้พลังงานในการทำงานของกล้ามเนื้อ คือ คาร์โบไฮเดรต กับไขมัน ส่วนอาหารจำพวกโปรตีนนั้นใช้น้อยมาก เมื่อร่างกายมีการออกกำลังกายเป็นระยะเวลานานๆ ปริมาณไกลโคเจนจะลดลง เมื่อมีการขยับย้ายปัสสาวะออกมาจะไม่มีปริมาณของ ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นด้วยเหตุนี้แสดงให้เห็นว่ากล้ามเนื้อไม่ได้มีการใช้โปรตีนเป็นแหล่งผลิตพลังงาน คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งสร้างพลังงานที่ดีที่สุดและให้พลังงานเร็วที่สุด ในขณะที่พักหรือออกกำลังกายเบาๆ ร่างกายเผาผลาญทั้งไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่เก็บสะสมไว้ในร่างกายในรูปของไกลโคเจน ตามกล้ามเนื้อ ดับ เลือด พร้อมทั้งจะสลายตัวเป็นน้ำตาลกลูโคส เพื่อเผาผลาญเป็นพลังงานทันที เมื่อร่างกายต้องการ

เซอร์แมน และคณะ (Sherman, et.al. 1995) กล่าวว่า คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่พร้อมที่สุดของพลังงาน ในร่างกายจะเก็บสะสมพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตประมาณ 2,000 kcal ซึ่งร่างกายสามารถใช้ในการออกกำลังกายได้ต่อเนื่องประมาณ 90 นาที ที่ระดับความหนัก 60-80% VO_{2max} คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญเพราะเป็นแหล่งที่ให้พลังงานที่รวดเร็วที่สุดใน 3 สารอาหารทั้ง 3 ชนิด และมีความสำคัญอย่างมากและเป็นแหล่งพลังงานสำหรับสมอง ซึ่งหน่วยที่เล็กที่สุดของคาร์โบไฮเดรตคือ กลูโคส (Glucose) คาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงาน ได้แก่ ขนมปังพาสต้า ข้าว และน้ำตาล ซึ่งโมเลกุลใหญ่ๆ เหล่านี้จะถูกย่อยให้เล็กลงเป็นกลูโคสเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับสมองและลอยอยู่ในกระแสเลือดเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานได้ทันที

ร่างกายไม่สามารถเก็บสะสมกลูโคสได้ ดังนั้น กลูโคสที่เหลือใช้จะถูกเปลี่ยนไปเป็น ไกลโคเจน (Glycogen) ที่จะถูกเก็บสะสมไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อ และจะถูกนำมาใช้อีกที่ คาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรตมีความสำคัญคือ จะถูกเผาผลาญในขณะที่ออกกำลังกาย ที่ระดับความหนักสูง และเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานอย่างสูง

2. ไขมัน (Fats)

ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูงสุดมากกว่าสารอาหารอื่นๆ คือ 1 กรัมให้พลังงาน 9 แคลอรี เป็นสารอาหารที่ได้จากไขมันทั้งพืชและสัตว์ ส่วนใหญ่อาหารไขมันจะเป็นพวกเป็นกลาง เช่น ไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) และฟอสโฟไลปิดส์ (Phospholipids) สารอาหารไขมันเกิดจากธาตุประกอบขึ้นเป็นโมเลกุลไขมัน โดยการรวมตัวของอะตอมต่างๆ คือ 57 คาร์บอน 110 ไฮโดรเจน และ 6 ออกซิเจน ($57 \text{ Carbon} + 110 \text{ Hydrogen} + 6 \text{ Oxygen} = C_{57}H_{110}O_6$) หน่วยที่เล็กที่สุด คือ กรดไขมัน (Fatty Acid) ไขมันแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

2.1 ไขมันปกติ (Simple Fats) ไขมันธรรมดาหรือไขมันแท้ (Neutral Fats) ซึ่งประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ โมเลกุลของ Triglycerides ประกอบขึ้นจากสารกลีเซอรอล (Glycerol) และกรดไขมัน คือ $Glycerol + 3 \text{ Fatty Acid}$ ซึ่งเป็นส่วนประกอบทั่วร่างกายมนุษย์ถึง 99%

2.2 ไขมันรวม (Compound Fats) ไขมันรวมหรือสารไขมันที่เกิดจากการรวมตัวของ ไขมันธรรมดากับไขมันที่รวมตัวกับสารเคมีอื่นๆ เช่น ฟอสโฟไลปิดส์ (Phospholipides) กลูโคไลปิดส์ (Glucolipids) และลิโปโปรตีน (Lipoproteins) ไขมันประเภทนี้จะพบในโครงสร้างของเซลล์อวัยวะ ภายในและเซลล์เนื้อเยื่อในร่างกาย

2.3 ไขมันรวมตัว (Deriverd Fats) เกิดจากการรวมตัวของไขมันธรรมดากับไขมันรวมที่รวมกับสารเคมีอื่นๆ (Simple Fats + Compound Fats) โดยปกติพวกนี้รู้จักกันในนามคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ซึ่งจะได้จากไขมันสัตว์ชนิดเดียวกันเท่านั้น และสามารถดูดซึมผ่านผนังเซลล์และผนังลำไส้ได้ ไขมันพวกนี้จะอยู่ในร่างกายในรูปไขมันอิสระ หรืออาจจะรวมกับกรดไขมันอื่นๆ มีประโยชน์ต่อการกระตุ้นให้ฮอร์โมนในร่างกายทำงาน กระตุ้นการผลิตฮอร์โมนเพศ

อาหารไขมันเป็นอาหารที่เหมาะสมกับการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลายาวนาน นอกจากไขมันจะเป็นพลังงานสำรองแล้วยังเป็นตัวสำคัญในการละลายวิตามิน A.E.D.K. เพื่อทำหน้าที่ตามที่ร่างกายต้องการ อาหารไขมันจะเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้กับกล้ามเนื้อใหญ่ คือ ประมาณร้อยละ 80 ของการใช้พลังงานทั้งหมดของร่างกาย แต่การใช้ไขมันต้องอาศัยออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิงในการเผาผลาญมากกว่าปกติ ดังนั้น ไขมันจึงไม่เหมาะกับการสร้างพลังงานเมื่อออกกำลังกายแต่เป็นสะสมพลังงาน เพราะไขมันให้พลังงานมากกว่าคาร์โบไฮเดรตถึง 2 เท่า สรุปได้ว่าประสิทธิภาพของการใช้พลังงานจากไขมันนั้นมีน้อย เนื่องจากต้องใช้ออกซิเจนจำนวนมาก โดยปกติไขมันเหมาะสมกับการออกกำลังกายเบา ๆ

3. โปรตีน (Protein)

โปรตีนเป็นสารอาหารที่เกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลเช่นเดียวกับไขมันและคาร์โบไฮเดรต และมีสารไนโตรเจนกับสารอื่น ๆ เพิ่มเข้ามาด้วย เช่น กำมะถัน ฟอสฟอรัส เหล็ก เป็นต้น สิ่งมีชีวิตต้องการโปรตีน เพราะโปรตีนเป็นส่วนประกอบของน้ำย่อย เป็นสารประกอบของฮอร์โมนและรวมเป็นส่วนประกอบของอวัยวะ เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและเซลล์โปรตีนทุกชนิดประกอบขึ้นด้วยการรวมตัวของกรดอะมิโน (Amino Acid) ซึ่งเป็นส่วนที่เล็กที่สุดของโปรตีน

โปรตีนทำให้ร่างกายเจริญเติบโต และโปรตีนชนิดนี้คือ โปรตีนสมบูรณ์ (Complete Protein) ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโน ในโมเลกุลของโปรตีนซึ่งมีอยู่ในไข่ นม เนย แป้ง ถั่วเหลือง และเนื้อสัตว์ โปรตีนเป็นสารประกอบที่มีน้ำหนักมาก ในร่างกายคนเราจะมีประมาณ 12% ของน้ำหนักตัว และอยู่ตามอวัยวะต่างๆ ทั่วไป เช่น อยู่ในกล้ามเนื้อลาย 45% ในโครงกระดูก 18% ผิวหนัง 10% ในเนื้อมัน (Adipose Tissue) 4% โดยโปรตีนแบ่งออกเป็น 3 ชนิด

3.1 โปรตีนขั้นต้น (Simple Protein) เป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนอย่างเดียว เช่น อัลบูมิน (Albumin) กลูบูลิน (Globulin)

3.2 โปรตีนรวม (Conjugated protein) เป็นโปรตีนที่มีสารอื่นปนอยู่ในโมเลกุล เช่น ไขมัน เฮโมโกลบิน คาร์โบไฮเดรต

3.3 โปรตีนพิเศษหรือโปรตีนต้นกำเนิด (Derived Protein) เป็นโปรตีนที่มีอยู่ในนม ในกระดูก เอ็น เป็นโปรตีนที่มีกระดูกมาก

สารโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนมากกว่า 20 ชนิด ได้จากทั้งสัตว์และพืช คุณค่าจึงแตกต่างกัน หากจำแนกตามคุณลักษณะทางเคมีจะมี 2 ประเภท คือ

1. กรดอะมิโนจำเป็น (Essential Amino Acid)

เป็นกรดอะมิโนที่ช่วยร่างกายเจริญเติบโต ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ แต่สามารถสังเคราะห์จากกรดอื่น ถ้าขาดสารประเภทนี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย

2. กรดอะมิโนไม่จำเป็น (non-essential amino acid)

เป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสร้างขึ้นเองได้ หรืออาจจะเปลี่ยนมาจากกรดอื่น เมื่อร่างกายต้องการโปรตีนเป็นแหล่งพลังงาน โปรตีนจะให้พลังงาน 1 กรัม 4 แคลอรี เป็นอาหารสร้างความเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ (พีระพงษ์ บุญศิริ. 2538)

3. ระบบพลังงาน

การทำหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของร่างกายโดยเฉพาะระบบกล้ามเนื้อ (Muscular System) ในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ หรือในการออกกำลังกาย ร่างกายล้วนมีความต้องการพลังงานสำหรับการทำหน้าที่ของระบบต่าง ๆ เพื่อให้ร่างกายสามารถปฏิบัติกิจกรรมนั้น ๆ ได้ โดยพลังงานที่ใช้จะมาจากระบบพลังงานที่แตกต่างกันและแต่ละระบบจะมีลักษณะการทำงานที่เฉพาะเจาะจงขึ้นอยู่กับความหนักและระยะเวลาของการประกอบกิจกรรม ซึ่งระบบพลังงานแบ่งเป็น 3 ระบบ ดังนี้

3.1 ระบบแอนแอโรบิก อแล็คเตต (Anaerobic alactate system)

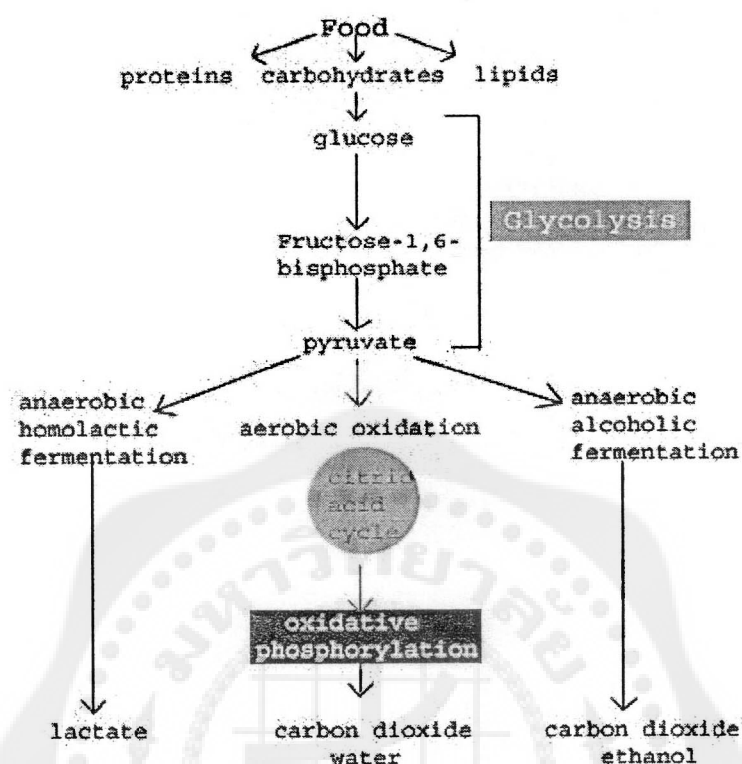
ระบบแอนแอโรบิก อแล็คเตต หรือมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า แหล่งพลังงาน เอทีพี-พีซี (ATP-PC Energy Source) (ประเวศ เกษกัน. 2547) กล่าวว่า เป็นระบบที่นำเอาพลังงานสำรองซึ่งสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อในรูปของ ATP (Adenosine Triphosphate) และสามารถสังเคราะห์ ATP ใหม่ โดยใช้คีเอทีน ฟอสเฟต (Creatine Phosphate : CP) ที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ พลังงานที่เกิดขึ้นจะสามารถนำมาใช้ได้ในระยะเวลาดั้งเดิมไม่เกิน 10 วินาที และการสร้างพลังงานในระบบนี้จะไม่ก่อให้เกิดกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ (Lactic Acids) เมื่อ ATP ถูกใช้หมดไป CP ที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อจะแตกตัวให้ Phosphate แล้วทำ ADP (Adenosine Diphosphate) รวมกับ Phosphate กลายเป็น ATP โดยที่ระบบนี้จะเกิดขึ้นใน Sarcoplasm ของเซลล์กล้ามเนื้อ สอดคล้องกับ (สนธยา สีละมอด. 2547) กล่าวว่า ระบบพลังงานนี้สามารถสำรองพลังงาน ATP ได้ประมาณ 6-8 วินาที เนื่องจากปริมาณสารครีเอทีนฟอสเฟตจะหมดลงในเวลาอันสั้น การสำรองพลังงานโดยการเปลี่ยนรูปของสารครีเอทีนฟอสเฟตส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเมื่อเริ่มต้นออกกำลังกาย และสร้างกลับคืนของครีเอทีนฟอสเฟตหลังการออกกำลังกายหยุดลงใช้เวลาเพียงเล็กน้อยประมาณ 3 ถึง 5 นาที สอดคล้องกับ (ภาวิณี. 2542) กล่าวว่าระบบพลังงานนี้เป็นระบบพลังงานที่กล้ามเนื้อจะดึงมาใช้ได้ทันที เมื่อใดก็ตามที่ ATP ถูกใช้ไป CP ก็จะสลายตัวฟอสเฟตไปสร้าง ATP ทดแทนทันที พลังงานจากแหล่งนี้มีให้ใช้ได้ทันทีแต่มีไม่มากคือประมาณ 0.3 โมล จึงเหมาะกับกีฬาที่ต้องการความรวดเร็วแต่ไม่ยาวนาน การวิ่ง 100 เมตร ก็จะใช้พลังงานส่วนนี้หมดพอดีในตอนท้ายของการวิ่ง ดังสมการต่อไปนี้



ชนินทร์ชัย อินทราภรณ์ (2544) กล่าวว่า ในการใช้พลังงานจากแหล่งเอทีพี-พีซี นั้นจะใช้ในสถานการณ์ที่นักกีฬาต้องเคลื่อนที่ด้วยความรวดเร็ว หรือออกแรงอย่างมากในระยะเวลาอันสั้น เอทีพี-พีซี ก็จะหมดไป เมื่อมีการหยุดพักก็จะมีการสะสมเอทีพี-พีซี ไว้ในกล้ามเนื้ออีก

3.2 ระบบแอนแอโรบิก แล็คเตต (Anaerobic lactate system)

ระบบแอนแอโรบิก แล็คเตต หรือมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า แหล่งพลังงานกรดแลคติก (Lactic acid energy source) (ประเวศ เกษกัน. 2547) กล่าวว่า ระบบแอนแอโรบิก แล็คเตต เป็นระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจนแบบเกิดกรดแลคติก (Anaerobic latic) ซึ่งระบบพลังงานนี้กล้ามเนื้อสร้างพลังงานจากกลูโคส (Glucose) ในกระแสเลือด ไกลโคเจน (Glycogen) ที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อและในตับ สารดังกล่าวจะถูกนำมาสร้างพลังงาน โดยผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) ดังภาพประกอบที่ 1 ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ออกซิเจน พลังงานที่ได้จากการแตกตัวของกลูโคส และไกลโคเจน สามารถนำไปใช้สร้าง ATP ให้ 2-3 ATP จึงทำให้สามารถสร้างพลังงานได้อย่างรวดเร็ว โดยระบบนี้สามารถสร้าง ATP ซึ่งนำมาใช้ได้ระหว่าง 30-90 วินาที แต่ระบบนี้ทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลของการสร้างพลังงานในระบบนี้ เมื่อกรดแลคติกถูกสร้างขึ้นในปริมาณที่มากเกินไปที่ระบบไหลเวียนโลหิตจะกำจัดออกได้ จะทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue) นั่นคือ มีการรบกวนต่อกระบวนการในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ระบบพลังงานดังกล่าวสามารถคงการทำกิจกรรมให้ประมาณ 3 วินาที

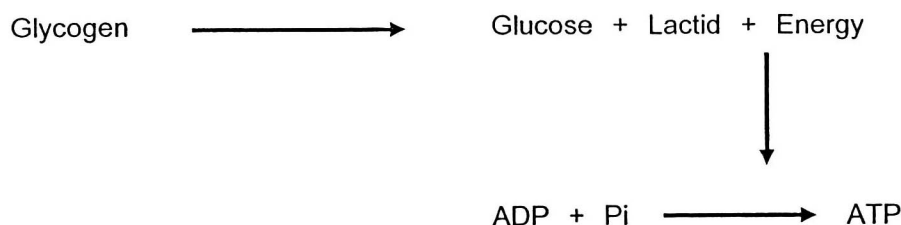


ภาพประกอบ 1 กระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis)

ที่มา: <http://www.sparknotes.com/biology/cellrespiration/glycolysis/summary.html>

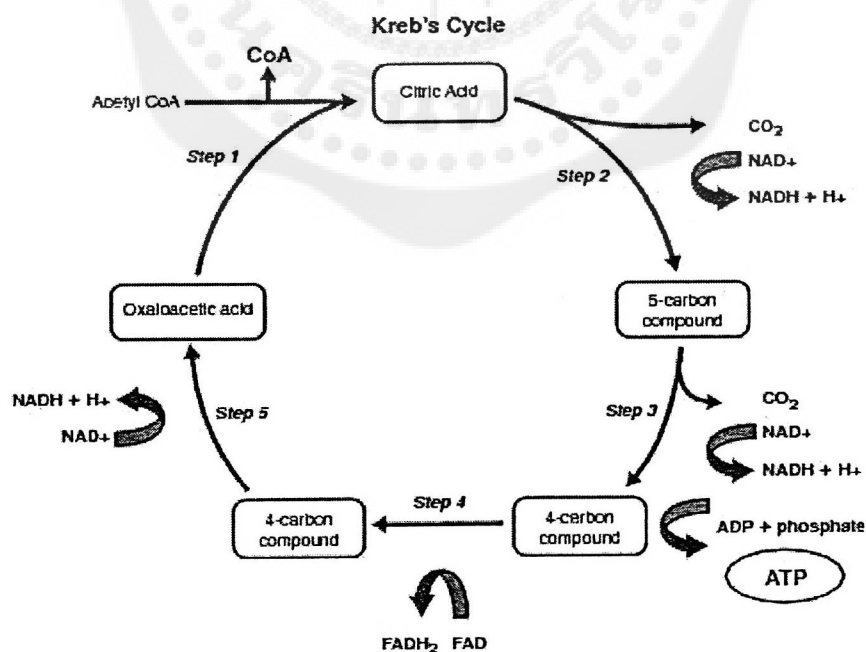
สนธยา สีละมาต (2547) กล่าวว่าระบบแอนแอโรบิก แล็คเทต เป็นระบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน ในการสำรองพลังงานเอทีพี เช่นเดียวกับระบบแอนแอโรบิก อแอ็คเทต แต่การสำรองพลังงานจะ ก่อให้เกิดกรดแลคติกขึ้นจึงเป็นระบบที่นำมาใช้ในการฉุกเฉิน (Emergency system) เช่น มีการ ทำงานหนักอย่างรวดเร็วและยาวนานโดยเฉพาะการทำงานในช่วงเวลา 20 วินาที ถึง 45 วินาที ซึ่งพลังงานสำรอง (ไกลโคเจน) จากระบบนี้จะถูกนำมาใช้มากที่สุด จำนวนไกลโคเจนที่เก็บสะสม ในกล้ามเนื้อจะสนับสนุนการวิ่งเร็วสูงสุดได้ประมาณ 75-80 วินาที อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติจริง จะไม่สามารถกระทำได้นี้ เนื่องจากผลผลิตของกระบวนการไกลโคไลซิสจะเกิดกรดแลคติกและ อนุภาคไฟฟ้าบวก (H^+) ซึ่งก่อให้เกิดการกรดอย่างสูงเป็นสาเหตุทำให้ระดับความเป็นกรดใน กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของกรดจะมีผลต่อองค์ประกอบที่จำเป็นของการหดตัวของกล้ามเนื้อ อย่างน้อยสองอย่างคือ หนึ่ง ลดความสามารถในการทำงานของฟอสโฟฟรุกโตไคเนส (Phosphofructokinase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญของกระบวนการไกลโคไลซิส และสอง แทรกแซง การทำงานของแคลเซียมกับโทรโปนิน-ซี (Troponin-C) ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้น โดย

ผลผลิตของกระบวนการ ไกลโคไลซิสจะนำไปสู่การลดลงของการสำรองพลังงานเอทีพีและการลดลงของแรง (Force) ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังสมการต่อไปนี้



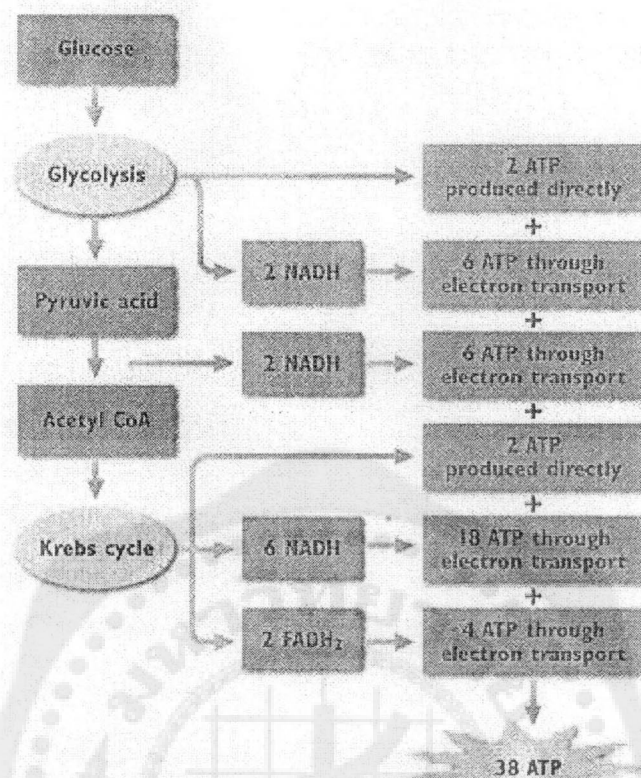
3.3 ระบบแอโรบิก (Aerobic system)

ระบบแอโรบิก หรือมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า แหล่งพลังงานแอโรบิก (Aerobic energy source) (ชนินทร์ชัย อินทราภรณ์, 2544) กล่าวว่า การเผาผลาญอาหารคาร์โบไฮเดรตโดยออกซิเจนนี้ เริ่มต้นเหมือนกับกระบวนการแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส แต่เนื่องจากมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ สารประกอบไพรูเวตที่เกิดขึ้นจึงไม่เปลี่ยนสภาพเป็นกรดแลคติก แต่จะเข้าไปในขั้นตอนของ ปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่า วัฏจักรเคร็บ (Kerb's cycle) และการขนส่งออกซิเจน (Electron transport) ในขั้นสุดท้ายจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) น้ำ และเอทีพี ซึ่งไกลโคเจนหนึ่งโมเลกุล จะได้ 39 เอทีพี ส่วนการเผาผลาญอาหารประเภทไขมันจะแตกต่างออกไป โดยเข้าไปในขั้นตอนของ ปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า เบตา ออกซิเดชัน (Beta oxidation) และเข้าสู่วัฏจักรเคร็บโดยตรง ในขั้นสุดท้ายจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเอทีพี เช่นเดียวกัน



ภาพประกอบ 2 วัฏจักรเคร็บ (Kerb's cycle)

ที่มา: <http://www.infoplease.com/cig/biology/cellular-respiration.html>

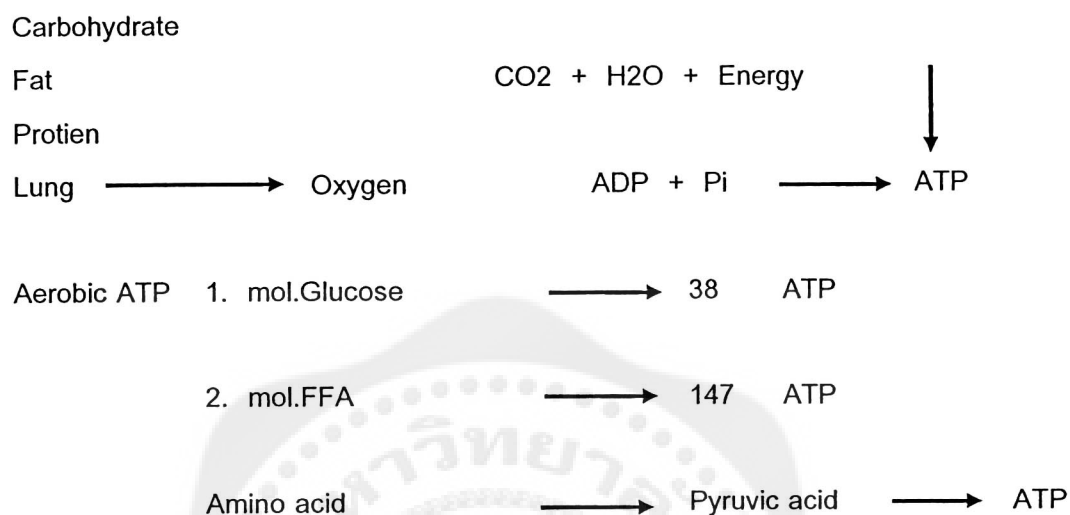


ภาพประกอบ 3 การขนส่งอิเล็กตรอน (Electron transport)

ที่มา: <http://www.methuen.k12.ma.us/mnmelan/respiration%20notes.htm>

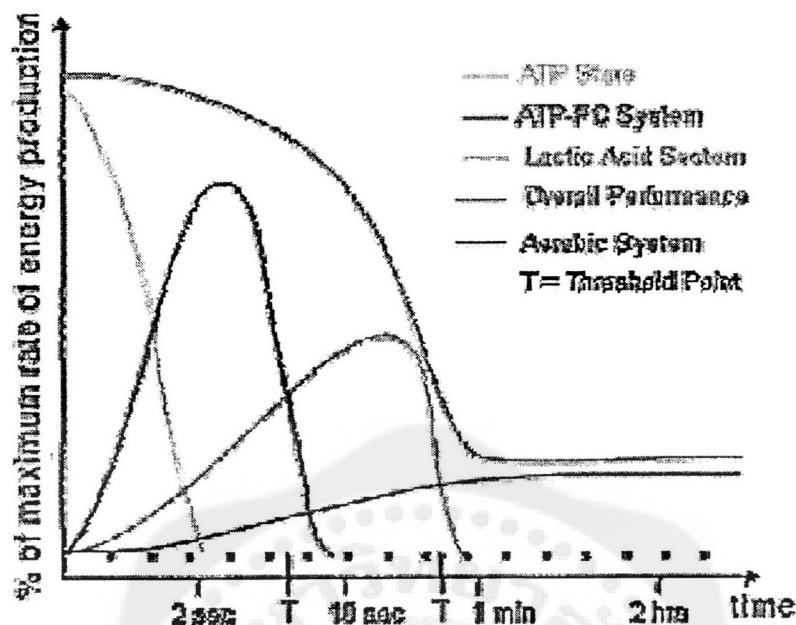
ปริมาณของพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนที่ร่างกายได้รับ และปริมาณของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้在一หน่วยเวลา โดยทั่วไปจะใช้หน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานอีกสองชนิด แหล่งพลังงานออกซิเจนจะทำให้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลาได้น้อยที่สุด ดังนั้น แหล่งพลังงานออกซิเจนจึงเป็นแหล่งพลังงานหลักในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาที่ใช้ระยะเวลายาวนาน ที่มีความหนักในระดับต่ำ และในปริมาณที่ไม่จำกัดราบเท่าที่ยังมีอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต และไขมัน สอดคล้องกับ (สนธยา สีละมด. 2547) กล่าวว่า ระบบแอโรบิกต้องการใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญอาหาร แต่อย่างไรก็ตาม แม้จะมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ กระบวนการเผาผลาญก็อาจจะถูกจำกัดโดยปัจจัยทางด้านเอนไซม์และไมโทคอนเดรีย ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญสำหรับการผลิตพลังงาน และถ้ามีจำนวนจำกัดจะทำให้ปริมาณการผลิตพลังงานลดลง ระบบพลังงานแอโรบิกสามารถใช้เชื้อเพลิงมากกว่าหนึ่งชนิด คาร์โบไฮเดรตและไขมันที่เก็บสะสมอยู่ในร่างกายเป็นต้นต่อสำคัญในการผลิตพลังงานของระบบแอโรบิก การสะสมของคาร์โบไฮเดรตจะมีจำนวนจำกัด ขณะที่การเก็บสะสมของไขมันมีจำนวนไม่จำกัด การสำรองพลังงานจากทั้งสองต้นตอจะทำงานในเวลา

เดียวกัน แต่จะแบ่งสัดส่วนกันสำรองพลังงาน โดยขึ้นอยู่กับระดับความหนักของการออกกำลังกาย
ระยะเวลาของการออกกำลังกาย และสภาพการฝึกซ้อมของแต่ละบุคคล ดังสมการต่อไปนี้



ภาวิณี ปิยะจุตรวัฒน์ (2542) กล่าวว่า พลังงานที่กล้ามเนื้อจะนำมาใช้กีฬาแต่ละชนิดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิด (Type) ของกีฬานั้นๆ ความหนัก (Intensity) และระยะเวลา (Duration) ของกีฬา อย่างไรก็ตาม กีฬาทุกชนิดต้องการความว่องไวเหมือนกัน เมื่อเริ่มเล่นกีฬาหรือแข่งขัน พลังงานทั้ง 3 ระบบจะถูกกระตุ้นให้เริ่มทำงานพร้อมๆ กัน เพียงแต่ว่าระบบใดจะมีส่วนมากกว่ากัน

ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการออกกำลังกายกับการทำงานของพลังงานในระบบต่าง ๆ

ที่มา: <http://graemethomasonline.com/picking-up-from-poliquin/>

3.4 สิ่งที่มีอิทธิพลต่อจำนวนของพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย

ปริมาณของออกซิเจนและจำนวนพลังงานที่ต้องใช้ในการออกกำลังกายได้รับอิทธิพลมาจากหลายสิ่งด้วยกัน พอแยกกล่าวออกเป็นข้อๆ ดังนี้

1. ความเข้มข้นของการออกกำลังกาย (Intensity of Exercise)

ถ้าหากปริมาณของ Motor Unit และ Muscle Fibers ที่ทำงานมีไม่มาก แสดงว่าความเข้มข้นของการทำงานหรือการออกกำลังกายมีน้อย ความจำเป็นที่ต้องใช้ออกซิเจนก็มีน้อยตามไปด้วย แต่หากการหดตัวต้องเป็นไปอย่างรุนแรงแสดงว่าในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ออกซิเจนต้องทำงาน จำเป็นที่ต้องใช้พลังงาน ATP มาก ความจำเป็นที่ต้องใช้ออกซิเจนก็สูงตามไปด้วย

2. ระยะเวลาของการออกกำลังกาย (Duration of Exercise)

ในระหว่างการออกกำลังกายที่ไม่รุนแรงมากนัก อัตราการเพิ่มของออกซิเจนจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับอัตราการเพิ่มระยะเวลาการออกกำลังกายซึ่งเป็นอัตราการเพิ่มแบบสม่ำเสมอ แต่ถ้าหากการออกกำลังกายมีความเข้มข้นมาก และยาวนานจนทำให้เกิดความเมื่อยล้า (Fatigue) ความต้องการออกซิเจนมีสูงทำให้อัตราการเพิ่มไม่ได้เป็นไปแบบช้าๆ เสมอเหมือนในตอนแรก แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อใดก็ตามที่ใยกล้ามเนื้อส่วนใดส่วนหนึ่งเกิดความเมื่อยล้ามันจะขอความช่วยเหลือจากใยอื่นๆ (ใยกล้ามเนื้อแดงมีแบบการทำงานอย่างนี้มากที่สุด) มาช่วยทำงานเพื่อให้

การออกกำลังกายดำเนินต่อไปได้ตลอดระยะเวลาและเมื่อโยกล้ามเนื้อมาร่วมทำงานต่อกันมากขึ้น ความต้องการพลังงานก็มากขึ้น ความจำเป็นที่ต้องมีออกซิเจนก็สูงตามไปด้วยเช่นกัน

3. อัตราความเร็วของการออกกำลังกาย (Speed of Exercise)

นี่เป็นส่วนหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อจำนวนของพลังงานและปริมาณของก๊าซออกซิเจน ที่ต้องใช้ Christensen และ Hogberg มีข้อมูลสนับสนุนคำกล่าวนี้ ดังปรากฏในตารางข้างล่าง

อัตราความเร็ว (ก.ม./ช.ม.)	ออกซิเจนที่ใช้ (VO_2) ลิตร/นาที
4.16	1.69
8.4	3.02
10.67	3.14
13.05	4.14
14.73	5.24

ภาพประกอบ 5 แสดงปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ต้องใช้ในการเล่นสกีน้ำแข็ง ด้วยความเร็วต่างๆ ของชายน้ำหนักตัว 83 กิโลกรัม ความจุปอด 6.95 ลิตร

นอกจากนั้น Morehouse และ Miller มีตัวเลขที่แสดงให้เห็นว่า การวิ่งด้วยอัตราความเร็ว 5.56 หลา/วินาที ในระยะทาง 120 หลา ใช้ออกซิเจน 5.18 ลิตร/นาที แต่ถ้าวิ่งด้วยอัตราความเร็ว 9.23 หลา/วินาที ในระยะทาง 120 หลา ใช้ออกซิเจน 33.96 ลิตร/นาที

4. ทักษะและประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (Economy of Muscular Activity)

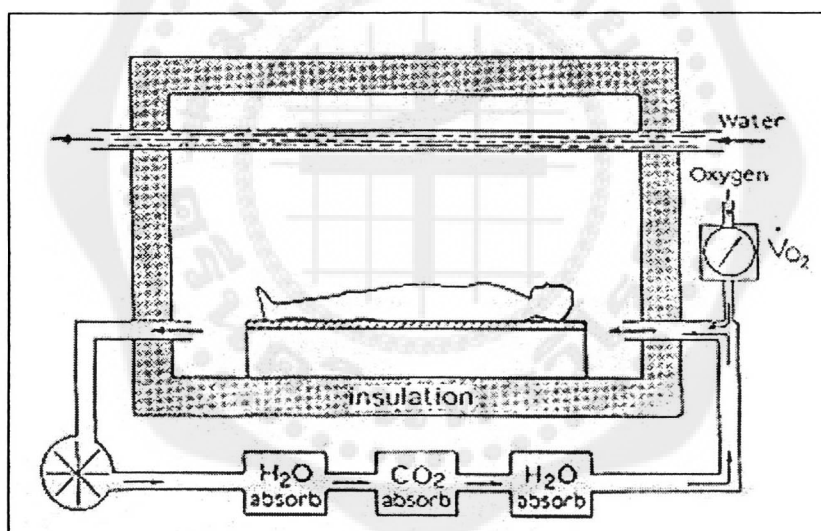
กล้ามเนื้อที่สามารถเคลื่อนไหวในกิจกรรมต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพมักใช้พลังงานน้อย ดังนั้นนักกีฬาหรือผู้ที่ได้รับการฝึกฝนจะมีทักษะการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพจะปฏิบัติกิจกรรมนั้น โดยใช้พลังงานน้อยกว่าผู้ที่มีความสามารถทางกลไกการเคลื่อนไหวต่ำกว่าหรือขาดทักษะทั้งนี้เพราะการฝึกฝนจะมีทักษะทำให้การเคลื่อนไหวที่เกินเลยความจำเป็นไม่มีหรือน้อย ดังนั้นจึงประหยัดพลังงานไว้ใช้ (ภานรี พานเพียรศิลป์. 2541)

3.5 การวัดการใช้พลังงาน

พิชิต ภูติจันทร์ (2535: 47) กล่าวว่า เมื่อพลังงานถูกใช้ในการทำงาน ความร้อนจะถูกปลดปล่อยให้เป็นอิสระจากกล้ามเนื้อที่ทำงาน (Work Muscle) ด้วยเหตุนี้ เมตะบอลิซึมของอาหาร ควรสมดุลกับปริมาณความร้อนที่ร่างกายสูญเสียไป เมื่อพลังงานกลแปลงรูปเป็นพลังงานความร้อน หรือพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล สัดส่วนของพลังงานทั้งสองนี้ จะมีปริมาณที่คงที่ สอดคล้องกับ สุวรรณฯ หังสพฤกษ์ (2541: 533) กล่าวว่า ร่างกายได้รับพลังงานจากออกซิเดชันของอาหาร พลังงานที่ร่างกายใช้หรือพลังงานที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะมาในรูปของความร้อน ถ้าขณะนั้นมีการ

ทำงาน พลังงานส่วนน้อยจะใช้ไปในการทำงาน เช่น การหดตัวของกล้ามเนื้อลาย ดังนั้นการวัด Heat Production หรือความร้อนที่เกิดขึ้นในระยะเวลาจำกัด จึงเป็นการวัดเมตะบอลิซึม วิธีการวัดความร้อนที่เกิดขึ้น (Heat Production) เรียกว่า Calorimetry ซึ่งมี 2 แบบ คือ

1. Direct Calorimetry วัดความร้อนที่เกิดขึ้นโดยตรง หลักการเหมือนการหาค่าพลังงานของอาหาร เครื่องมือที่ใช้เรียก Human Calorimeter หรือ Whole Body Calorimeter (ภาพประกอบ 6) โดยการให้ผู้ถูกทดลองนั่งหรือนอนในห้องที่มีฉนวนหุ้มกันการสูญเสียความร้อน ภายในห้องมีท่อน้ำไหลผ่าน ความร้อนที่เกิดจากเมตะบอลิซึมจะเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ วัดอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้าและไหลออก วัดปริมาณของน้ำที่ไหลผ่าน ซึ่งเท่ากับน้ำหนักของน้ำ จากนั้นคำนวณหาความร้อนที่เกิดขึ้น (Heat Production) อาจหาความร้อนที่เกิดขึ้นขณะทำงาน โดยให้ผู้ถูกทดลองใช้ Ergo Meter ออกกำลังในห้องทดลอง วิธี Direct Calorimetry นี้มีข้อดีที่ได้ผลแม่นยำถ้าทำถูกต้อง แต่มีข้อเสียที่เครื่องมือยุ่งยาก ใหญ่โต และราคาแพง การทำต้องละเอียด ถ้าทำไม่ดีมีข้อผิดพลาด ผลจะไม่ดีไปกว่าวิธีที่ 2 วิธีนี้จึงไม่นิยมใช้ ยกเว้นในห้องปฏิบัติการเฉพาะทางเพื่องานวิจัย

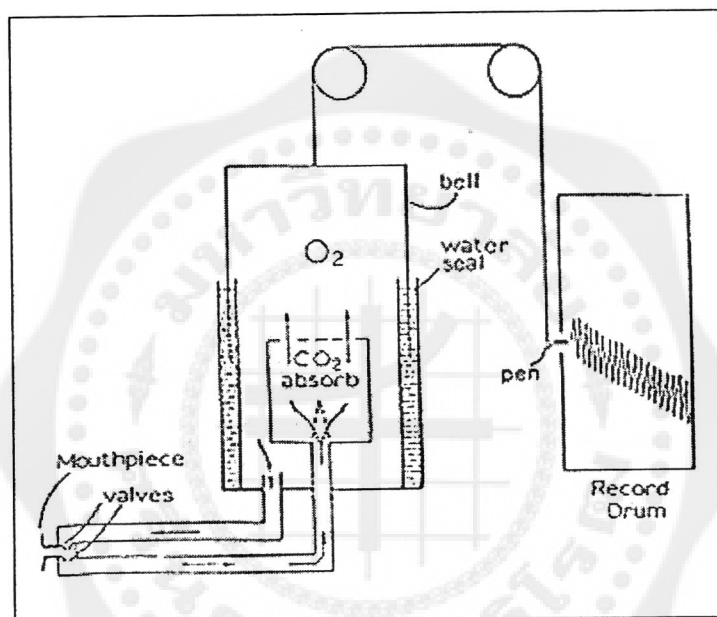


ภาพประกอบ 6 Human Calorimeter

2. Indirect Calorimeter วัดความร้อนที่เกิดขึ้นทางอ้อม เนื่องจากพลังงานมากกว่า 95% ที่ร่างกายใช้ไป เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างอาหารชนิดต่างๆ กับออกซิเจน ดังนั้นจึงหาอัตราเมตะบอลิซึมได้โดยการคำนวณจาก VO_2 พบว่าค่าเทียบแคลอรีของออกซิเจนไม่แตกต่างกันมากนัก สำหรับอาหารแต่ละชนิด สำหรับคนที่รับประทานอาหารผสมธรรมดา ในภาวะเบซัลจะมี RQ ประมาณ 0.82 ค่าเทียบความร้อนของออกซิเจนประมาณ 4.825 แคลอรี/ลิตรออกซิเจน กล่าวคือ เมื่อใช้ออกซิเจนไป 1 ลิตร จะให้พลังงานประมาณ 4.825 แคลอรี การหาอัตราเมตะบอลิซึมโดยวิธีอ้อมนี้ทำได้ 2 แบบ คือ

2.1 Closed-circuit Technique วิธีนี้นิยมใช้กันมากทางคลินิก คือ หา VO_2 โดยใช้

เครื่องมือเรียก Benedict-Roth Spiro Meter ซึ่งมีลักษณะแบบเดียวกับที่ใช้วัดปริมาตรปอด หลักการคือ ใส่ออกซิเจนใน Spiro Meter ให้ผู้ถูกทดลองหายใจทางปากผ่าน Mouthpiece เข้าออก ใน Spiro Meter นี้ ขณะหายใจเข้าออกซิเจนจะถูกนำไปใช้ ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากเมตาบอลิซึมจะถูกขับออกมาขณะหายใจออก และถูกดูดซับไว้โดย Soda Lime ซึ่งบรรจุอยู่ในถัง เมื่อหายใจตามระยะเวลาที่กำหนดให้ คือ 6 นาที ปริมาตรออกซิเจนใน Spiro Meter จะลดลงเท่ากับ ปริมาตรของออกซิเจนที่ใช้ไป ซึ่งค่านี้นำไปคำนวณหาอัตราเมตาบอลิซึมได้ ถ้าทำในภาวะมาตรฐานที่กำหนดไว้ จะเป็นการหา Basal Metabolic Rte (BMR)



ภาพประกอบ 7 Benedict-Roth Spiro Meter

2.2 Open-Circuit Technique วิธีนี้หา VO_2 โดยอาศัยหลักการของ Fick ได้แก่ ความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศหายใจออกที่ลดลง เมื่อเทียบกับความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศหายใจเข้าที่ปริมาตรอากาศอันหนึ่ง จะเป็นค่าของ VO_2 หลักการทำ คือให้ผู้ถูกทดลองหายใจอากาศในห้องและเก็บอากาศหายใจออกใส่ Douglas Bag หรือ Tissot Spiro Meter โดยกำหนดเวลาเก็บ คือ 6 นาที วัดปริมาตรอากาศที่เก็บ วิเคราะห์หาส่วนประกอบของอากาศหายใจเข้าและหายใจออก จากนั้นหา VO_2 และคำนวณอัตราเมตาบอลิกโดยใช้สูตรเดียวกับวิธีแรกคือ เท่ากับ $VO_2 \times 4.825$ หรืออาจหาทั้ง VO_2 , VCO_2 , RQ และค่าเทียบความร้อนของออกซิเจนที่ RQ นั้น นำมาคำนวณหาความร้อนที่เกิดขึ้น ถ้าทำการทดลองในระยะสั้นคือ 6 นาที ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้อาหารโปรตีนจะน้อยมาก แม้ตัดทิ้งเลยค่าจะผิดพลาดน้อยมาก ดังนั้น ค่า RQ ที่ได้ถือเป็น Nonprotein RQ นำไปหาเทียบค่าความร้อนของออกซิเจนได้ ถ้าทราบ VO_2 สามารถคำนวณหาค่าความร้อนที่เกิดขึ้นได้จากสูตร

ความร้อนที่เกิดขึ้น = $VO_2 \times$ ค่าเทียบความร้อนของออกซิเจนที่ RQ ซึ่งหาได้
โดยวิธีนี้มีข้อผิดพลาดน้อยมาก แตกต่างจากวิธีวัดแคลอรีโดยตรงไม่เกิน 10%

การวัดทางการหายใจ (Respiratory Calorimetry) เป็นวิธีการวัดอัตราการแลกเปลี่ยน
ก๊าซ ($VCO_2 : VO_2$) ขณะหายใจ เป็นวิธีการที่สะดวกต่อการวัดการใช้พลังงานของร่างกาย ส่วนมาก
จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Metabolic Cart ซึ่งจะเป็นการวัดปริมาณออกซิเจน (VO_2) และ
คาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2) โดยจะมีท่อต่อจากผู้ถูกวัดไปยังเครื่องวิเคราะห์การเผาผลาญ โดย
กิจกรรมที่มีอาจจะอยู่ในขณะพักหรือเดิน วิ่ง ปั่นจักรยานออกกำลังกายก็ได้ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์
ที่เกิดขึ้นจะหารด้วยปริมาณออกซิเจนที่ใช้ เรียกว่าอัตราส่วนการแลกเปลี่ยนการหายใจ หรือ
(Respiratory Exchange Ratio, $RER = VCO_2 / VO_2$) ซึ่งค่า RER นี้จะสามารถใช้คำนวณการเผา
ผลาญของไขมันและคาร์โบไฮเดรต (g/min) = $1.67 \times VO_2 - 1.67 \times VCO_2 - 1.92 \times n$ โดย กำหนด
โปรตีน (n) = 0

การวัดการใช้พลังงานแบบไม่วัดความร้อน (Noncalorimetric Methods) เป็นวิธีการวัด
การประมาณค่าพลังงานที่ร่างกายใช้ด้วยข้อมูลที่สัมพันธ์กับค่าการใช้พลังงานจากวิธีการวัดพลังงาน
แบบทางอ้อม (Indirect Respiratory Calorimetry) เช่น การวัดด้วยการใช้ความสัมพันธ์ของเส้นตรง
ระหว่างอัตราการเต้นหัวใจและปริมาณการใช้ออกซิเจน (HR- VO_2 Regression Line) ขณะมี
กิจกรรมต่างๆ

การวัดพลังงานทางอ้อม เป็นวิธีการวัดพลังงานที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย
เนื่องจากเป็นวิธีการวัดที่มีข้อผิดพลาดน้อย โดยวิธีนี้มีข้อผิดพลาดน้อยมาก แตกต่างจากการวัด
พลังงานความร้อนทางตรงไม่เกิน 10% นอกจากนี้ยังสามารถวัดได้ง่ายกว่า สะดวกกว่า และที่สำคัญ
ยังมีต้นทุนน้อยกว่าการวัดพลังงานความร้อนทางตรง สุวรรณฯ หังสพฤกษ์ (2544: 555) จากข้อ
ได้เปรียบดังกล่าวทำให้มีการนำวิธีการวัดพลังงานความร้อนทางอ้อม มาใช้ในการศึกษาอัตราการใช้
พลังงานทางด้านการกีฬาและการออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับเดอร์ริง และคณะ (Darling;
et al. 2005) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างการออกกำลังกายแบบ ต่อเนื่อง
และการออกกำลังกายแบบสะสม กลุ่มตัวอย่างเป็นชายที่มีสุขภาพแข็งแรง อายุ 18-25 ปี จำนวน
12 คน ทำการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องโดยการวิ่งเป็นเวลา 30 นาที ที่ความหนัก 70% ของ
 VO_{2max} และพักเป็นเวลา 45 นาที และออกกำลังกายแบบสะสม โดยการวิ่งเป็นเวลา 10 นาที ที่
ความหนัก 70% ของ VO_{2max} และพักเป็นเวลา 15 นาที การออกกำลังกายซ้ำกัน 3 ครั้งในหนึ่งวัน
แต่ละครั้งระยะเวลาห่างกันไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง จากการศึกษาสรุปได้ว่า การออกกำลังกายแบบ
สะสมมีการใช้พลังงานทั้งหมดที่มากกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง

ปีเตอร์สัน และคณะ (Peterson; et al. 2004) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงาน
ความร้อนของการเดินที่มีความหนักระดับปานกลางเป็นเวลา 30 นาที กับการเดินแบบเป็นช่วงๆ ละ
10 นาที กลุ่มตัวอย่างเป็นชายมีสุขภาพไม่แข็งแรง จำนวน 20 คน อายุระหว่าง 40-49 ปี โดยการ
ทดสอบ Balke Graded การทดสอบประกอบด้วย 4 การทดสอบ คือ การเดินแบบ 30 นาที กับการ
การเดินแบบ 3 X 10 นาที ทำซ้ำอย่างละ 2 ครั้ง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างใน

การใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่งพวกเขาสรุปว่า การเดินแบบ เป็นช่วงๆ 3 X 10 นาที ตลอดวันสามารถทำให้เกิดประโยชน์ได้เช่นเดียวกับการเดินแบบต่อเนื่อง

3.6 ค่าเศษส่วนของการหายใจ (Respiratory Quotient, RQ)

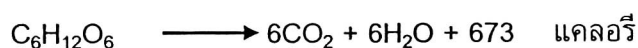
ค่าเศษส่วนของการหายใจ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตออกมา (CO_2 Production, VCO_2) กับออกซิเจนที่ใช้ไป (O_2 Consumption, VO_2) (สุวรรณ หังสพฤกษ์. 2541: 551) สอดคล้องกับ ประทุม ม่วงมี (2527: 15) กล่าวว่า ในสภาวะปกติ นักกีฬาหรือผู้ที่ออกกำลังกายได้รับพลังงานส่วนใหญ่จากคาร์โบไฮเดรตและไขมัน เราสามารถคำนวณหาสารตั้งต้นที่ถูกใช้ในการสร้างพลังงานเป็นคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันจำนวนเท่าไร วิธีการคำนวณหาโดยการวัด ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ผลิตออกมากับจำนวนของออกซิเจน (O_2) ที่ถูกใช้ไปใน ช่วงเวลาเดียวกัน

RQ มีค่าไม่เท่ากัน แล้วแต่ชนิดของอาหารที่ถูกออกซิไดส์ ดังนั้นถ้าทราบค่า RQ จะบอก ชนิดของอาหารที่ถูกออกซิไดส์ในขณะนั้นได้ เช่น อาหารคาร์โบไฮเดรต RQ เท่ากับ 1 อาหารไขมัน RQ เท่ากับ 0.7 อาหารโปรตีน RQ เท่ากับ 0.8 ในคนที่รับประทานอาหารผสมธรรมดา RQ มี ค่าประมาณ 0.85 ค่า RQ ขึ้นกับ Oxidative Metabolism คือ ขึ้นกับอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ค่าจะเปลี่ยนแปลงได้จากปัจจัยอื่นๆ เช่น ขณะออกกำลังกาย อย่างหนัก (Heavy Exercise) จะมี Hyperventilation มี CO_2 Production เพิ่มขึ้น ค่า RQ จะสูงได้ถึง 1.5–1.7 ตรงกันข้ามถ้ามี Hypoventilation ซึ่งค่า CO_2 Production ที่วัดได้ลดลง ค่า RQ จะต่ำกว่า 0.7 ได้ RQ ในภาวะเช่นนี้จึงบ่งถึงสภาวะการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่ได้บ่งถึงชนิดของอาหารที่ถูกออกซิไดส์ อัตราส่วนในสภาวะนี้ เรียกว่า Respiration Exchange Ratio (R) ถ้าวัดขณะควบคุมสภาวะให้เหมาะสม อัตราส่วนนี้จะบอกถึง Oxidation Process ที่ เกิดขึ้นในขณะนั้น

พีระพงศ์ บุญศิริ (2538: 99) กล่าวว่า ค่าเศษส่วนการหายใจ หมายถึง ค่าเศษส่วนระหว่าง คาร์บอนไดออกไซด์ที่ร่างกายกำจัดหารด้วยออกซิเจนที่ร่างกายนำเข้า ดังสมการ

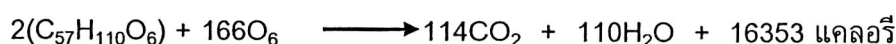
$$\text{RQ} = \frac{\text{การเกิด } \text{CO}_2 (\text{CO}_2 \text{ Production})}{\text{การใช้ } \text{O}_2 (\text{O}_2 \text{ Consumption})}$$

โดยคนปกติทั่วไปหรือนักกีฬาก็จะใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โดยอาหารคาร์โบไฮเดรต เหมาะกับการสร้างพลังงานมากกว่าเนื่องจากการสันดาปออกซิเจนจะเท่ากับคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ถูกกำจัดออกมา ($\text{RQ} = 1.0$) ส่วนไขมันเมื่อถูกสังเคราะห์จะได้คาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า ออกซิเจน ($\text{RQ} = 0.7$) ในการสันดาปคาร์โบไฮเดรต ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) ต้องใช้ออกซิเจนถึง 6 โมเลกุล จึงจะสามารถกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ 6 โมเลกุล ดังสมการ



$$\text{ดังนั้น RQ} = \frac{6\text{CO}_2}{6\text{O}_2} = 1.0$$

ส่วนในการสันดาปไขมัน ($\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$) จะเป็นสมการดังนี้



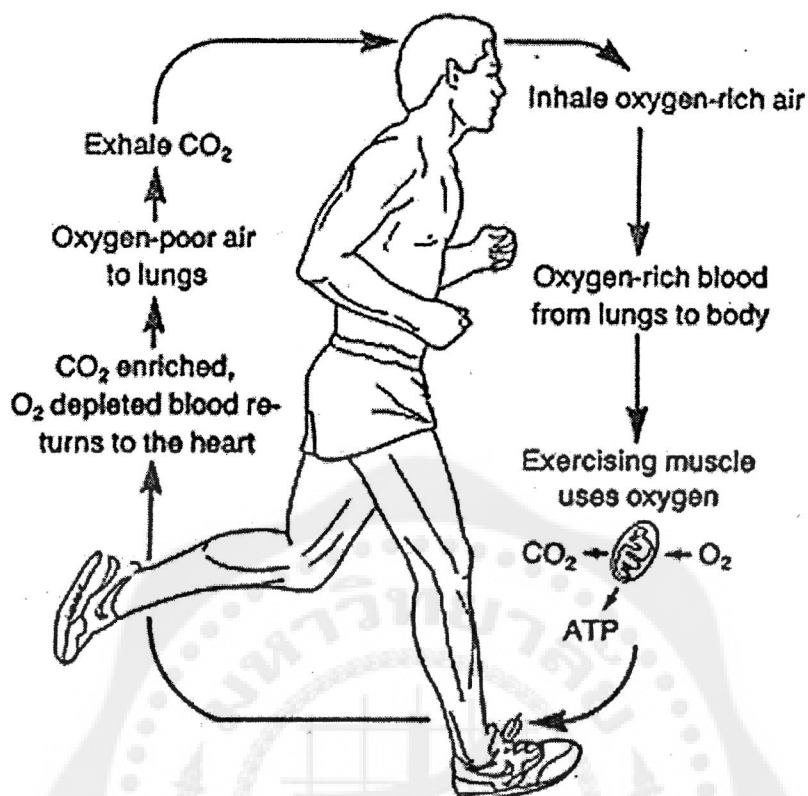
$$\text{ดังนั้น RQ} = 0.7$$

ค่าเศษส่วนของการหายใจทำให้เราทราบได้ว่า กล้ามเนื้อใช้พลังงานจากสารอาหารประเภทใด โดยใช้ค่ามาตรฐานของการสันดาปคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.828 ลิตร

4. ระบบการหายใจกับการออกกำลังกาย

หน้าที่ของระบบหายใจ คือ การจัดหาออกซิเจนสำหรับเมตาบอลิซึมของร่างกายและกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการออกซิเดชัน ปกติในขณะพัก ร่างกายจะใช้ออกซิเจนประมาณ 250 มล.ต่อนาที แต่เมื่อมีการออกกำลังกายอย่างหนัก ร่างกายอาจต้องใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นถึง 30 เท่า ดังนั้นร่างกายจึงต้องปรับการหายใจให้เปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการของร่างกายในขณะออกกำลังกาย นอกจากนี้ การออกกำลังกายยังมีบทบาทในการรักษาสมดุลกรด-ด่างในเลือดในขณะออกกำลังกาย (ชูศักดิ์ เวชแพทย์. 2536)

พีระพงศ์ บุญศิริ (2538) กล่าวว่า ระบบการหายใจกับการออกกำลังกาย คือ ความสัมพันธ์ระหว่างการนำเชื้อเพลิงเข้าไปช่วยสร้างพลังงานให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งหมายถึง การที่สารอาหารต่างๆ ที่เป็นตัวทำให้เกิดพลังงานนั้น จะต้องอาศัยออกซิเจนเข้าไปช่วยเผาผลาญทำให้กลายเป็นพลังงาน และเมื่อมีการทำงานหรือการออกกำลังกายแล้ว ร่างกายจะมีการหายใจเพิ่มมากขึ้นเพื่อนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย และนำของเสียหรือสิ่งที่เกิดจากการเผาผลาญสารอาหาร หรือส่วนที่เหลือจากการใช้จะต้องระบายขับออกจากเนื้อเยื่อต่าง เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ กรดแลคติก และอื่นๆ ระบบหายใจเป็นตัวการสำคัญในการนำเข้าออกซิเจนและระบายออกของเสียคือ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งออกมาในรูปของอากาศที่หายใจออกนั่นเอง ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงวิธีการเคลื่อนย้ายออกซิเจนจากอากาศเข้าสู่ร่างกายเพื่อนำไปใช้ในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ

ที่มา: <http://www.accessexcellence.org>

4.1 การทำหน้าที่ของระบบหายใจ

โดยปกติคนเราจะหายใจเข้าออกประมาณ 16-20 ครั้งต่อนาที ปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายต้องการในขณะพักประมาณ 0.3 ลิตร อากาศที่เข้าสู่ปอดและถ่ายออกมานั้น เกิดจากลักษณะความแตกต่างของความกดดันของอากาศภายนอกกับความกดดันของอากาศในถุงลมปอด ซึ่งปกติในขณะพักความกดดันในถุงลมปอดจะน้อยกว่า 760 มิลลิเมตรปรอท ประกอบกับกล้ามเนื้อซี่โครงหดตัวยกซี่โครงขึ้นและกล้ามเนื้อกะบังลมหดตัวทำให้ช่องว่างภายในทรวงอกมากขึ้น อากาศจากภายนอกก็จะไหลเข้าสู่ปอดสู่ถุงลมปอดเรียกว่า การหายใจเข้า เมื่อกล้ามเนื้อซี่โครงและกล้ามเนื้อกะบังลมคลายตัวจะบีบอากาศภายในปอด อากาศภายในปอดจะมีความกดดันสูงขึ้นก็จะถูกกดให้ไหลถ่ายเทออกมาสู่ภายนอกเรียกว่า การหายใจออก

4.2 การระบายอากาศในสภาวะต่าง ๆ

การระบายอากาศขณะพัก (Ventilation at rest)

พิชิต ภูติจันทร์ (2535) กล่าวว่า ในสภาวะปกติ ปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าออกแต่ละครั้ง (tidal volume) ประมาณ 400-600 มิลลิลิตร และความถี่ของการหายใจต่อนาทีประมาณ 16-20 ครั้งต่อนาที โดยทั่วไปการระบายอากาศขณะพักจะมีค่าเท่ากับ $500 \times 16 = 8,000$ มิลลิลิตร หรือ 8 ลิตร อย่างไรก็ตาม ค่าการระบายอากาศขณะพักอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามอิริยาบถของร่างกาย อันเนื่องมาจากความถี่และความลึกในการหายใจเปลี่ยนแปลงไป สอดคล้องกับ (ชูศักดิ์ เวชแพทย: 2533) กล่าวว่า ตามปกติอัตราการหายใจมีค่าเฉลี่ยประมาณ 16-20 ครั้งต่อนาที ส่วนความลึกของการหายใจ ซึ่งวัดเป็นปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าออกแต่ละครั้งในขณะพักมีค่าประมาณ 500 มิลลิลิตร ปริมาณการระบายอากาศหายใจต่อนาทีในคนปกติขณะพักมีค่าประมาณ 6 ลิตรต่อนาที สามารถหาได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณการระบายอากาศหายใจต่อนาที} = \text{อัตราการหายใจ} \times \text{ปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าออกแต่ละครั้ง}$$

การระบายอากาศระหว่างออกกำลังกาย (Ventilation during exercise)

ปริมาณการระบายอากาศหายใจต่อนาทีที่เพิ่มขึ้นในระหว่างออกกำลังกาย การเพิ่มขึ้นนี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเพิ่มปริมาตรของออกซิเจนที่หายใจเข้าไป และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกผลิตขึ้นมาจากการทำงานของกล้ามเนื้อในเวลา 1 นาที ในผู้ที่ออกกำลังกายอยู่เสมอมักมีค่าการระบายอากาศหายใจต่อนาทีต่ำ แต่สามารถทำงานหนักได้เท่าเดิมโดยไม่ต้องหายใจมาก ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการหายใจ นอกจากนี้ ในผู้ที่ได้รับการฝึกจะมีค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก การออกกำลังกายทำให้การระบายอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง สรุปได้ดังนี้

1. การระบายอากาศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 1-2 นาที ภายหลังเริ่มการออกกำลังกาย การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นของระบบประสาทที่มาจากรีเซปเตอร์ของข้อต่อที่เคลื่อนไหวจากการออกกำลังกาย
2. ในการออกกำลังกายที่ระดับต่ำกว่าสูงสุด การระบายอากาศจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ แล้วเข้าสู่ระดับคงที่ (Steady state) แต่ในการออกกำลังกายที่ระดับสูงสุดนั้น การระบายอากาศจะเพิ่มขึ้นอยู่เรื่อยๆ และไม่มีระดับคงที่ การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นไปกระตุ้นรีเซปเตอร์และศูนย์ประสาททำให้การระบายอากาศเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดช่วงการออกกำลังกาย
3. การเปลี่ยนแปลงการระบายอากาศเมื่อออกกำลังกายระยะยาว เมื่อมีการออกกำลังกายนานขึ้น ค่าของการระบายอากาศจะมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น แต่ปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าออกแต่ละครั้งกลับลดลง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายใน, pH ของเลือดแดง หรือแลคติกของเลือด

การระบายอากาศระหว่างฟื้นตัว (Ventilation during recovery)

เมื่อหยุดออกกำลังกายแล้ว การระบายอากาศจะค่อย ๆ ลดลงสู่ระดับปกติ แต่ยังคงสูงกว่าระดับก่อนการออกกำลังกาย สามารถแบ่งได้ 2 ระยะคือ

1. เมื่อหยุดออกกำลังกายทันที การระบายอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมของศูนย์ประสาทที่ควบคุมการหายใจหยุดไปแล้ว แต่ยังคงมีการกระตุ้นระบบประสาทที่ส่งมาจากรีเซปเตอร์ซึ่งอยู่ในกล้ามเนื้อและข้อต่อต่อไป

2. เป็นระยะที่การหายใจค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ ในกรณีที่มีการออกกำลังกายอย่างหนัก จะใช้เวลานานกว่าที่การระบายอากาศจะกลับสู่ระดับปกติ การเปลี่ยนแปลงนี้เกี่ยวข้องกับอัตราการกระตุ้นที่เป็นผลมาจากจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง (ชูคักดี เวชแพทย์. 2536)

4.3 การแลกเปลี่ยนก๊าซขณะออกกำลังกาย

การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างถุงลมและหลอดเลือดฝอยของปอด เกิดขึ้นโดยการแพร่กระจายเนื่องจากความแตกต่างของความดันก๊าซ การแพร่กระจายเกิดขึ้นโดยรวดเร็วมาก แม้ในการออกกำลังกายอย่างหนักที่เลือดมีเวลาผ่านปอดเพียง 0.5 วินาที ก็ยังสามารถแลกเปลี่ยนก๊าซได้จนถึงสมดุล (ขณะที่ไม่ได้ออกกำลังกายเลือดมีเวลาอยู่ปอดนาน 0.75 วินาที) ขบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซในปอดเมื่อออกกำลังกายความสามารถในการแพร่กระจาย (Diffusing Capacity) ของปอดเพิ่มขึ้น คือในระยะพักมีค่า 20-30 ลบ.ซม. ของออกซิเจน/นาที่/ความแตกต่างของความดัน 1 มม. แต่เมื่อออกกำลังกายอย่างหนักจนสมรรถภาพในการจับออกซิเจน (Oxygen Uptake Capacity) มีค่า 5 ลิตรต่อนาที การแพร่กระจายจะเพิ่มขึ้นถึง 75 ลบ.ซม. ความสามารถในการแพร่กระจายจะเพิ่มขึ้นโดยรวดเร็วเมื่อเริ่มออกกำลังกาย แต่เมื่อการออกกำลังกายมากเกินระดับ 40% ของการออกกำลังกายสูงสุดแล้ว อัตราการเพิ่มของการแพร่กระจายลดน้อยลง การแพร่กระจายที่เพิ่มขึ้นจากการออกกำลังกายนั้น เกิดจากจำนวนหลอดเลือดฝอยของปอดเปิดใช้งานเพิ่มขึ้น (มีจำนวนหนึ่งปิดอยู่ในขณะพัก) ในขณะออกกำลังกายหลอดเลือดฝอยของกล้ามเนื้อเปิดเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 10 เท่าจากขณะพัก

ระบบหายใจเป็นระบบที่มีความสำคัญต่อร่างกายเป็นอย่างมาก หน้าที่หลักของระบบนี้ คือการจัดหาออกซิเจนสำหรับกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานในการดำรงชีวิตและประกอบกิจกรรมต่างๆ การจำกัดของเสียหรือสิ่งที่เกิดจากการเผาผลาญสารอาหารหรือส่วนที่เหลือจากการใช้ และจะต้องระบายขับออกจากเนื้อเยื่อต่างๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ กรดแลคติก และอื่นๆ ซึ่งออกมาในรูปของอากาศที่หายใจนั่นเอง จะเห็นได้ว่าระบบหายใจมีความสำคัญต่อกระบวนการสร้างพลังงานของร่างกายเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ การวัดการใช้พลังงานของร่างกายก็ยังสามารถวัดได้จากระบบหายใจเช่นกัน เรียกว่า การวัดทางการหายใจ (Respiratory Calorimetry) เป็นวิธีการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ ($VCO_2 : VO_2$) ขณะหายใจ ซึ่งเป็นวิธีที่มีความผิดพลาดน้อย และสะดวก

บอร์เซม และบาร (Borsheim; & Bahr. 2003) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของระยะเวลา ความหนักและรูปแบบของการออกกำลังกายที่มีต่อสภาวะการใช้ออกซิเจนในร่างกายของผู้ที่มี สุขภาพดี จากการศึกษาพบว่า หลังการออกกำลังกายในช่วงระยะฟื้นฟู (recovery period) ร่างกาย จะมีการใช้ออกซิเจนนั้น ขึ้นอยู่กับความหนัก และระยะเวลาในการออกกำลังกายประเภทนั้นๆ การศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกาย พบว่าภายหลังการออกกำลังกายสภาวะการใช้ออกซิเจน ในร่างกายจะลดลงสู่ระดับพัก (Resting level) อย่างรวดเร็ว เป็นผลมาจากในขณะออกกำลังกายมี อุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูง ระบบไหลเวียนโลหิต และหายใจมีการทำงานเพิ่มมากขึ้น ร่างกายมีการเผาผลาญ อาหารเพื่อให้เกิดพลังงาน โดยใช้ปริมาณออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น หลังการออกกำลังกายสมรรถภาพ การใช้ออกซิเจนนั้นลดลงแต่ไม่ถึงระดับพัก ทำให้ร่างกายมีปริมาณการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น และ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นด้วย

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยต่างประเทศ

เวสเตอร์แทป และคณะ (Westertep K.R; et.al. 1992) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ พลังงานในการปีนเขาเอเวอร์เรสต์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้หญิง 2 คนและผู้ชาย 3 คน อายุระหว่าง 31-42 ปี โดยกลุ่มตัวอย่างจะถูกสังเกตระหว่างการเตรียมตัวบนภูเขาแอลปี 4 วัน ความสูงระดับ น้ำทะเล (4,260 เมตร) และปรับตัวในห้องปรับความดันบรรยากาศความสูง (5,600-7,000 เมตร) ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นจะใช้เวลา 7-10 วัน โดยทำการวัดเป็นช่วงๆ โดยรวมระยะเวลาที่อยู่ บนยอดเขา (8,872 เมตร) ในช่วงที่ 4 วัดการได้พลังงานจากอาหาร โดยการใช้การบันทึกอาหาร ประจำวัน ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานในแต่ละวัน ระดับของน้ำในร่างกายและปริมาณการใช้พลังงาน ขณะพัก (Resting Metabolic Rate) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส การวัดองค์ประกอบของร่างกายนั้น จะใช้สกินโฟลด์วัดชั้นไขมันใต้ผิวหนัง และการวัดปริมาณน้ำในร่างกาย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างนั้นจะมี สภาวะของสมดุลพลังงานเป็นลบ (-5.7 ± 1.9 MJ/day) จากการศึกษาพบว่า ระหว่างการเตรียมตัว ทั้งการปีนภูเขาแอลปี และเอเวอร์เรสต์นั้นมีการสูญเสียไขมันหลังจากการสังเกตเป็นช่วงๆ ประมาณ 1.4 ± 0.7 กิโลกรัม ซึ่งเฉลี่ยแล้วจะมีการหายไปของน้ำหนักประมาณ 2.2 ± 1.5 กิโลกรัม ซึ่งสัมพันธ์ กับการใช้พลังงาน ($r = 0.84, P < 0.05$)

ฮิลล์ ดี ดับบิว (Hill D W; et al. 1992) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ผลของช่วงเวลาต่อวันต่อ การตอบสนองการออกกำลังกายแบบแอโรบิก และแอนแอโรบิกที่ระดับความหนักสูง” การศึกษาครั้งนี้จะเป็นการประเมินผลช่วงเวลาของวันต่อความทนทานของการฝึกที่มีความหนักสูง กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 14 คน ชาย 8 คน หญิง 6 คน ทำการทดสอบโดยการปั่นจักรยานวัดงานในตอนเช้า และ ตอนบ่ายแบบสุ่ม อัตราการทำงานคงที่ 5.0 W.kg^{-1} ในเพศหญิงและ 6.0 W.kg^{-1} ในเพศชายการ ทดสอบพบว่า การออกกำลังกายตอนบ่ายให้ผลที่ดีกว่าในตอนเช้า 9.6 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยของการ ทำงานในช่วงบ่ายจะมีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานแบบแอโรบิกที่ระดับความหนักที่สูงขึ้น 5.1

เปอร์เซ็นต์ และมากกว่าการทำงานแบบแอนแอโรบิก 5.6 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิก และแอนแอโรบิกที่ความหนักสูงนั้น ในเพศหญิงได้ผลดีกว่าเพศชาย

เจ เอ โรมิน; และคณะ (J. A. Romijn. 1993) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ผลของการเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรตที่เกี่ยวข้องกับความรุนแรง และระยะเวลาในการออกกำลังกาย” วัตถุประสงค์เพื่อประเมินการควบคุมการเผาผลาญไขมันและน้ำตาลกลูโคสที่มีผลต่อความหนัก และระยะเวลาในการออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่าง 5 คน ทำการออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 25, 65, และ 85% ของ VO_{2max} ผลการทดลองพบว่า การดูดซึมกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้น และกระบวนการเผาผลาญไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มความหนักในการออกกำลังกาย Peripheral Biolysis จะถูกกระตุ้นสูงสุดที่ความหนักต่ำสุดในการออกกำลังกาย และกรดไขมันในเลือดจะลดลง เมื่อมีการเพิ่มความหนักของการออกกำลังกาย ไตรกลีเซอไรด์ในกล้ามเนื้อจะถูกกระตุ้นเมื่อความหนักของการออกกำลังกายอยู่ที่ 65 % ของ VO_{2max} กระบวนการออกซิเดชันในเลือดจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ ไกลโคเจน และไตรกลีเซอไรด์ ในกล้ามเนื้อลดลง สรุปได้ว่าคาร์โบไฮเดรตจะถูกควบคุมโดยตรงเมื่อมีการออกกำลังกายอย่างหนัก

ฮิลล์ ดี ดับบิว (Hill D. W.; et al. 1996) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ผลของช่วงเวลาของวันในการใช้พลังงานแบบแอโรบิกจนหมดสิ้นในการออกกำลังกายที่ความหนักสูง” วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อตรวจสอบว่าเวลาของวันมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานแบบแอโรบิกจนหมดสิ้น ในการออกกำลังกายที่มีความหนักสูง โดยการปั่นจักรยานวัดงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา จำนวน 24 คน (ชาย 12 คน หญิง 12 คน) ทำการทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งแรกเป็นการทดสอบแบบทดลอง ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 จะทดสอบในเวลาแปดโมงเช้าและสี่โมงเย็น โดยการสุ่ม ผลการทดสอบทั้งสองรอบนี้ จะนำมาเปรียบเทียบเงื่อนไขของเวลาในหนึ่งวัน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ ในช่วงเวลาหนึ่งวัน ผลปรากฏว่า เวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายช่วงบ่ายดีกว่าช่วงเช้า 9 เปอร์เซ็นต์ และการออกกำลังกายตอนบ่ายสามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงขึ้น 7 เปอร์เซ็นต์ และระบบการตอบสนองแบบแอโรบิกเร็วกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า 6 เปอร์เซ็นต์ สรุปว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในตอนบ่ายดีกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า

เกอร์เซต; และคณะ (Gjerest; et al. 1997) ได้ศึกษาเรื่อง “การศึกษาความต้องการพลังงานแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจนในนักกีฬาระยะสั้น” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจนในนักกีฬาระยะสั้น และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบแบบในสนาม (Field Test) และในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Test) โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาทีมชาติ ประเทศนอร์เวย์ จำนวน 14 คน เป็นเพศชาย 9 คน และเพศหญิง 5 คน ผลการวิจัยพบว่า การใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจนในนักกีฬาระยะสั้น และจุดเริ่มล้ม มีการเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็ว และจุดเริ่มล้มในนักกีฬาระยะสั้นในการทดสอบแบบในสนาม และในห้องปฏิบัติการมีความสัมพันธ์กัน

แท็ป; และคณะ (Trappe; et al. 1997) ได้ศึกษาเรื่อง “การใช้พลังงานของนักกีฬาวัยน้ำ ในขณะที่มีการฝึกด้วยความหนักสูง” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พลังงานทั้งหมดของนักกีฬาวัยน้ำในขณะที่มีการฝึกด้วยความหนักสูง โดยวิธีการแบบ Doubly Labeled Water Method กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาวัยน้ำหญิง จำนวน 5 คน ทำการฝึก 2 ช่วงต่อวันๆ ละ 5-6 ชั่วโมง มีการจัดบันทึกการควบคุมอาหาร เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณของพลังงานที่ได้รับ และการใช้พลังงาน ในขณะที่ทำการวัดจากวันที่ไม่ได้รับการฝึก ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดของนักกีฬาวัยน้ำในขณะที่ทำการฝึกมีค่า 5,593 กิโลแคลอรี และปริมาณพลังงานที่ได้รับ 3,136 กิโลแคลอรี ในขณะที่การใช้พลังงานในขณะพักมีค่า 1,840 กิโลแคลอรี ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของพลังงานนั้นไม่มีความสมดุลกัน ผลการศึกษาทำให้พบว่า ความต้องการพลังงานทั้งหมดในขณะที่มีการฝึกด้วยความหนักสูง อาจจะต้องใช้การควบคุมอาหารเข้ามาเกี่ยวข้องกับนักกีฬาวัยน้ำในขณะแข่งขันด้วย

แบงค์บี้; และคณะ (Blanksby; et al. 1998) ได้ศึกษาเรื่อง “อัตราการเต้นของหัวใจและปริมาณการใช้พลังงานในขณะเดินร่า” ทำการศึกษาจากการแข่งขันเดินร่า โดยมีการเดินร่า 2 แบบ คือ แบบร่วมสมัย และแบบลาตินอเมริกัน ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะเดินร่า และวัดความสัมพันธ์ของออกซิเจนที่ได้รับกับอัตราการเต้นของหัวใจในขณะเดินบนลูกล ทำให้นักเดินร่าจำนวน 10 คน จากการศึกษา สามารถประเมินค่าทั้งหมดของปริมาณการใช้ออกซิเจนได้ดังนี้ ในผู้ชาย การเดินแบบร่วมสมัย และแบบลาตินอเมริกัน มีค่า 42.8 มล./กก./นาที่ และ 42.8 มล.กก./นาที่ ตามลำดับ ในผู้หญิงการเดินร่วมสมัย และแบบลาตินอเมริกัน มีค่า 34.7 มล./กก./นาที่ และ 36.1 มล./กก./นาที่ ตามลำดับ และปริมาณการใช้พลังงานในขณะเดินร่า ในผู้ชาย การเดินแบบร่วมสมัย และแบบลาตินอเมริกัน มีค่า 54 กิโลจูล/นาที่ และ 54 กิโลจูล/นาที่ ตามลำดับ ในผู้หญิงการเดินร่าแบบร่วมสมัย และแบบลาตินอเมริกันมีค่า 34.7 กิโลจูล/นาที่ และ 36.1 กิโลจูล/นาที่ ตามลำดับ

แอนดี้ เจ ชีน; และคณะ (Andre J. Scheen; et al. 1998) ได้ศึกษาเรื่อง “ผลการออกกำลังกายที่มีต่อความสามารถในการสร้าง และคัดหลั่งสารต่างๆ ในระบบประสาท และการควบคุมระดับกลูโคส ในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันหนึ่งวัน” วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในหนึ่งวันที่มีต่อระบบประสาท และการตอบสนองต่อชบวนการเมตาบอลิซึมในขณะออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย ทำการทดลองโดยวัดการใช้พลังงานขณะพักและทำการออกกำลังกายเป็นเวลา 3 ชั่วโมงที่ระดับความหนัก 40-60% ของ VO_{2max} โดยแบ่งช่วงของการทดลองออกเป็น 3 ช่วง สังเกตความแตกต่างจากระดับ Cortisol ได้แก่ ช่วงเช้านี้ กลุ่มตัวอย่าง 5 คน ช่วงบ่าย กลุ่มตัวอย่าง 8 คน และช่วงเที่ยงคืน กลุ่มตัวอย่าง 9 คน โดยกลุ่มตัวอย่างจะถูกกระตุ้นให้มีการตื่นตัว และทำการงดอาหารแต่ได้รับการฉีดกลูโคส ผลการทดลองปรากฏว่าการออกกำลังกายตอนบ่ายนั้นอุณหภูมิสูงกว่าช่วงเวลาอื่นๆ ทำให้กลูโคสขณะออกกำลังกายลดลงของประมาณ 50% ซึ่งมากกว่าช่วงเวลาเที่ยงคืน เมื่อระดับ Cortisol อยู่ในระดับน้อยที่สุด และไม่ถูกกระตุ้นโดยการออกกำลังกาย ช่วงเวลาไม่มีส่วนสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการลดลงใน ISR และ GH สำหรับ Robust TSH เพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงเวลากลางคืน แสดงให้เห็นว่าการตอบสนองทางด้านการสร้าง และคัดหลั่งสาร

ต่าง ๆ ในระบบประสาทและการตอบสนองทางด้านการควบคุมการเมแทบอลิซึมมีการผันแปรในขณะออกกำลังกาย

ถนอมศักดิ์ เสนาคำ (Tanomsak. 1998) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การใช้พลังงานในขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อทีมชาติไทย” โดยศึกษาถึงความต้องการพลังงานในขณะแข่งขันเกมเซปักตะกร้อของนักกีฬาหญิงทีมชาติไทย จำนวน 15 คน โดยให้สวมเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจแบบไร้สายเพื่อทำการบันทึกอัตราการเต้นหัวใจขณะแข่งขัน และหลังจากนั้นทำการทดสอบหาการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO_{2max}) ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจในขณะแข่งขัน จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเต้นหัวใจกับการใช้ออกซิเจนที่ได้จากการวัดในห้องทดลอง ได้ผลการถดถอยเชิงเส้นตรงแต่ละคน และนำค่าไปคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานในขณะแข่งขัน

ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจในขณะแข่งขันมีค่าเฉลี่ย 140 ครั้ง/นาที อัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ย 22 มล./กก./นาที เทียบได้กับ 54% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย 42 มล./กก./นาที อัตราการใช้พลังงานตลอดเกมการแข่งขันคือ พลังงานระบบแอนแอโรบิก 25% พลังงานระบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก 43% และพลังงานระบบแอโรบิก 32% (แอนแอโรบิก 75% และแอโรบิก 25%)

โรเบิร์ต; และคณะ (Robert D.; et.al. 1999) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงาน และรูปแบบของการลดลงของไขมันในการปีนภูเขาเอเวอร์เรสต์ พบว่าอัตราการใช้พลังงานในการปีนเขา ช่วงความสูงจากระดับน้ำทะเล (5,000 – 8,848 เมตร) นั้นมีค่าเฉลี่ยเป็น 2.5-3 เท่า ในการปีนเขา ช่วงความสูงจากระดับน้ำทะเล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ จะมีผลต่อการลดลงของการเก็บสะสมไขมันที่เก็บในกล้ามเนื้อ ซึ่งจะมีผลต่อการขาดพลังงานนำเข้า และการรักษาน้ำหนักตัว

เปียโด; และคณะ (Pietro; et al. 2001) ได้ศึกษาเรื่อง “ผลของการออกกำลังกายตอนเช้าที่มีต่อการตอบสนองทางด้านการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดต่อการออกกำลังกายตอนบ่าย” วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่า การออกกำลังกายตอนเช้า สามารถเปลี่ยนแปลงการตอบสนองทางด้านการประสาทและการตอบสนองทางด้านการควบคุมการเมแทบอลิซึมต่อการออกกำลังกายตอนบ่าย และการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นผลมาจากรูปแบบเฉพาะทางด้านเพศหรือไม่ กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครทางด้านสุขภาพ 16 คน เป็นชาย 8 คน หญิง 8 คน อายุ 26-28 ปี โดยทำการศึกษาหลังจากการอดอาหารตลอดคืน โดยการปั่นจักรยานเป็นเวลา 90 นาที ที่ความหนัก $48 \pm 2\%$ ของ VO_{2max} เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายตอนเช้าทำให้คุณภาพลดลงอย่างมีนัยสำคัญกับความสามารถของร่างกายในการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดระหว่างการออกกำลังกายที่ตามมาในภายหลังของช่วงระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมือนกัน การออกกำลังกายที่เกิดขึ้นก่อนจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ในรูปแบบเฉพาะทางด้านเพศ การตอบสนองทางเมแทบอลิซึม และการตอบสนองทางด้านการประสาทที่มีต่อการออกกำลังกายที่ตามมาในภายหลังอย่างมีนัยสำคัญ

บอร์เซม; และบาร์ (Borsheim; & Bahr. 2003) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ผลของระยะเวลา ความหนัก และรูปแบบของการออกกำลังกายที่มีต่อสภาวะการใช้ออกซิเจนในร่างกายของผู้ที่มี สุขภาพดี” จากการศึกษาพบว่า หลังการออกกำลังกายในช่วงระยะฟื้นฟู (Recovery period) ร่างกายจะมีการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของการใช้ออกซิเจนนั้น ขึ้นอยู่กับ ความหนัก และระยะเวลาในการออกกำลังกายประเภทนั้นๆ การศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่ออกกำลังกาย พบว่า ภายหลังจากการออกกำลังกายสภาวะในการใช้ออกซิเจนในร่างกายจะลดลงสู่ระดับพัก (Resting level) อย่างรวดเร็ว เป็นผลมาจากในขณะออกกำลังกายร่างกายมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ระบบไหลเวียนโลหิต และหายใจมีการเพิ่มมากขึ้น หลังการออกกำลังกายสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนขณะนั้นลดลงแต่ ไม่ถึงระดับพักทำให้ร่างกายมีปริมาณการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพิ่มขึ้นด้วย

โรเอลส์; และคณะ (Roels; et.al. 2007) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบออกซิเจน เบาบางมีช่วงพักที่มีต่อการเผาผลาญไขมันในมนุษย์โดยดูจากเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยใช้นักกีฬา ประเภทเทนนิส จำนวน 18 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มที่ฝึกโดยออกซิเจนปกติ 8 คน และกลุ่มที่ฝึกโดย ออกซิเจนเบาบาง 10 คน ใช้ระยะเวลาในการฝึก 3 สัปดาห์ โดยแต่ละครั้งในการฝึกของทั้ง 2 กลุ่ม จะใช้เวลา 1-1.30 ชั่วโมง ก่อนและหลังการฝึกของทั้ง 2 กลุ่มจะทำการทดสอบการเพิ่มความหนัก ของการออกกำลังกายจนถึงจุดหมดแรง (Incremental test to exhaustion) และทำการตัดกล้ามเนื้อ ดันขา และทำการวัดการหายใจของเซลล์โดยการวัดผ่านของออกซิเจน/พลังสูงสุดที่แสดงออกมา ผลคือ ทั้งคู่มีค่าเพิ่มขึ้นโดยที่ออกซิเจนปกติเพิ่มขึ้น 7.2% ที่ออกซิเจนเบาบางเพิ่มขึ้น 6.6% ส่วนค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดไม่เปลี่ยนแปลง การกระตุ้นการสร้าง ADP มีค่าเพิ่มมากขึ้น สรุป การฝึก 3 สัปดาห์จะมีการเพิ่มขึ้นของพลังที่แสดงออกมาที่ระดับออกซิเจนปกติ การใช้ออกซิเจน สูงสุดไม่เปลี่ยนแปลง และการฝึกที่ระดับออกซิเจนเบาบางนั้นจะมีปัจจัยภายในของแต่ละบุคคล ที่แตกต่างกัน เช่น คุณสมบัติการทำปฏิกิริยาภายในเซลล์

ฮามิด โมฮัมหมัด; และโมฮัมหมัด อะซิช (Hamid; & Mohammad. 2011) ได้ทำการศึกษา เรื่อง “การเผาผลาญไขมันสูงสุดต่อความหนักของการออกกำลังกายที่แตกต่างกันใน คนอ้วนและคน น้ำหนักปกติในตอนเช้าและตอนเย็น” วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อทำการตรวจสอบจุดที่ สามารถเผาผลาญไขมันได้สูงสุดที่ระดับความหนักในการออกกำลังกายที่แตกต่างกันในคนอ้วนและ คนน้ำหนักปกติในช่วงเช้าและเย็น กลุ่มตัวอย่าง 22 คน (คนอ้วน 10 คน คนน้ำหนักปกติ 12 คน) ทำการทดลองโดยการวิ่งบนลู่วิ่งเป็นช่วงๆ ละ 3 นาที ด้วยความเร็ว 3.5 กม.ต่อชม. ความชัน 1% และเพิ่มความเร็วขึ้น 1 กม.ต่อชม.หรือความชัน 2% ทุกๆ 3 นาทีจนกว่าความเร็วจะถึง 6.5 กม.ต่อ ชม.หรือค่า RER เท่ากับ 1 ผลการวิจัยพบว่า อัตราการเผาผลาญไขมันและการใช้พลังงานในทั้งสอง กลุ่มในช่วงเย็นมีค่าสูงกว่าช่วงเช้า และไม่พบความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ในระหว่างกลุ่มคน อ้วนและคนน้ำหนักปกติ นอกจากนี้อัตราการเผาผลาญไขมันในการออกกำลังกายที่มีความหนักที่ 60% ของ VO_{2max} ในคนอ้วน และคนน้ำหนักปกติจะคล้ายกัน แต่ในการออกกำลังกายที่มีความหนักสูง คนน้ำหนักปกติจะมีค่าสูงกว่าคนอ้วน การออกกำลังกายในช่วงเย็นจะมีประสิทธิภาพมากในการเผา

ผลาญไขมัน และพบว่ามวลไขมันในร่างกายลดลง ดังนั้น จึงเป็นวัตถุประสงค์ในการลดน้ำหนักในคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติ

5.2 งานวิจัยในประเทศ

ณัฐจริย์ วิชเวช (2542: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่าง จลศาสตร์ของการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกาย และแอนแอโรบิก เทรชโฮลด์” มีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบองค์ประกอบส่วนเร็ว และส่วนช้าของจลศาสตร์การใช้ออกซิเจน ขณะออกกำลังกายที่ ความหนักของงานมีค่าสมบูรณ์และแบบสัมพันธ์ มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับค่าแอโรบิก เทรชโฮลด์ อย่างไร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬา เพศชาย อายุระหว่าง 19-22 ปี จำนวน 11 คน ผลการวิจัยพบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างจลศาสตร์ของการใช้ออกซิเจน มีความสัมพันธ์กับกลไกการควบคุมแอนแอโรบิก เทรชโฮลด์ มากกว่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังนั้นจึงมีผลทำให้อัตราการใช้ออกซิเจนช้าลงขณะ ร่างกายอยู่ในภาวะแอนแอโรบิก เทรชโฮลด์

นันทวัน โลหะบุตร (2545: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษา “ผลของการออกกำลังกายระดับ ความหนักปานกลางก่อนอาหารเช้า และก่อนอาหารเย็นต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วย เบาหวานชนิดที่สอง” มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกาย ระดับความหนัก ปานกลางเป็นเวลาต่อเนื่องกันสองสัปดาห์ระหว่างช่วงก่อนรับประทานอาหารเช้ากับการออกกำลังกาย ในช่วงบ่ายก่อนรับประทานอาหารเช้า ต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ที่ เป็นเบาหวานชนิดที่สอง อาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย จำนวน 18 คน (เพศชาย 10 คน เพศหญิง 8 คน) อายุระหว่าง 30-63 ปี มีการควบคุมเบาหวานอยู่ในระดับปานกลาง และได้รับการฝึกสอนให้ออกกำลังกาย โดยการปั่นจักรยานทดสอบทุกวัน ด้วยความหนักระดับปานกลาง วันละครั้งเป็นเวลา 30 นาที โดยแบ่งเป็นสามคาบ คาบแรกออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ในช่วงเช้าหรือบ่ายก่อน โดยวิธีการสุ่มจากนั้นหยุดพักสองสัปดาห์ในคาบที่สอง คาบสามให้ทำการออกกำลังกายในช่วงเช้า หรือบ่ายที่เหลือต่ออีกสองสัปดาห์ ภายหลังเสร็จสิ้นการออกกำลังกายแต่ละคาบ ได้ทำการตรวจวัด น้ำตาลในเลือดก่อนและหลังอาหารทุกมื้อและก่อนเข้านอน ภายหลังการออกกำลังกายครั้งสุดท้าย อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าระดับฟรุคโตซามีนภายหลังออกกำลังกาย ก่อนอาหารเย็นสองสัปดาห์ของผู้ที่เป็นเบาหวานมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า ระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารภายหลังออกกำลังกายก่อนอาหารเช้าสองสัปดาห์มีแนวโน้ม ลดลง และพบว่าระดับน้ำตาลในเลือดก่อนและหลังมื้ออาหารต่างๆ ภายหลังการออกกำลังกาย 24 ชั่วโมงในคาบที่ออกกำลังกายตอนบ่ายมีแนวโน้มลดลงมากกว่าคาบที่ออกกำลังกายตอนเช้า

วีรพัฒน์ ยอดกมลศาสตร์ (2550: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การศึกษาเปรียบเทียบ การใช้พลังงานของการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพชนิดต่างๆ ระหว่างหญิงที่มีน้ำหนักเกิน และหญิงที่มี น้ำหนักปกติ” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานของการออกกำลังกายเพื่อ สุขภาพชนิดต่างๆ ในหญิงที่มีน้ำหนักเกิน และหญิงที่มีน้ำหนักปกติ อาสาสมัครเป็นนิสิตหญิงของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 26 คน (อายุ 18-25 ปี) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มน้ำหนักเกิน

(BMI = 25.00-29.99 กก./ตร.ม.) จำนวน 11 คน และกลุ่มน้ำหนักปกติ (BMI = 18.50-24.99) จำนวน 15 คน อาสาสมัครทุกคนได้รับการสุ่มแบบครอสโอเวอร์ดีไซน์ให้ออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ การเดิน การวิ่ง การปั่นจักรยาน และการเดินแอโรบิกที่ความหนักระดับปานกลาง (64-76% ของ VO_{2max}) เป็นเวลา 30 นาที ผลการวิจัยพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราส่วนการหายใจ และความดันโลหิตที่ทำการบันทึกค่าทุกๆ นาที ตั้งแต่นาทีที่ 1-35 ขณะออกกำลังกาย เพื่อสุขภาพชนิดต่างๆ ของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบว่า กลุ่มที่มีภาวะน้ำหนักเกินมีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน สมรรถภาพการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ และการระบายอากาศต่ำกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักปกติ และการใช้พลังงานในการออกกำลังกายช่วงเริ่มต้น ช่วงคงที่ ช่วงหลังหยุดการออกกำลังกาย และการใช้พลังงานโดยรวม ของทั้ง 4 กิจกรรม ในกลุ่มที่มีภาวะน้ำหนักเกินมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักปกติ และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างชนิดการออกกำลังกาย พบว่า การใช้พลังงานโดยรวมในการออกกำลังกายของการเดินและการวิ่งมีค่าสูงกว่าการปั่นจักรยานทั้งในกลุ่มที่มีภาวะน้ำหนักเกิน และในกลุ่มที่มีน้ำหนักปกติและการออกกำลังกายทั้ง 4 กิจกรรม มีผลทำให้น้ำหนักตัวหลังการออกกำลังกายมีค่าต่ำกว่าก่อนการออกกำลังกาย แต่ไม่พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์มวลที่ปราศจากไขมันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อน และหลังการออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่มอย่าง

ปริยาภรณ์ กุลศิริรัตน์ (2551: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การใช้พลังงานของนักกีฬาเนตบอล” โดยศึกษาถึงความต้องการพลังงานในขณะแข่งขันกีฬาเนตบอล ของนักกีฬาเนตบอล ชุดชิงชนะเลิศเยาวชนเอเชีย ณ ประเทศอินเดีย จำนวน 12 คน ทำการทดสอบหาค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO_{2max}) หลังจากนั้นทำการทดลองโดยให้สวมเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจแบบไร้สาย เพื่อทำการบันทึกอัตราการเต้นหัวใจขณะแข่งขัน ข้อมูลอัตราการเต้นหัวใจในขณะแข่งขันจะถูกนำมาเปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเต้นหัวใจกับการใช้ออกซิเจนที่ได้จากการวัดในห้องทดลอง ได้ผลการทดลองเชิงเส้นตรงแต่ละคน และนำค่าไปคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานในขณะแข่งขัน

ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจในขณะแข่งขันเฉลี่ย 151 ครั้ง/นาที ความสามารถในการใช้ออกซิเจนเฉลี่ย 22.16 มล./กก.นาที เทียบได้ 65% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) 34.32 มล./กก./นาที อัตราการใช้พลังงานตลอดเกมการแข่งขันเฉลี่ย 407 กิโลแคลอรี และระบบพลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขันคือ พลังงานระบบแอนแอโรบิก 18% พลังงานระบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก 60% และพลังงานระบบแอโรบิก 22%

นิพนธ์ วิษุเดช (2551: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ผลของการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและแบบสลับที่มีต่อการใช้พลังงาน” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานของร่างกายขณะออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและแบบสลับ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชาย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 12 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และทำการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น คือ โปรแกรมที่ 1 การออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง

โดยการปั่นจักรยานเป็นเวลา 30 นาที ที่ความหนัก 70-75% ของ VO_{2max} และนั่งพักเป็นเวลา 30 นาที และโปรแกรมที่ 2 การออกกำลังกายแบบสะสม โดยการปั่นจักรยาน เป็นเวลา 10 นาที ที่ความหนัก 70-75% ของ VO_{2max} และนั่งพักเป็นเวลา 10 นาที ทำซ้ำ 3 ครั้งในหนึ่งวัน แต่ละครั้งใช้ระยะเวลาห่างกัน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที่และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำและเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

ผลการวิจัยพบว่า การออกกำลังกายแบบสะสมมีผลต่อการใช้พลังงานของร่างกายในขณะที่ออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกายครั้งแรก 3 และ 6 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง แต่มีผลทำให้ร่างกายมีการใช้พลังงานหลังการออกกำลังกายทันที และหลังการออกกำลังกายครั้งแรก 24 ชั่วโมงมากกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง นอกจากนี้การออกกำลังกายแบบสะสม ยังทำให้เกิดความเหนื่อยและความเมื่อยล้าน้อยกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง

ณนนต์ กุลกิติเกษ (2552: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง "การใช้พลังงานหลังการออกกำลังกายที่ปริมาณออกซิเจนเบาบาง" มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานของร่างกายหลังการออกกำลังกายระหว่างการออกกำลังกายที่ปริมาณออกซิเจนเบาบางและออกซิเจนปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชาย สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 12 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และทำการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น คือ โปรแกรมการออกกำลังกายที่ปริมาณออกซิเจนเบาบาง และโปรแกรมการออกกำลังกายที่ปริมาณออกซิเจนปกติ จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที่และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำและเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

ผลการวิจัยพบว่า การออกกำลังกายที่ปริมาณออกซิเจนเบาบางมีผลต่อการใช้พลังงานของร่างกายหลังการออกกำลังกายทันที 3, 6 และ 24 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกับการออกกำลังกายที่ปริมาณออกซิเจนปกติ แต่อย่างไรการออกกำลังกายทั้งสองแบบนี้ก็ยังส่งผลดีต่อสุขภาพ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีการศึกษา 2553 อายุระหว่าง 18-20 ปี จำนวน 500 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีการศึกษา 2553 อายุระหว่าง 18-20 ปี จำนวน 14 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ทำการทดลอง 2 ครั้ง คือ การออกกำลังกายตอนเช้า เวลา 06.00-08.00 น. และการออกกำลังกายตอนเย็น เวลา 16.00-18.00 น. พักระหว่างการทดลอง 1 สัปดาห์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ถูกคัดเลือกจะต้องผ่านเกณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. มีการออกกำลังกายเป็นประจำ เฉลี่ยอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์
2. ไม่มีข้อห้ามทางการแพทย์ที่จะเป็นอุปสรรคในการออกกำลังกายและการทดสอบ

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) โดยใช้แบบสอบถามความพร้อมในการปฏิบัติกิจกรรมทางกาย (PAR-Q) ปรับปรุงจาก ACSM's (2004)

3. กลุ่มตัวอย่างจะต้องกรอกข้อมูลและลงนามรับรองในหนังสือยินยอม (Inform Consent) ก่อนเข้าร่วมการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1. โปรแกรมการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนัก 70-75% ของ VO_{2max}
2. ใบกรอกข้อมูลประกอบด้วยชื่อ นามสกุล อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง ระดับที่นั่ง ค่าความหนักที่ใช้ในการปั่นจักรยาน (วัตต์)

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

- 3.1 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas Analyzer) ยี่ห้อ Cosmed รุ่น PFT Eego
- 3.2 จักรยานวัดงาน ยี่ห้อ Monark Ergonomic รุ่น 839E
- 3.3 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (Heart rate monitor) ยี่ห้อ Polar
- 3.4 ตารางวัดค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ (Rating of Perceived Exertion: RPE

Borg Scale)

- 3.5 เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ก่อนการเก็บข้อมูลการวิจัย ผู้วิจัยได้ขอใบอนุญาตทำการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรม สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และได้ผ่านความเห็นชอบในการทำวิจัยในมนุษย์ ใบอนุญาตเลขที่ 7/2553

1. ทำหนังสือถึงภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอุปกรณ์การทดลอง

2. เตรียมแบบสอบถาม PAR-Q ให้กลุ่มตัวอย่างทำเพื่อคัดเลือกเข้ารับการทดลอง

3. เตรียมหนังสือแสดงความยินยอมให้กลุ่มตัวอย่างได้ลงลายมือชื่อเพื่อรับทราบ

วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย

4. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์และรูปแบบการปฏิบัติเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลการทดลอง

5. นัดหมายวัน เวลาให้กลุ่มตัวอย่างได้ทราบโดยทั่วถึงกัน

6. เตรียมกลุ่มตัวอย่างเข้ารับการทดสอบ

- 6.1 อธิบายเกี่ยวกับจุดมุ่งหมาย วิธีการเก็บข้อมูลให้กลุ่มตัวอย่างทราบ

- 6.2 อธิบายวิธีการปฏิบัติและการเก็บข้อมูลให้กลุ่มตัวอย่างการทดลองทราบ

- 6.3 ให้กลุ่มตัวอย่างทดลองปฏิบัติ เพื่อความเข้าใจในขั้นตอนการทดลองทุกขั้นตอน

7. ก่อนวันทำการทดลอง จะนัดกลุ่มตัวอย่างมาทำการทดสอบหาค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Measurement of VO_{2max}) เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดความหนักของงานในการ

ปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนัก 70-75 % ของ VO_{2max}

โดยให้กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนเข้ารายงานตัว ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยก่อนการทดลอง กลุ่มตัวอย่างได้งดกิจกรรม การเคลื่อนไหวทางกายและการออกกำลังกายก่อนเข้ารับการทดลองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และงดอาหาร แอลกอฮอล์ บุหรี่และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน อย่างน้อย 3 ชั่วโมง ก่อนการทดลองเพื่อทดสอบหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) โดยวิธีการของแลมปี (Ramp protocol) โดยการปั่นจักรยาน ซึ่งก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างต้องทำการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 50 วัตต์ โดยมีค่าความแตกต่างไม่เกิน 5 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที และ

ทำการเพิ่มความหนักขึ้นอีก 5 วัตต์ทุกๆ 20 วินาที ความเร็วในการปั่น 60 รอบต่อนาที (rpm) ค่าความต่างไม่เกิน 5 รอบต่อนาที ปฏิบัติเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งกลุ่มตัวอย่างมีค่าเข้าหลักเกณฑ์ 3 ใน 5 ข้อ ดังนี้

7.1 อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเปลี่ยนแปลง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 150 มล.ต่อนาที เมื่อมีอัตราความเร็วเพิ่มขึ้นอีกระดับหนึ่ง

7.2 อัตราส่วนระหว่าง CO_2 ต่อ O_2 (RER) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1

7.3 ค่าความรู้สึกเหนื่อยสัมพัทธ์ (RER) มีมากกว่าหรือเท่ากับ 1

7.4 อัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่าง $\pm 5\%$ ของอัตรา

การเต้นของหัวใจสูงสุด (220-อายุ)

7.5 กลุ่มตัวอย่างหมดแรง

8. ในครั้งแรกของการทดลองการออกกำลังกายตอนเช้า

8.1 ก่อนเริ่มการทดลองในแต่ละครั้งกลุ่มตัวอย่างจะต้องวัดอัตราการใช้พลังงาน ขณะพัก โดยให้กลุ่มตัวอย่างนั่งบนเก้าอี้ในท่าที่สบายเป็นเวลา 5-10 นาที จนกระทั่งค่า RER คงที่ประมาณ 0.85 หลังจากนั้นเริ่มทำการวัดอัตราการใช้พลังงานทางอ้อม (Indirect Calorimetry) จากเครื่องวิเคราะห์แก๊สเป็นเวลา 35 นาที

8.2 ให้กลุ่มตัวอย่างทำการออกกำลังกายบนจักรยานวัดงาน โดยใส่หน้ากากที่ปรับปริมาณออกซิเจนปกติ โดยการวัดการใช้พลังงานทางอ้อม (Indirect Calorimetry) จากเครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas Analyzer) ยี่ห้อ Cosmed รุ่น PET Ergo ก่อนการทดสอบในแต่ละครั้ง จะทำการปรับตั้งออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยการใส่แก๊สที่มีความเข้มข้นตามคู่มือเครื่องวิเคราะห์แก๊สแนะนำ ($12\% \text{O}_2$ $6\% \text{CO}_2$ และ Nitrogen Balance) และปรับตั้งอัตราการไหลของแก๊ส (Flow meter) โดยการใช้กระบอกบรรจุอากาศ 3 ลิตร (3-l Syringe) ซึ่งการวัดพลังงานในการออกกำลังกายจะเก็บข้อมูล 3 ช่วง คือ ช่วงอบอุ่นร่างกาย (นาทีที่ 1-5 ความหนัก 45-50% ของ $\text{VO}_{2\text{max}}$) ขณะออกกำลังกาย (นาทีที่ 6-30 ความหนัก 70-75% ของ $\text{VO}_{2\text{max}}$) ช่วงคลายอบอุ่นร่างกาย (นาทีที่ 31-35 ความหนัก 45-50% ของ $\text{VO}_{2\text{max}}$) และทำการวัดค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ทุกๆ 5 นาที ในช่วงของการออกกำลังกาย

อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ แรงดันบรรยากาศ ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องวิเคราะห์แก๊ส และจดบันทึกค่าลงในโปรแกรมโดยอัตโนมัติ

9. พักระหว่างการทดลอง 1 สัปดาห์

10. ในครั้งที่สองจะเป็นการวัดการใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเย็นโดยดำเนินการทดลองเหมือนครั้งแรกทุกประการ ทั้งนี้ในการทดลองกลุ่มตัวอย่างทุกคนจะต้องทำการทดลองทั้งสองครั้ง

11. บันทึกผลและทำการคำนวณค่าการใช้พลังงานของทั้งสองการทดลอง

12. การวัดอัตราการใช้พลังงานและการคำนวณพลังงานปริมาณ VO_2 และ VCO_2 ที่วัดได้ จะถูกนำมาคำนวณหาอัตราการใช้พลังงานจากสูตรการคำนวณของฟรายน์ (Frayn. 1983) ดังนี้

$$\text{CHO (g/min)} = 4.55 \times \text{VCO}_2 - 3.21 \times \text{VO}_2 - 2.87 \text{ n}$$

$$\text{Fat (g/min)} = 1.67 \times \text{VO}_2 - 1.67 \times \text{VCO}_2 - 1.92 \text{ n}$$

โดยกำหนดให้ n (โปรตีน) = 0

อัตราการใช้พลังงานจะถูกเปลี่ยนเป็น Kcal/min โดยกำหนดให้ 1g CHO = 4 Kcal และ 1g Fat = 9 Kcal

13. นำผลที่ได้จากการคำนวณมาวิเคราะห์ทางสถิติ

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของข้อมูลแต่ละกลุ่ม
2. ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานในการออกกำลังกายโดยรวม และขณะออกกำลังกาย (นาทีที่ 6-30) ระหว่างการออกกำลังกายในตอนเช้าและตอนเย็น โดยใช้สถิติแบบที่ (Pair Sample t-test)
3. ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมัน ในช่วงระยะเวลาต่างๆ ระหว่างการออกกำลังกายในตอนเช้าและตอนเย็น โดยใช้สถิติแบบที่ (Pair Sample t-test)
4. ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ ขณะออกกำลังกาย ระหว่างการออกกำลังกายตอนเช้าและตอนเย็น โดยใช้สถิติแบบที่ (Pair Sample t-test)
5. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องการใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเช้าและเย็น ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองการใช้พลังงานโดยรวม ช่วงอบอุ่นร่างกาย ขณะออกกำลังกาย ช่วงคลายอบอุ่นร่างกาย และค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ ของการออกกำลังกายตอนเช้าและการออกกำลังกายตอนเย็น มาทำการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในช่วงเวลาต่างๆ และค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ ระหว่างการออกกำลังกายตอนเช้าและการออกกำลังกายตอนเย็น

ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ดังนี้

M	แทน ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน ค่าสถิติทดสอบค่าความมีนัยสำคัญ
P	แทน ค่าความน่าจะเป็น (Probability)
*	แทน มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง โดยนำข้อมูลที่ได้นำมาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุมีค่าเท่ากับ 18.93 ± 0.83 ปี ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 56.39 ± 5.91 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนสูงมีค่าเท่ากับ 164 ± 6.74 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของดัชนีมวลกาย (BMI) มีค่าเท่ากับ 20.27 ± 1.56 กก./ม.² ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 31.52 ± 7.17 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที % ของ VO_{2max} ช่วงอบอุ่นร่างกายมีค่าเท่ากับ 47.79 ± 1.95 % ของ VO_{2max} ขณะออกกำลังกายมีค่าเท่ากับ 71.38 ± 12.67 % ของ VO_{2max} ช่วงคลายอบอุ่นร่างกายมีค่าเท่ากับ 50.92 ± 7.20 ผู้วิจัยได้นำค่าสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ได้มาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างและกำหนดความหนักในการออกกำลังกายของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน ดังตาราง 1

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย
ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และ % VO_{2max} ในช่วงการออกกำลังกายต่างๆ ของ
กลุ่มตัวอย่าง 14 คน

รายการ	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	M	S.D.
อายุ (ปี)	20	18	18.93	.83
น้ำหนักตัว (กก.)	65.00	45.55	56.39	5.91
ส่วนสูง (ซม.)	178	156	164.36	6.74
BMI (กก./ม. ²)	22.93	17.28	20.27	1.56
VO_{2max} (มล./กก./นาที)	42.78	21.17	31.52	7.17
% VO_{2max} Warm-Up	50.00	44.27	47.79	1.95
% VO_{2max} Exercise	85.00	46.41	71.38	12.67
% VO_{2max} Cool-Down	59.80	38.92	50.92	7.20

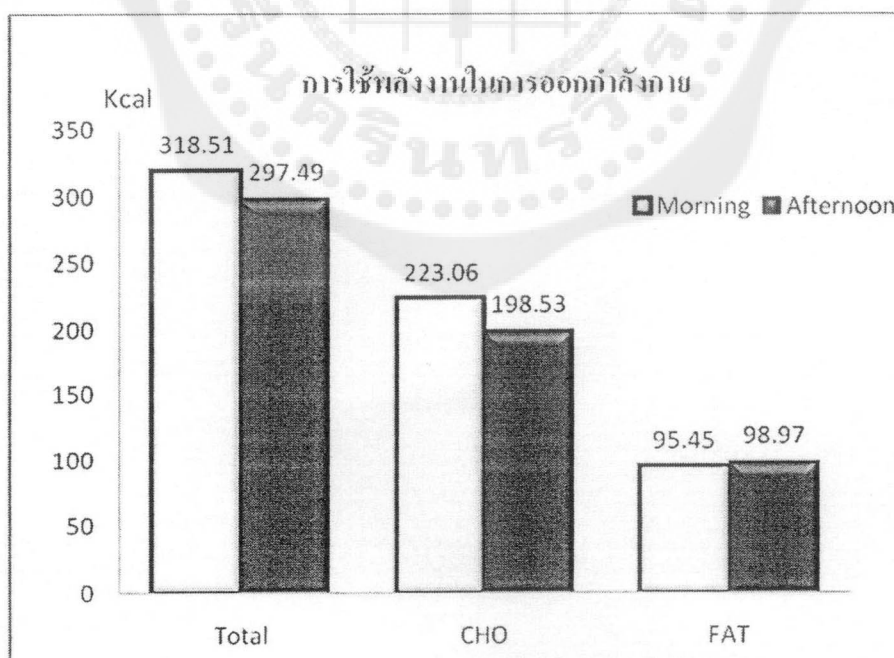
ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในช่วงเวลาต่าง ๆ และค่าความเหนื่อย สัมพันธ์ ระหว่างการออกกำลังกายตอนเช้าและการออกกำลังกายตอนเย็น

ผู้วิจัยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้พลังงานโดยรวมในกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น เป็นระยะเวลา 35 นาที โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานโดยรวมในการออกกำลังกายโดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า การใช้พลังงานโดยรวมของทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า $318 + 98.21$ กับ 297.49 ± 68.68 กิโลแคลอรี แสดงให้เห็นว่า การใช้พลังงานโดยรวมในการออกกำลังกายของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน จากนั้นผู้วิจัยทำการทดสอบค่าการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในการออกกำลังกายของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า $222.06 + 65.45$ กับ 198.53 ± 63.70 กิโลแคลอรี แสดงให้เห็นว่า การใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในการออกกำลังกายของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน และทำการทดสอบค่าการใช้พลังงานไขมันในการออกกำลังกายของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า $95.45 + 78.85$ กับ 98.97 ± 95.96 กิโลแคลอรี แสดงให้เห็นว่า การใช้พลังงานไขมันในการออกกำลังกายของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน ดังตาราง 2

ตาราง 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงาน (กิโลแคลอรี) ในการออกกำลังกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น เป็นระยะเวลา 35 นาที

ช่วงเวลา	กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้า		กลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น		t	P Value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
พลังงานโดยรวม	318.51	98.21	297.49	68.68	1.312	.275
คาร์โบไฮเดรต	223.06	65.45	198.53	63.70	2.09	.057
ไขมัน	95.45	78.85	98.97	59.96	-2.61	.798

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพประกอบ 9 แผนผังแสดงการใช้พลังงานในการออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 35 นาที

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ในการออกกำลังกาย เพื่อทดสอบค่าความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ขณะออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่ม โดยการเปรียบเทียบค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ขณะออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพันธ์ของทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า 14.34 ± 1.72 กับ 14.19 ± 1.62 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็นมีค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ไม่แตกต่างกัน ดังตาราง 3

ตาราง 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพันธ์ขณะออกกำลังกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับการออกกำลังกายตอนเย็น

รายการ	Mean	S.D.	t	P Value
กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้า	14.34	1.72	0.57	.581
กลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น	14.19	1.62		

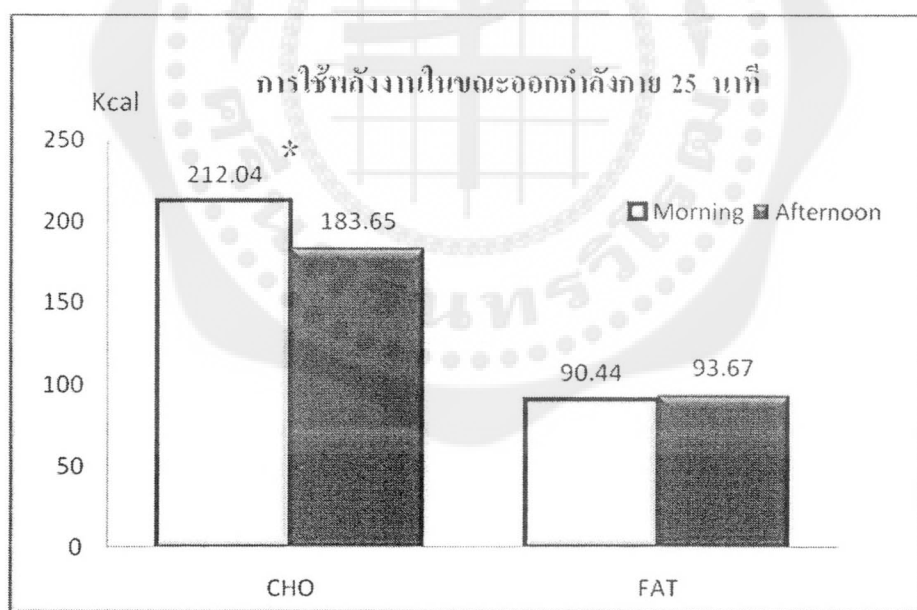
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงาน (กิโลแคลอรี) ในขณะออกกำลังกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น เป็นระยะเวลา 25 นาที

ช่วงเวลา	กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้า		กลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น		t	P Value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
คาร์โบไฮเดรต	212.04	62.65	183.65	57.99	2.298*	.039
ไขมัน	90.44	78.08	93.67	59.68	-.234	.818

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยทำการทดสอบค่าการใช้พลังงานในขณะออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 25 นาที เพื่อหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไขมันในขณะออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไขมันในขณะออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตของทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า 212.04 ± 62.65 กับ 183.65 ± 57.99 กิโลแคลอรี ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น มีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในขณะออกกำลังกายแตกต่างกัน โดยกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ามีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่ากลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานไขมันในขณะออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไขมันของทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า 90.44 ± 78.08 กับ 93.67 ± 59.68 กิโลแคลอรี ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่ากลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น มีการใช้พลังงานไขมันในขณะออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน ดังตาราง 4



ภาพประกอบ 10 แผนผังแสดงการใช้พลังงานในขณะออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 25 นาที

ตาราง 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมัน (กิโลแคลอรี) ในระหว่างการอบอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็นเป็นระยะเวลา 5 นาที

ช่วงเวลา	กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้า		กลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น		t	P Value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
คาร์โบไฮเดรต	4.59	1.88	4.38	2.79	.301	.768
ไขมัน	1.94	0.96	2.04	1.13	-4.26	.677

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

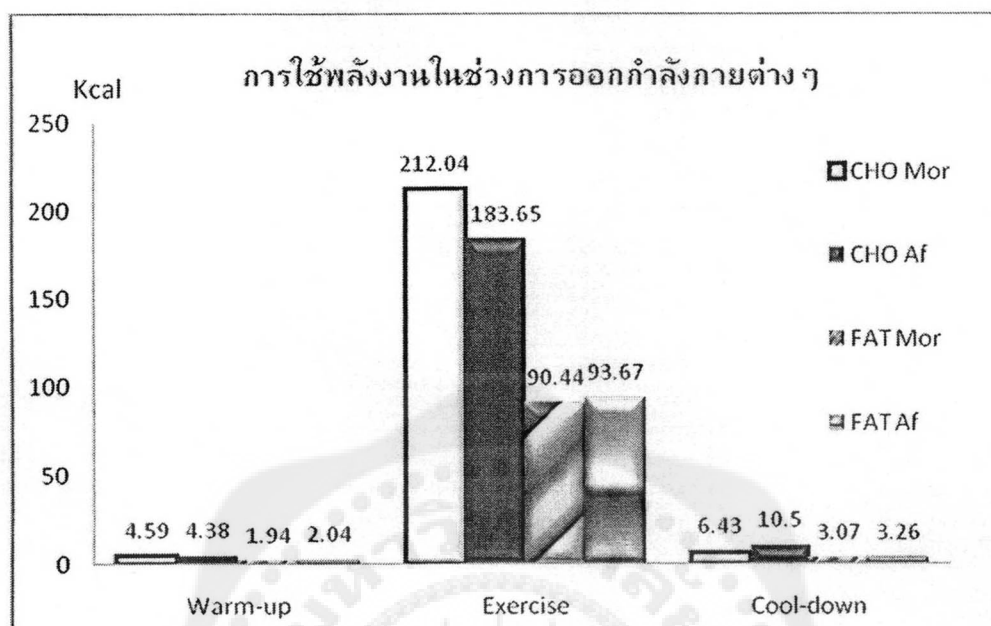
ผู้วิจัยทำการทดสอบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในช่วงการอบอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไขมันของทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตของทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า 4.59 ± 1.88 กับ 4.38 ± 2.79 กิโลแคลอรี ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น มีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในขณะออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานไขมันของการออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไขมันของทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า 1.94 ± 0.96 กับ 2.04 ± 1.13 กิโลแคลอรี ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น มีการใช้พลังงานไขมันในขณะออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน ดังตาราง 5

ตาราง 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมัน (กิโลแคลอรี) ในช่วงคลายอุ้งร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น เป็นระยะเวลา 5 นาที

ช่วงเวลา	กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้า		กลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น		t	P Value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
คาร์โบไฮเดรต	6.43	4.87	10.50	8.87	-2.407*	.032
ไขมัน	3.07	2.21	3.26	2.15	-2.63	.797

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยทำการทดสอบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต ในช่วงคลายอุ้งร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไขมันของทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตของทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า 6.43 ± 4.87 กับ 10.50 ± 8.87 กิโลแคลอรี ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็นมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในช่วงคลายอุ้งร่างกายที่แตกต่างกัน โดยกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็นมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในช่วงคลายอุ้งร่างกายมากกว่ากลุ่มออกกำลังกายตอนเช้า จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานไขมันของการออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไขมันของทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า 3.07 ± 2.21 กับ 3.26 ± 2.15 กิโลแคลอรี ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น มีการใช้พลังงานไขมันในช่วงคลายอุ้งร่างกายไม่แตกต่างกัน ดังตาราง 6



ภาพประกอบ 11 แผนผังแสดงการใช้พลังงานในช่วงการออกกำลังกายต่างๆ

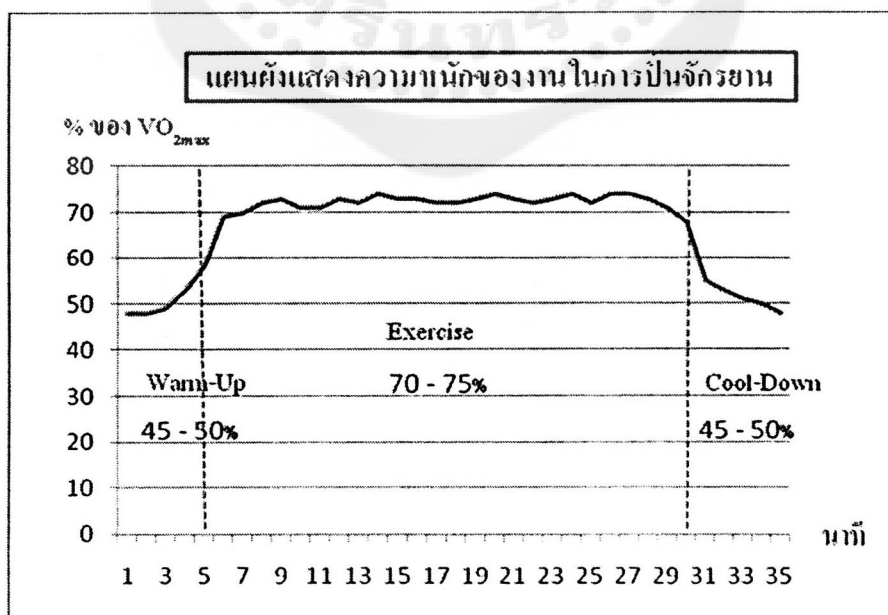
ตาราง 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต (กิโลแคลอรี) ในช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น เป็นระยะเวลา 5 นาที

ช่วงเวลา	ช่วงการอบอุ่นร่างกาย		ช่วงคลายอุ่นร่างกาย		t	P Value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้า	4.59	1.88	6.43	4.87	-1.47	.165
กลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น	4.38	2.79	10.50	8.87	-2.58*	.023

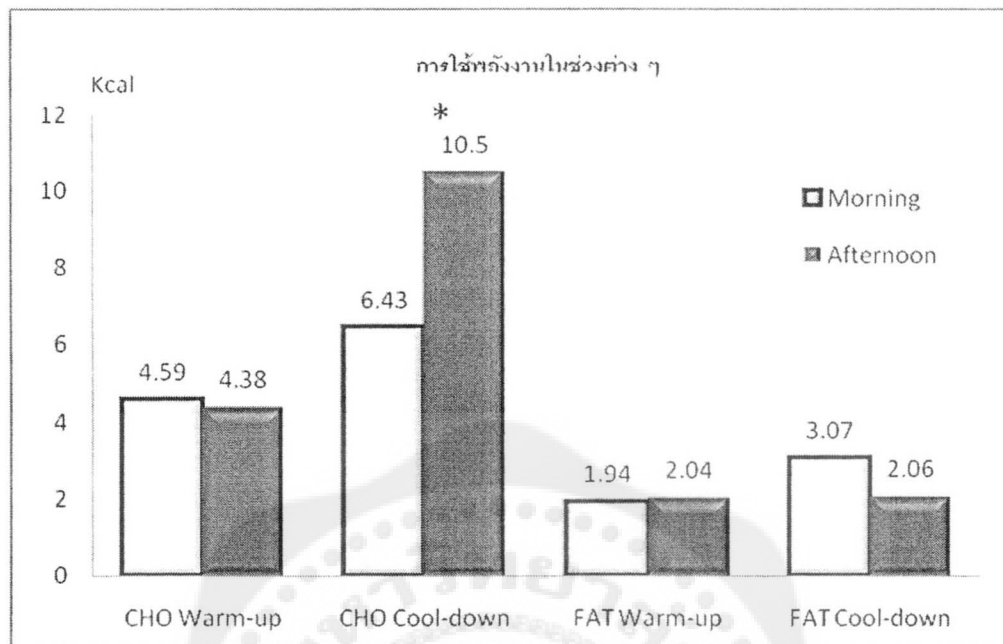
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในการเปรียบเทียบนี้ ผู้วิจัยไม่นำค่าการใช้พลังงานในขณะออกกำลังกาย มาเปรียบเทียบกับช่วงการอบอุ่นร่างกายและช่วงคลายอุ่นร่างกาย เนื่องจากการใช้พลังงานในขณะออกกำลังกาย

นั้น มีการกำหนดค่าความหนักของงานในการปั่นจักรยานที่ความหนัก 70-75 % ของ VO_{2max} และกำหนดระยะเวลาในการออกกำลังกาย 25 นาที ทำให้ในช่วงขณะออกกำลังกายจะมีค่าการใช้พลังงานที่สูงกว่าช่วงเวลาอื่นๆ อย่างมาก ด้วยเหตุนี้ จึงไม่นำค่าการใช้พลังงานในขณะออกกำลังกายมาเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่นๆ และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต (กิโลแคลอรี) ในช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น ผู้วิจัยทำการทดสอบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในการออกกำลังกายตอนเช้าของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในการออกกำลังกายตอนเช้า มีค่า 4.59 ± 1.88 กับ 6.49 ± 4.87 กิโลแคลอรี ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า ช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกาย มีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตที่ไม่แตกต่างกัน จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น โดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในการออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง มีค่า 4.38 ± 2.79 กับ 10.50 ± 8.87 กิโลแคลอรี ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกายมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน โดยช่วงคลายอุ่นร่างกายมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าช่วงการอบอุ่นร่างกาย ดังตาราง 7



ภาพประกอบ 12 แผนผังแสดงความหนักของงานในการปั่นจักรยานในช่วงระยะเวลาต่างๆ



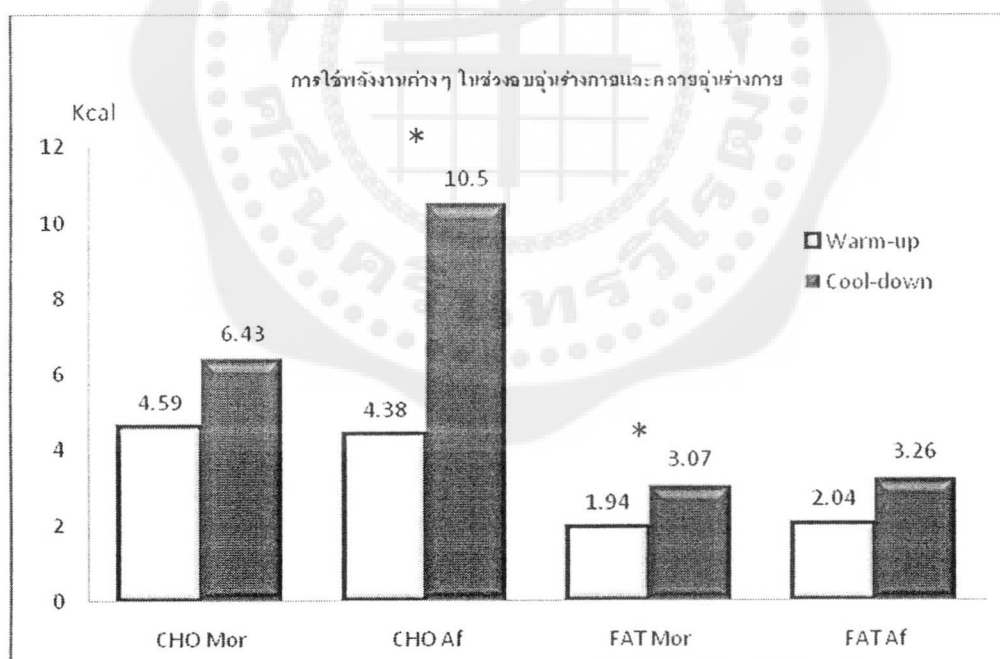
ภาพประกอบ 13 แผนผังแสดงการใช้พลังงานในช่วงต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 5 นาที

ตาราง 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานไขมัน (กิโลแคลอรี) ในช่วงการอบอุ่นร่างกาย กับช่วงคลายอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น เป็นระยะเวลา 5 นาที

ช่วงเวลา	ช่วงการอบอุ่นร่างกาย		ช่วงคลายอุ่นร่างกาย		t	P Value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้า	1.94	0.96	3.07	2.21	-2.27*	.041
กลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น	2.04	1.13	3.26	2.15	-1.75	.103

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยทำการทดสอบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไขมันในช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น เพื่อหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไขมันในช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกายของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานไขมันในการออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไขมันในการออกกำลังกายตอนเช้า มีค่า 1.94 ± 0.96 กับ 3.07 ± 2.21 กิโลแคลอรี ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า ช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกายมีการใช้พลังงานไขมันที่แตกต่างกัน โดยช่วงคลายอุ่นร่างกายมีการใช้พลังงานไขมันมากกว่าช่วงการอบอุ่นร่างกาย จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไขมันในช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น โดยใช้สถิติแบบที ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไขมันในการออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง มีค่า 2.04 ± 1.13 กับ 3.26 ± 2.15 กิโลแคลอรี ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า ช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกายมีการใช้พลังงานไขมันที่ไม่แตกต่างกัน ดังตาราง 8



ภาพประกอบ 14 แผนผังแสดงการใช้พลังงานต่างๆ ในช่วงอบอุ่นร่างกายและคลายอุ่นร่างกาย เป็นระยะเวลา 5 นาที

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สังเขปความมุ่งหมาย สมมุติฐาน วิธีการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานของร่างกายระหว่างการออกกำลังกายตอนเช้ากับการออกกำลังกายตอนเย็น กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตปริญญาตรี คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 14 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Random Sampling) กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยวิธีการของแลมปี (Ramp protocol) ด้วยการปั่นจักรยาน เพื่อนำค่าที่ได้มากำหนดความหนักในการออกกำลังกายที่ 70-75 เปอร์เซ็นต์ของ VO_{2max} จากนั้นทำการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ผู้วิจัยกำหนด คือ การออกกำลังกายตอนเช้า ระหว่างเวลา 06.00-08.00 น. และการออกกำลังกายตอนเย็น ระหว่างเวลา 16.00-18.00 น. ออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานเป็นเวลา 35 นาที ที่ความหนัก 45-50 % ของ VO_{2max} ในช่วงอบอุ่นร่างกายและคลายอุ่นร่างกาย และในขณะออกกำลังกายที่ความหนัก 70-75 % ของ VO_{2max}

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์และแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และ % ของ VO_{2max} ในช่วงต่างๆ ของการออกกำลังกาย โดยนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานในช่วงเวลาต่างๆ และค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น โดยใช้สถิติแบบที่ (Pair Sample t-test)

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุมีค่าเท่ากับ 18.93 ± 0.83 ปี ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 56.39 ± 5.91 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนสูงมีค่าเท่ากับ 164 ± 6.74 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของดัชนีมวลกาย (BMI) มีค่าเท่ากับ 20.27 ± 1.56 กก./ม.² ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 31.52 ± 7.17 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ % VO_{2max} ในช่วงอบอุ่นร่างกายมีค่าเท่ากับ 47.79 ± 1.95 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ % VO_{2max} ในขณะออกกำลังกายมีค่าเท่ากับ 71.38 ± 12.67 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ % VO_{2max} ในช่วงคลายอุ่นร่างกายมีค่าเท่ากับ 50.92 ± 7.20

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานโดยรวม พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมันในการออกกำลังกายช่วงต่างๆ และค่าความเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ ระหว่างกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้า และกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น สรุปผลได้ดังนี้

2.1 ค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานโดยรวม พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมัน (กิโลแคลอรี) ในการออกกำลังกาย เป็นระยะเวลา 35 นาทีของการออกกำลังกายตอนเช้ากับตอนเย็น ไม่แตกต่างกัน

2.2 ค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต (กิโลแคลอรี) ในขณะออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 25 นาทีของการออกกำลังกายตอนเช้ากับการออกกำลังกายตอนเย็นมีความแตกต่างกัน โดยการออกกำลังกายตอนเช้ามีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าการออกกำลังกายตอนเย็น ส่วนการใช้พลังงานไขมันไม่แตกต่างกัน

2.3 ค่าเฉลี่ยความเหนื่อยล้าสัมพัทธ์ระหว่างการออกกำลังกายตอนเช้ากับการออกกำลังกายตอนเย็นไม่แตกต่างกัน

2.4 ค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไขมัน (กิโลแคลอรี) ในช่วงอบอุ่นร่างกาย เป็นระยะเวลา 5 นาทีของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น ไม่แตกต่างกัน

2.5 ค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต (กิโลแคลอรี) ในช่วงคลายอบอุ่นร่างกาย เป็นระยะเวลา 5 นาทีของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็นมีความแตกต่างกัน โดยการออกกำลังกายตอนเย็นมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตในช่วงคลายอบอุ่นร่างกายมากกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า ส่วนการใช้พลังงานไขมันไม่แตกต่างกัน

2.6 ค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต (กิโลแคลอรี) ในการออกกำลังกายตอนเช้า ในช่วงอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอบอุ่นร่างกาย เป็นระยะเวลา 5 นาที ไม่แตกต่างกัน ส่วนการออกกำลังกายตอนเย็นมีความแตกต่างกัน โดยช่วงคลายอบอุ่นร่างกายมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าช่วงการอบอุ่นร่างกาย

2.7 ค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานไขมัน (กิโลแคลอรี) ในการออกกำลังกายตอนเช้า ในช่วงอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอบอุ่นร่างกาย เป็นระยะเวลา 5 นาที มีความแตกต่างกัน โดยช่วงคลายอบอุ่นร่างกายมีการใช้พลังงานไขมันมากกว่าช่วงการอบอุ่นร่างกาย ส่วนการออกกำลังกายตอนเย็นไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผล

จากการศึกษาการใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเช้าและเย็น โดยการวัดการใช้พลังงานโดยรวม พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมันในการออกกำลังกาย ช่วงต่างๆ และค่าเฉลี่ยความเหนื่อยล้าสัมพัทธ์แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่า การเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการออกกำลังกายในช่วงต่างๆ ระหว่างการออกกำลังกายตอนเช้า

และตอนเย็น การใช้พลังงานขณะพักก่อนการออกกำลังกาย ผู้วิจัยทำการทดสอบค่าการใช้พลังงานขณะพักก่อนการออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการใช้พลังงานขณะพักไม่แตกต่างกันหรือใกล้เคียงกันจากนั้นทำการทดสอบค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ขณะออกกำลังกาย พบว่า ค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ของทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าในขณะออกกำลังกายค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันหรือใกล้เคียงกัน ในการทดลองดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการควบคุมอุณหภูมิห้องบันทึกค่าความชื้นสัมพันธ์ และแรงดันบรรยากาศ ด้วยเครื่องวัดที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องวิเคราะห์แก๊ส

จากนั้นจึงทำการทดสอบค่าการใช้พลังงานในการออกกำลังกาย ช่วงต่างๆ ระหว่างการออกกำลังกายตอนเช้ากับการออกกำลังกายตอนเย็น โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และทำการทดสอบค่าการใช้พลังงาน ผลปรากฏว่า

1. การใช้พลังงานโดยรวม พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมันในการออกกำลังกาย เป็นระยะเวลา 35 นาที ของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานโดยรวม พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมันในการออกกำลังกายของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า กลุ่มออกกำลังกายตอนเช้าและกลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น มีการใช้พลังงานโดยรวม พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมันในการออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับ ซีรคักดี อาภาวัฒนาสกุล (2552: 14) กล่าวว่าในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นปานกลางจะมีคาร์โบไฮเดรต (กลูโคสและไกลโคเจน) และไขมัน (กรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์) มาช่วยสนับสนุนใช้เป็นพลังงานโดยรวมในปริมาณที่เท่าๆ กัน และเมื่อมีการออกกำลังกายอย่างยาวนานต่อไปอีก ทั้งไกลโคเจนและไตรกลีเซอไรด์จะถูกนำมาช่วยเป็นพลังงานน้อยลง สอดคล้องกับ จรวยพร ธรณินทร์ (2534: 106) กล่าวว่า การสร้างพลังงานขึ้นอยู่กับความหนักเบาของงานที่ทำ เมื่องานหนักมากขึ้น ร่างกายต้องปรับตัวโดยเพิ่มการเผาผลาญไขมันและเพิ่มการสันดาปคาร์โบไฮเดรตต้องทำงานหนักขึ้น และสอดคล้องกับ พิชิต ภูติจันทร์ (2535: 25) กล่าวว่า ในการออกกำลังกายนั้น ร่างกายจะใช้พลังงาน ปริมาณเท่าใดหรือมีการใช้พลังงานจากระบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของการออกกำลังกาย ความหนัก และระยะเวลาของการออกกำลังกาย ซึ่งการออกกำลังกายดังกล่าวมีระยะเวลาเพียง 35 นาที พลังงานที่ใช้ในการสันดาปตอนแรกจะเป็นไกลโคเจนที่สะสมภายในกล้ามเนื้อและตับ เมื่อร่างกายใช้พลังงานไกลโคเจนหมดไปร่างกายจะใช้พลังงานไขมันมาสันดาปเป็นพลังงานเพื่อใช้ในการออกกำลังกายต่อไป ทำให้การออกกำลังกายตอนเช้าและตอนเย็นมีการใช้พลังงานโดยรวมไม่แตกต่างกัน

ในการเปรียบเทียบนี้ ผู้วิจัยไม่ได้นำค่าการใช้พลังงานขณะออกกำลังกายมาเปรียบเทียบกับช่วงการอบอุ่นร่างกายและช่วงคลายอุ่นร่างกาย เนื่องจากการใช้พลังงานขณะออกกำลังกายนั้นมีการกำหนดค่าความหนักของงานในการปั่นจักรยานที่ความหนัก 70-75 % ของ VO_{2max} และกำหนดระยะเวลาในการออกกำลังกาย 25 นาที ทำให้ในช่วงขณะออกกำลังกายจะมีค่าการใช้พลังงานที่สูงกว่าช่วงเวลาอื่นๆ อย่างมาก ด้วยเหตุนี้จึงไม่นำค่าการใช้พลังงานในขณะออกกำลังกายมาเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่นๆ และจากการเปรียบเทียบการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไขมัน ในขณะ

ออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 25 นาที ของทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกัน โดยกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้า มีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่ากลุ่มออกกำลังกายตอนเย็น สอดคล้องกับ แอนดี เจ ชีน (Andre, J. Scheen; et al. 1998) กล่าวว่า ฮอร์โมนและกระบวนการเมตาบอลิซึมของกลูโคสจะตอบสนองได้ดีที่สุดในตอนเช้า การออกกำลังกายตอนเช้าในระดับปานกลางจะทำให้ร่างกายต้องการใช้กลูโคสมาเป็นพลังงานเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในเลือด ระหว่างการออกกำลังกาย และการออกกำลังกายตอนเช้าจะทำให้คุณภาพลดลงอย่างมีนัยสำคัญกับความสามารถของร่างกายในการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดในภายหลังของช่วงระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมือนกัน เปียโด (Pietro; et al. 2001) การออกกำลังกายตอนเย็น อุณหภูมิของร่างกาย ค่าพลังงานสูงสุด (Souissi; et al. 2004) พลังงานแอโรบิก (Hill. 1992) ระยะเวลาของการใช้พลังงาน การตอบสนองของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Hill. 1996) ในตอนเย็นจะมีค่ามากกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า เพราะระดับ Catecholamine ซึ่งเป็นตัวช่วยกระตุ้นกระบวนการเมตาบอลิซึมและเพิ่มระดับฮอร์โมนในการเผาผลาญไขมันจะมีค่าสูงสุดในตอนเย็น (Ayoko. 1995) สอดคล้องกับฮามิดและโมฮัมหมัด (Hamid; & Mohammad. 2011) ที่กล่าวว่า การออกกำลังกายตอนเย็น จะมีประสิทธิภาพมากในการเผาผลาญไขมัน และทำให้มวลไขมันในร่างกายลดลง เป็นผลให้การออกกำลังกายตอนเช้ามีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าการออกกำลังกายตอนเย็น สอดคล้องกับฮิลล์ ดี ดับเบิลยู (Hill, D. W.; et al. 1996) กล่าวว่า การออกกำลังกายตอนบ่ายสามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงขึ้น 7 เปอร์เซ็นต์และระบบการตอบสนองแบบแอโรบิกเร็วกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า 6 เปอร์เซ็นต์

2. การใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมันในการออกกำลังกายตอนเช้ากับตอนเย็น

ในช่วงการอบอุ่นร่างกายและช่วงคลายอุ่นร่างกาย ผลการทดลองพบว่า การใช้พลังงาน คาร์โบไฮเดรต และพลังงานไขมันในช่วงการอบอุ่นร่างกายของกลุ่มออกกำลังกายตอนเช้ากับตอนเย็นไม่แตกต่างกัน เนื่องจากช่วงการอบอุ่นร่างกายเป็นช่วงเริ่มต้นการออกกำลังกาย ร่างกายเริ่มต้นกระบวนการสังเคราะห์สารอาหารต่างๆ มาใช้ในการออกกำลังกาย ประกอบกับงานวิจัยดังกล่าวได้กำหนดรูปแบบที่เหมือนกัน คือ ระยะเวลาในการอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ความหนักประมาณ 45-50% ของ VO_{2max} ซึ่งถือว่าการออกกำลังกายในระดับเบา (นฤมล ลีลาวัฒน์. 2553) ทำให้ร่างกายไม่เกิดการใช้พลังงานมากนัก เป็นผลให้ค่าการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไขมันในช่วงการอบอุ่นร่างกายของทั้งสองกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่าง ส่วนช่วงคลายอุ่นร่างกายมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน โดยการออกกำลังกายตอนเย็นมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตช่วงคลายอุ่นร่างกายมากกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า เนื่องจากการออกกำลังกายตอนเช้าในขณะออกกำลังกายร่างกายใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงานมาก จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจึงทำให้ช่วงคลายอุ่นร่างกายจึงต้องดึงพลังงานไขมันมาสันดาปช่วยเป็นพลังงานในช่วงคลายอุ่นร่างกาย แตกต่างจากการออกกำลังกายตอนเย็นร่างกายมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไขมันช่วยในการสันดาปตลอดเวลาทำให้การออกกำลังกายตอนเย็นช่วงอบอุ่นร่างกายจึงมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าการออกกำลังกายตอนเช้าดังกล่าว

3. การใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมันในการออกกำลังกายตอนเช้ากับตอนเย็น ในช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกาย ผลการทดลองพบว่า การใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต ในการออกกำลังกายตอนเช้าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการออกกำลังกายตอนเช้ามีอัตราการใช้ พลังงานคาร์โบไฮเดรตสูง จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ช่วงการอบอุ่นร่างกายและช่วง คลายอุ่นร่างกายในการออกกำลังกายตอนเช้าจึงมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนการออกกำลังกายตอนเย็นมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน โดยช่วงคลายอุ่นร่างกาย มีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าช่วงการอบอุ่นร่างกาย เนื่องจาก ช่วงการอบอุ่นร่างกายเป็น กระบวนการของการเริ่มการปรับตัวเพื่อเตรียมความพร้อมของร่างกาย เป็นผลให้ร่างกายเกิดการ กระตุ้นระบบกล้ามเนื้อต่างๆ ภายในร่างกาย ทำให้เกิดการสังเคราะห์สารอาหารเพื่อนำไปใช้เป็น พลังงานในการออกกำลังกาย ไม่มากนักเพราะช่วงการอบอุ่นร่างกายมีระยะเวลาสั้นและความหนัก อยู่ในระดับปานกลางทำให้ไม่มีการใช้พลังงานในช่วงนี้มากนัก จากนั้นจะเป็นช่วงของการออกกำลังกาย ร่างกายจะเกิดกระบวนการปรับตัว ทำให้เกิดมีการใช้พลังงานมากขึ้นตามความหนักของงานที่ เพิ่มขึ้นเป็นผลให้ร่างกายต้องสันดาปสารอาหารคาร์โบไฮเดรตมากขึ้นตามไปด้วย และในช่วง คลายอุ่นร่างกายซึ่งเป็นช่วงต่อของการออกกำลังกายในระดับคงที่ จึงทำให้ร่างกายยังมีอัตราการใช้ พลังงานที่สูงอยู่ ทำให้ระยะดังกล่าวยังคงใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตเพื่อปรับสภาพร่างกายอยู่ในระดับ ปกติ ซึ่งใช้ระยะเวลา นานเท่าใดนั้นแล้วแต่สมรรถภาพทางกาย ของแต่ละบุคคล สอดคล้องกับ ชูศักดิ์ และกันยา (2536: 153) กล่าวว่า การใช้พลังงานภายหลังการออกกำลังกายทันทียังคงมีสูงอยู่ และจะค่อยๆ ลดลงสู่ระดับปกติ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การใช้พลังงานช่วงคลายอุ่นร่างกายยังคงมีการใช้ พลังงานมากกว่าช่วงการอบอุ่นร่างกาย ส่วนการใช้พลังงานไขมันมีความแตกต่างกัน โดยช่วงคลายอุ่น ร่างกายมีการใช้พลังงานไขมันมากกว่าช่วงการอบอุ่นร่างกาย เนื่องจากการออกกำลังกายตอนเช้า ร่างกายมีอัตราการใช้พลังงานโดยรวมที่สูงกว่าการออกกำลังกายตอนเย็นทำให้การใช้พลังงานไขมัน สูงตามไปด้วย เพราะการออกกำลังกายตอนเช้า ฮอร์โมนและกระบวนการเมตาบอลิซึมของกลูโคส จะตอบสนองได้ดีที่สุดในตอนเช้า แอนดี เจ ชีน (Andre, J. Scheen; et al. 1998) เมื่อมีการออก กกำลังกายพลังงานคาร์โบไฮเดรตเก็บสะสมไว้ไม่เพียงพอต่อความต้องการทำให้ร่างกายต้องดึง พลังงานไขมันมาใช้สันดาปเป็นพลังงานในการออกกำลังกายดังกล่าว สอดคล้องกับ ชูศักดิ์ และกันยา (2536: 151) กล่าวว่า พลังงานที่สำคัญได้จากกลัยโคเจน แต่ตอนท้ายของการออกกำลังกายนั้น ร่างกายจะใช้พลังงานไขมันเป็นต้นตอสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจาก กลัยโคเจนสำรองที่อยู่ในกล้ามเนื้อและ ตับถูกใช้ไปหมดแล้ว ส่วนการออกกำลังกายตอนเย็น ช่วงการอบอุ่นร่างกายกับช่วงคลายอุ่นร่างกาย มีการใช้พลังงานไขมันไม่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองข้างต้น สรุปได้ว่า การออกกำลังกายตอนเช้าและตอนเย็นมีผลต่อการใช้ พลังงานโดยรวมไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตและพลังงานไขมัน ในขณะออกกำลังกายพบว่า การออกกำลังกายตอนเช้ามีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าการ ออกกำลังกายตอนเย็น เพราะฮอร์โมนและกระบวนการเมตาบอลิซึมของกลูโคสจะตอบสนองได้ดี ที่สุดในตอนเช้า (Andre, J. Scheen; et al. 1998) การออกกำลังกายตอนเย็น อุณหภูมิของร่างกาย

ค่าพลังงานสูงสุด (Souissi; et al. 2004) พลังงานแอโรบิก (Hill. 1992) ระยะเวลาของการใช้พลังงาน การตอบสนองของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Hill. 1996) ในตอนเย็นจะมีค่ามากกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า เพราะระดับ catecholamine ซึ่งเป็นตัวช่วยกระตุ้นกระบวนการเมตะบอลิซึมและเพิ่มระดับฮอร์โมนในการเผาผลาญไขมันจะมีค่าสูงสุดในตอนเย็น (Ayoko. 1995) สอดคล้องกับฮามิด และโมฮัมมาด (Hamid; & Mohammad. 2011) ที่กล่าวว่า การออกกำลังกายตอนเย็นจะมีประสิทธิภาพมากในการเผาผลาญไขมัน และทำให้มวลไขมันในร่างกายลดลง เป็นผลให้การออกกำลังกายตอนเช้าจึงมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าการออกกำลังกายตอนเย็น สอดคล้องกับฮิลล์ ดี ดับเบิลยู (Hill, D. W.; et al. 1996) กล่าวว่า การออกกำลังกายตอนบ่ายสามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงขึ้น 7 เปอร์เซ็นต์และระบบการตอบสนองแบบแอโรบิกเร็วกว่าการออกกำลังกายตอนเช้า 6 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการออกกำลังกายตอนเช้าจะได้ผลในเรื่องของระบบเมตะบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและการออกกำลังกายตอนเย็นจะมีประสิทธิภาพมากในการเผาผลาญไขมัน และทำให้มวลไขมันในร่างกายลดลง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง พบว่า การใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเช้าและเย็นในขณะที่ออกกำลังกายมีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน โดยการออกกำลังกายตอนเช้ามีการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าการออกกำลังกายตอนเย็น ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่า การออกกำลังกายตอนเช้าและเย็นในช่วงต่างๆ มีผลต่อการใช้พลังงานคาร์โบไฮเดรต พลังงานไขมันแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การวัดการใช้พลังงานมีความแม่นยำยิ่งขึ้น ควรมีการควบคุมการพักผ่อน การบริโภคอาหารและ การใช้ชีวิตประจำวันของผู้ทดลองให้มากยิ่งขึ้น

ข้อแนะนำสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายตอนเช้าและเย็นที่มีต่อการออกกำลังกายรูปแบบต่างๆ เช่น การเดิน การวิ่ง การประกอบกิจกรรมต่างๆ ที่มีผลการใช้พลังงาน
2. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายในช่วงเวลาต่างๆ ที่มีผลต่อระบบเมตะบอลิซึมและระดับฮอร์โมนต่างๆ ภายในร่างกาย
3. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายในช่วงเวลาที่ต่างกัน ที่ระดับความหนักต่างกันที่มีต่อผลการใช้พลังงานในร่างกาย
4. ควรมีการศึกษาผลของการใช้พลังงานในขณะที่ออกกำลังกาย ในผู้ที่มีขนาดร่างกายที่แตกต่างกัน



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- การกีฬาแห่งประเทศไทย. (2544). แผนพัฒนากีฬาแห่งชาติ ฉบับที่ 3 (2545- 2549).
กรุงเทพฯ: ไทยมิตรการพิมพ์.
- กุลยา ตันติผลาชีวะ. (2540, มกราคม-ธันวาคม). การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ.
วารสารชมรมศิษย์เก่าพลศึกษา สุขศึกษา และนันทนาการ. หน้า 31-32.
- จรรยาลักษณ์ สุขแจ่ม. (2541). การสร้างแรงจูงใจเพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายในพยาบาล
โรงพยาบาลศิริพยาบาล กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สุขศึกษาและ
พฤติกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- จรรยาพร ธรณินทร์. (2534). กายวิภาคและสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ:
ไทยวัฒนาพานิช.
- จักรี เสริมทรัพย์. (2541). ความต้องการการออกกำลังกายของอาจารย์และเจ้าหน้าที่
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยรามคำแหง. ถ่ายเอกสาร.
- จินดา บุญช่วยเกื้อกุล. (2541). การดูแลรักษาและส่งเสริมสุขภาพ. สุขภาพเพื่อชีวิต. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เจริญ กระบวนรัตน์. (2542). หลักการและเทคนิคการฝึกกรีฑา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์.
- ชนินทร์ชัย อินทราภรณ์. (2544). การเปรียบเทียบและการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วย
น้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และการฝึกเชิงซ้อนที่มีต่อการพัฒนากล้ามเนื้อขา.
ปริญาญาดุษฎีบัณฑิต. (พลศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
ถ่ายเอกสาร.
- ชาติรี ประชาพิพัฒน์; และนฤพนธ์ วงศ์จตุรภัทร. (2545). แนวทางการส่งเสริมการออกกำลังกาย
เพื่อสุขภาพ. มหาวิทยาลัยบูรพา: วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การกีฬา.
- ชูศักดิ์ เวชแพทย์. (2536). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ: ชรรคมงคลการพิมพ์.
_____. (2540). สรีรวิทยา1. กรุงเทพฯ: สวัสดิการพิมพ์.
- ธีรศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล. (2552). หลักวิทยาศาสตร์ในการฝึกกีฬา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- ณัฐจริย์ วิชเวช. (2542). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจลศาสตร์ของการใช้ออกซิเจนขณะ
ออกกำลังกายและแอนแอโรบิค เรซโซลด์. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- ถนอม กฤษณ์เพ็ชร. (2536). แนวคิดและทิศทางของวิทยาศาสตร์การกีฬาในประเทศไทย.
กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- นฤมล ลีลาวัฒน์. (2553). *สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นภนต์ กุลกิติเกษ. (2552). *การใช้พลังงานภายหลังการออกกำลังกายที่ปริมาณออกซิเจนเบาบาง*. ปรินูญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตรการกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นันทวัน โลหะบุตร. (2545). *ผลของการออกกำลังกายระดับปานกลางก่อนอาหารเช้าและก่อนอาหารเย็นต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2*. ปรินูญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตรการกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- นิพนธ์ วิชชุทเวส. (2551). *ผลของการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องและแบบผสมที่มีต่อการใช้พลังงาน*. ปรินูญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตรการกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ประทุม ม่วงมี. (2527). *สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: บุรพาสารัน.
- ประเวท เกษกัน. (2547). *ผลการฝึกด้วยน้ำหนักในจำนวนครั้งต่างกันที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตรการกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ปรียาภรณ์ กุลศิริรัตน์. (2551). *การใช้พลังงานของนักกีฬาเทนนิส*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตรการกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พิชิต ภูติจันทร์. (2535). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- _____. (2547). *วิทยาศาสตรการกีฬา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- พินิจ วัชรุณ. (2540). *ความต้องการในการออกกำลังกายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดอุดรธานี*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พีระพงศ์ บุญศิริ. (2538). *สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย (วิทยาศาสตรการกีฬา)*. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรินติ้ง เฮ้าส์.
- ไพบุลย์ ศรีชัยสวัสดิ์. (2549). *ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการออกกำลังกายของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*. รายงานการวิจัย ภาควิชาพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ: คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สรีรวิทยา, ภาควิชา คณะแพทยศาสตรศิริราชพยาบาล. (2542). *สรีรวิทยา 2*. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรินติ้ง เฮ้าส์.
- วลีรัตน์ แตรตุลาการ. (2541). *การประยุกต์ทฤษฎีความสามารถตนเองร่วมกับกระบวนการเรียนรู้ อย่างมีส่วนร่วมในการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพของนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี ศรีธัญญา จังหวัดนันทบุรี*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สาธารณสุขศาสตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.

- วีรพัฒน์ ยอดกมลศาสตร์. (2550). *การศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานของการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพชนิดต่างๆ ระหว่างหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกินและหญิงที่มีน้ำหนักปกติ*. ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- วุฒิพงษ์ ปรมัตถการ. (2537). *หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์
- สนธยา สีละมอด. (2547). *หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมชาย ลีทองอิน. (2543). *คู่มือส่งเสริมการออกกำลังกายสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข*. กรุงเทพฯ: ชุมชนการเกษตรสหกรณ์แห่งประเทศไทย.
- สายัณห์ สุขยิ่ง. (2543). *ความต้องการการเข้าร่วมกิจกรรมการออกกำลังกายของครูและเจ้าหน้าที่โรงเรียนในเครือมูลนิธิคณะเซนต์คาเบรียลแห่งประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง. ถ่ายเอกสาร.
- สิวानी เข้ม. (2542). *การศึกษาพฤติกรรมการออกกำลังกายและเล่นกีฬาของนิสิตนักศึกษาในมหาวิทยาลัยของรัฐ*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สุพัชรา ชิมเจริญ. (2543). *คู่มือการเรียนการสอนเอโรบิคด้านซ์*. กรุงเทพฯ: พิมพ์อักษร.
- สุวรรณา หังสพฤกษ์ และ สุพรพิมพ์ เจียสกุล. (2544). *สรีรวิทยา 2*. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.
- เสก อักษรานุเคราะห์. (2534). *การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพและชะลอความแก่*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. (2539). *สมรรถภาพทางกายและทางกีฬา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสัตยศาสตร์ ออร์โธปิดิกส์และกายภาพบำบัด คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล.
- ศิริลักษณ์ โอตาการ. (2544). *ผลของการออกกำลังกายปานกลางแบบเฉียบพลันต่อภาวะการเกิดไดอินคอนจูเกชันของไล-เดนซิติไลโปโปรตีนในผู้ใหญ่ไทยที่ไม่ได้ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เวชศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- André, J. Scheen; et al. (1998, February). *Effects of exercise on neuroendocrine secretions and glucose regulation at different times of day*. Retrieved April 1, 2011, from <http://ajpendo.physiology.org/cgi/reprint/274/6/E1040>
- American College of Sport Medicine. (2004). *ACSM. Health-Related Physical Fitness Assessment Manual*. United States.
- Ayako, S. & Keiichi, M. (1995). *Circadian Rhythm of Catecholamine Excretion in Rat after Phase Shift of Light-Dark Cycle*. *Ind Heath.*; 33: 57-66.

- Blahnsby, B. A.; & Reidy, P. W. (1998). Heart Rate and Estimated Energy Expenditure During Ballroom Dancing. *British Association of Sport and Medicine*. 22(2): 57-60.
- Borsheim, E. & Bahr, R. (2003). Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Medicine*. 33(14): 1037-1060.
- Darling, L.; Linderman, K. & Laubach, L. (2005). Energy expenditure of Continuous and Intermittent Exercise in College aged males. *Journal of Exercise Physiology*. August, 8(4). Frayn, K. N. (1983). *Energy system contribution and performance*. Retrieved December 8, 2010, from <http://www.methuen.k12.ma.us/mnmelan/respiration%20notes.htm>
- Frayn, K. N. (1983). Calculation of substrate oxidation rate in vivo from gaseous exchange. *Journal of Applied Physiology*. 55: 628-634.
- Fox, E. L. (1992). *Sports physiology*. 3rd ed. Dubuque: Wm. C. Brown.
- Gjerest, A.; Johansen, E.; & Moser, T. (1997, August). Aerobic and Anaerobic Demands in Short Distance Orienteering. *Scientific Journal of Orienteering*. (13): 4-25.
- Glen, E. Moulton. (2004). *The Complete Idiot's Guide to Biology*. Retrieved December 8, 2010, from <http://www.infoplease.com/cig/biology/cellular-respiration.html>
- Graeme Thomas. (2001). Sports Nutritionist and Weight Loss Coach 2011. Retrieved December 8, 2010, from <http://graemethomasonline.com/picking-up-from-poliquin/>
- Hamid; & Mohammad. (2011). *Maximal fat oxidation at the different exercise intensity in obese and normal weight men in the morning and evening*. Retrieved April 1, 2011, from http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16863/1/JHSE_6_1_06.pdf
- Hill, D. W.; et al. (1992, December). *Effect of time of day on aerobic and anaerobic responses to high-intensity exercise*. Retrieved April 1, 2011, from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1330271>
- _____. (1996, September). *Effect of time of day on aerobic power in exhaustive high-intensity exercise*. Retrieved April 1, 2011, from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?Db=pubmed&Cmd=Retrieve&list_uids=8979644&dopt=abstractplus
- Jill, A.; et al. (2001, February). *Cortical and Growth Hormone Responses to Exercise at Different Times of Day*. Retrieved April 1, 2011, from <http://jcem.endojournals.org/cgi/content/abstract/86/6/2881>
- Lamp, D. R. (1984). *Physiology of Exercise*. New York: Macmillan Publishing company.
- McArdle, W. D.; Katch, F.I. & Katch, V. L. (1994). *Essentials of Exercise Physiology*. Lae & Febiladelphia.

- Peterson, M. J.; Palmer, D. R. & Laubach, L. L. (2004, May). *Comparison of caloric expenditure intermittent and continuous walking bouts*. *J. Strength Cond Res*. 18(2): 373-376.
- Pietro; et al. (2001, February). *Effect of morning exercise on counter regulatory responses to subsequent, afternoon exercise*. Retrieved April 1, 2011, from <http://jap.physiology.org/content/91/1/91.short>
- Robert, D.; et al. (1999). Energy metabolism increase and regional body fat decreases while regional muscle mass is spared in humans climbing Mt. Everest. *Journal of Nutrition*. 129: 1307-1314.
- Roels, B.; et al. (2007). *Effects of intermittent hypoxic training on amino and fatty acid oxidative combustion in human permeabilized muscle fiber*. *J. Appl Physiol*. (Sep; 21).
- Sherman, W. M. (1995). *Metabolism of sugar and physiological performance*. *Am J. Clin Nutr*. 62(suppl): 228S-41S.
- Souissi, N.; et al. (2004). Circadian rhythms in two types of anaerobic cycle leg exercise: fore-velocity and 30-s Wingate test. In *J. Sports Med*. 2004; 25: 14-19.
- Superflytri. (2011). *VO2max Ramp Test*. Retrieved April 1, 2011, from <http://www.superflytri.co.uk/Lab-Testing/VO2max-Ramp-Test.aspx>
- Tanomsak Senakham. (1998). *Energy Demands During Competition of Thai National Sepak Takraw Athletes*. Mater thesis, M.SC. (Sports Medicine). Bangkok: Graduate School Chulalongkron University. Photocopied.
- The Glycolytic Pathway. Retrieved February 25, 2011, from www.sparknotes.com/.../glycolysis/summary.html
- Trappe, Todd A.; et al. (1997, June). Energy Expenditure of Swimmers During High Volume Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 29(7): 950-954.
- Westerterp, K. R.; et al. (1992). *Energy expenditure climbing Mt. Everest*. Retrieved February 1, 2011, from <http://jap.physiology.org/content/73/5/1815.abstract>



ภาคผนวก ก

แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) และ
แบบทดสอบหาค่าความหนักของงานในการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนัก 70-75% ของ VO_{2max}

แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})

ทดสอบหาความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Measurement of VO_{2max})

โดยวิธีการของ แลมป์ (Ramp Protocol) from Lamp, D. R. (1984) Physiology of Exercise.

การทดสอบหาค่า VO_{2max} โดยการปั่นจักรยาน มีวิธีการทดสอบดังนี้

กลุ่มตัวอย่างทำการปั่นจักรยาน เริ่มจากความหนัก 50 วัตต์ โดยมีค่าความแตกต่างไม่เกิน 5 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาทีและทำการเพิ่มความหนักขึ้น 5 วัตต์ ทุกๆ 20 วินาที ความเร็วในการปั่น 60 รอบต่อนาที (rpm) ค่าความต่างไม่เกิน 5 รอบต่อนาทีปฏิบัติเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งกลุ่มตัวอย่างมีค่าเข้าหลักเกณฑ์ 3 ใน 5 ข้อ ดังนี้

1. อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเปลี่ยนแปลง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 150 มล. ต่อนาที เมื่อมีอัตราความเร็วเพิ่มขึ้นอีกระดับหนึ่ง
2. อัตราส่วนระหว่าง CO_2 ต่อ O_2 (RER) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1
3. ค่าความรู้สึกเหนื่อยสัมพัทธ์ (RER) มีมากกว่าหรือเท่ากับ 1
4. อัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่าง $\pm 5\%$ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (220-อายุ)
5. กลุ่มตัวอย่างหมดแรง

**แบบทดสอบหาค่าความหนักของงานในการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนัก
70-75% ของ VO_{2max} จาก นพนต์ กุลกิติเกษ. (2552).**

การใช้พลังงานภายหลังการออกกำลังกายที่ปริมาณออกซิเจนเบาบาง.

1. ทำการคำนวณหาค่าความหนักที่ระดับ 70-75% ของค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})
2. ทำการทดสอบหาค่าความหนักของงานในการปั่นจักรยานวัดงานที่ระดับความหนัก 70-75% ของ VO_{2max}
3. เริ่มต้นให้ทำการอบอุ่นร่างกาย โดยทำการปั่นจักรยานที่ความหนัก 50 วัตต์ โดยความแตกต่างไม่เกิน 5 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาทีและทำการเพิ่มความหนักขึ้นอีก 10 วัตต์ ในทุกๆ 3 นาที ความเร็วในการปั่น 60 รอบต่อนาที (rpm) ค่าความต่างไม่เกิน 5 รอบต่อนาที ปฏิบัติเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่ง
4. ค่า VO_{2max} ที่ระดับความหนัก 70-75% คงที่ หรือเปลี่ยนแปลงไม่เกิน ± 5 มิลลิลิตรต่อนาที (ml/min) เป็นเวลา 5 นาทีและนำค่าความหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ 1 นาที ใน 5 นาที มาเฉลี่ยเพื่อนำมากำหนดเป็นความหนักในการออกกำลังกาย



โปรแกรมการออกกำลังกาย

1. ผู้เข้ารับการทดลองตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับแนวทางการดำเนินชีวิตประจำวัน
2. ก่อนเริ่มการทดลองในแต่ละครั้งกลุ่มตัวอย่างจะต้องวัดอัตราการใช้พลังงานขณะพัก
3. ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 45-50 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที
4. เริ่มการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 50 วัตต์ โดยควบคุมความหนักของงานในการปั่นจักรยานวัดงานที่ระดับความหนัก 70-75% ของ VO_{2max} เป็นเวลา 25 นาที และทำการวัดค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ (RPE) ทุกๆ 5 นาที
5. ทำการคลายอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 45-50 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที





ภาคผนวก ค
ใบอนุญาตทำการวิจัยในมนุษย์



62 หมู่ 7 อำเภอลำครักษ์
จังหวัดนครนายก 26120
โทร.0-3739-5085 ต่อ 81516

เอกสารรับรองโครงการวิจัย

โดย

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์แบบเร่งพิเศษ (Expedited Review)

SWUEC/EX เลขที่หนังสือรับรอง 7/2553

ชื่อโครงการ	การใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเช้าและเย็น
	Morning and Afternoon Energy Expenditure During Exercise
ชื่อหัวหน้าโครงการ / หน่วยงานที่สังกัด	คุณธนันท์ ธารานา / นิติบัญญัติโท คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
SWUEC รหัสโครงการ	SWUEC/EX 7-2/2553
สถานที่ทำการวิจัย	ศูนย์การแพทย์ฯ คณะแพทยศาสตร์ มศว
เอกสารรับรอง	- แบบเสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณา - หนังสือขออนุญาตจากผู้อำนวยการโรงพยาบาล
รับรองโดย	คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
วันที่รับรอง	18 สิงหาคม 2553
วันหมดอายุ	17 สิงหาคม 2554

หนังสือรับรองฉบับนี้ออกโดยความเห็นชอบในการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณา
โครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ตามประกาศเขตรังสี

ลงนาม.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานสิริ พันธุ์สุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมฯ

ลงนาม.....

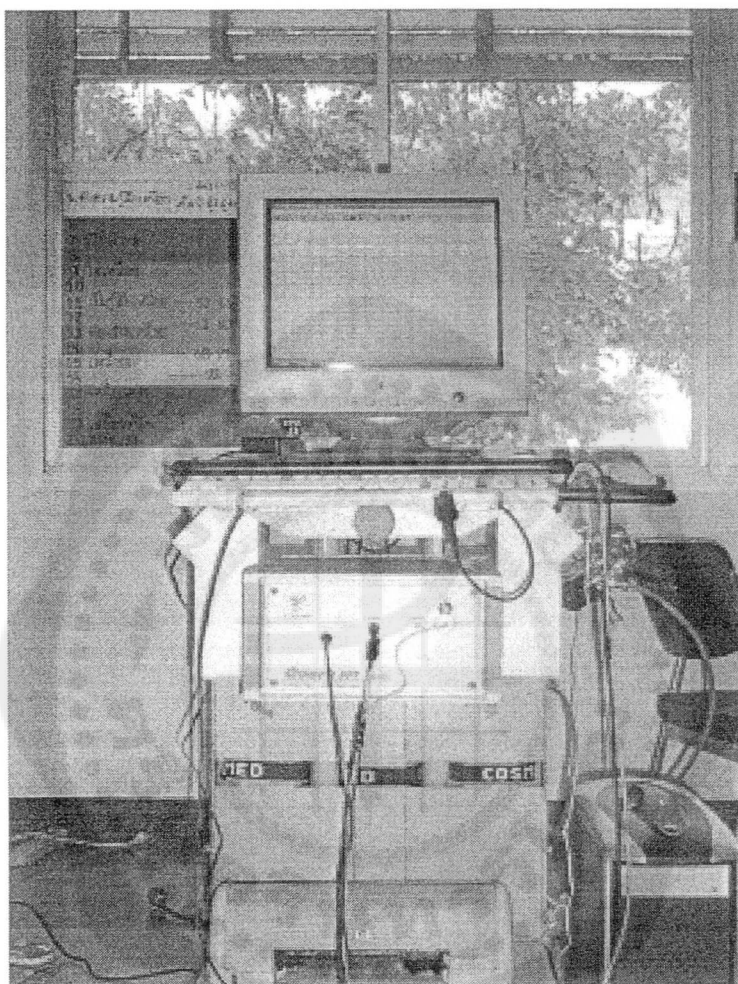
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์สมเกียรติ วัฒนศิริชัยกุล)

คณบดีคณะแพทยศาสตร์



ภาคผนวก ง
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

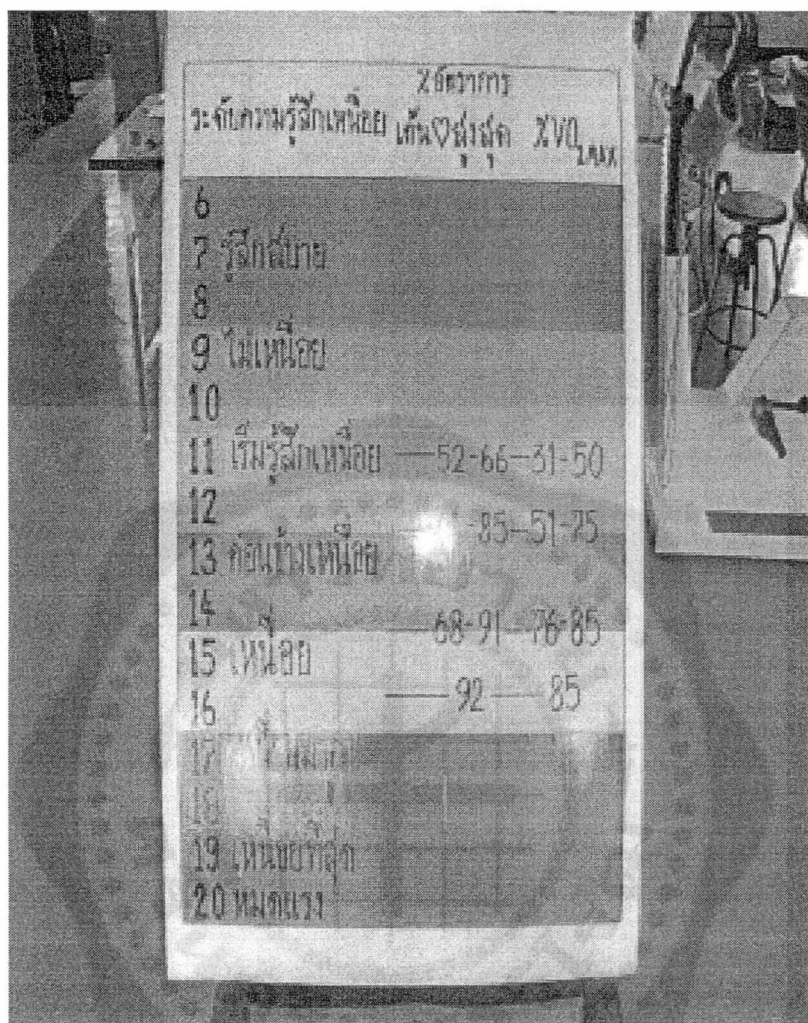
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล



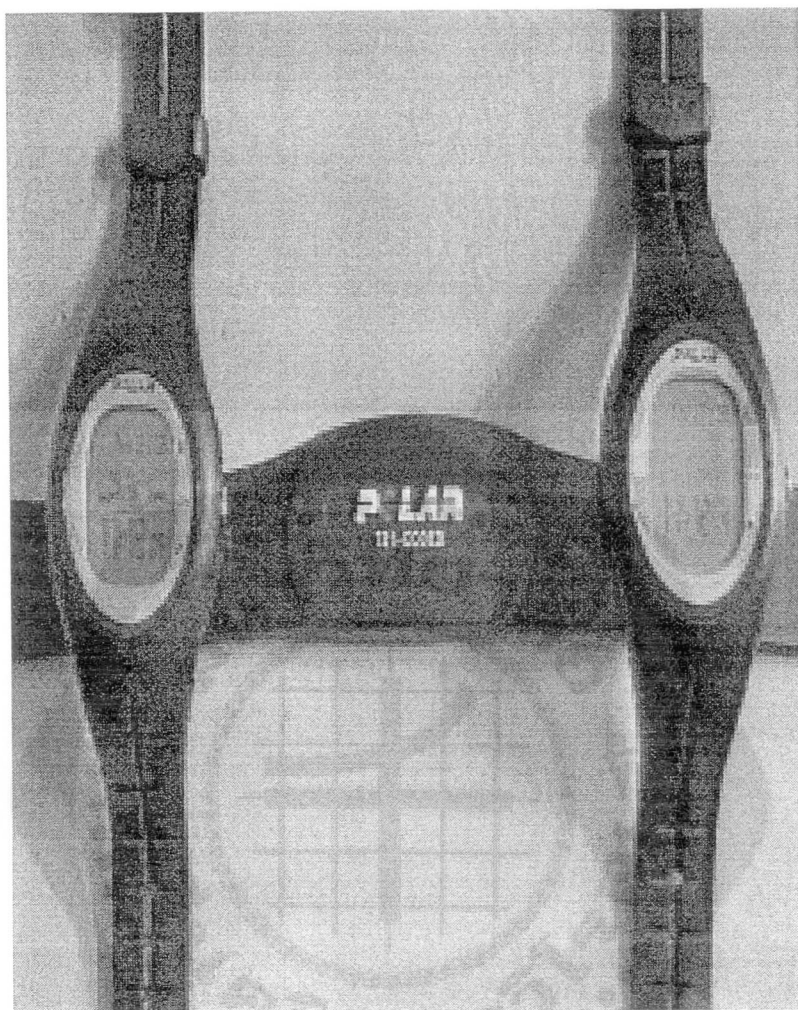
ภาพประกอบ 15 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas Analyzer) ยี่ห้อ Cosmed รุ่น PFT Ergo



ภาพประกอบ 16 จักรยานวัดงาน ยี่ห้อ Monark Ergomedic รุ่น 839E



ภาพประกอบ 17 ตารางวัดค่าความเหนื่อยสัมพันธ์ (Rating of Perceived Exertion : RPE Borg Scale)



ภาพประกอบ 18 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (Heart rate monitor) ยี่ห้อ Polar

หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย

วันที่

ข้าพเจ้า อายุ ปี อยู่บ้านเลขที่
 ถนน หมู่ที่ แขวง/ตำบล เขต/อำเภอ
 จังหวัด โทรศัพท์

ขอทำหนังสือนี้ให้ไว้ต่อหัวหน้าโครงการวิจัยเพื่อเป็นหลักฐานแสดงว่า

- ข้อ 1. ข้าพเจ้า ได้รับทราบโครงการวิจัยของ นางสาวชนันท์ ฤาปนา เรื่อง การใช้พลังงานในการออกกำลังกายตอนเช้าและเย็น
- ข้อ 2. ข้าพเจ้า ยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ด้วยความสมัครใจ โดยมีได้มีการบังคับ ชู้เชิญหลอกลวงแต่ประการใด และจะให้ความร่วมมือในการวิจัยทุกประการ
- ข้อ 3. ข้าพเจ้า ได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประสิทธิภาพ ความปลอดภัย อาการหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งแนวทางป้องกัน และแก้ไข หากเกิดอันตราย ค่าตอบแทนที่จะได้รับ ค่าใช้จ่ายที่ข้าพเจ้าจะต้องรับผิดชอบ จ่ายเอง โดยได้อ่านข้อความที่มีรายละเอียดอยู่ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยโดยตลอด อีกทั้งยังได้รับคำอธิบายและตอบข้อสงสัยจากหัวหน้าโครงการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และตกลงรับผิดชอบตามคำรับรองใน ข้อ 5 ทุกประการ
- ข้อ 4. ข้าพเจ้า ได้รับการรับรองจากผู้วิจัยว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยเฉพาะผลสรุปการวิจัยเท่านั้น
- ข้อ 5. ข้าพเจ้า ได้รับทราบจากผู้วิจัยแล้วว่า หากมีอันตรายใด ๆ อันเกิดขึ้นจากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้า จะได้รับการรักษาพยาบาลจากคณะผู้วิจัย โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายและจะได้รับค่าชดเชย รายได้ที่สูญเสียไปในระหว่างการรักษาพยาบาลดังกล่าว ตลอดจนมีสิทธิได้รับค่าทดแทน ความพิการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัยตามสมควร
- ข้อ 6. ข้าพเจ้า ได้รับทราบแล้วว่าข้าพเจ้ามีสิทธิ์จะบอกเลิกการร่วมโครงการวิจัยนี้ และการบอกเลิก การร่วมโครงการวิจัย จะไม่มีผลกระทบต่อการดูแลรักษาโรคที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป
- ข้อ 7. หากข้าพเจ้ามีข้อข้องใจเกี่ยวกับขั้นตอนของการวิจัย หรือหากเกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ จากการวิจัย สามารถติดต่อกับนางสาวชนันท์ ฤาปนา ศูนย์ฝึกกีฬาเยาวชน มีนบุรี ถนนคู้มเกล้า แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10510 โทร/โทรสาร. 0-2175-4037 โทรศัพท์มือถือ 086-9007279

/ ข้อ 8.

- ข้อ 8. หากข้าพเจ้า ได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าจะสามารถติดต่อกับประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์หรือผู้แทน ได้ที่ ฝ่ายวิจัย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทรศัพท์ 0-3739-5085-6 ต่อ 10513

ข้าพเจ้าได้อ่านและเข้าใจข้อความตามหนังสือนี้โดยตลอดแล้ว เห็นว่าถูกต้องตามเจตนาของข้าพเจ้า จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญพร้อมกับหัวหน้าโครงการวิจัยและต่อหน้าพยาน

ลงชื่อ ลงชื่อ
 (.....) (.....)
 ผู้ยินยอม / ผู้แทนโดยชอบธรรม ผู้ให้ข้อมูลและขอความยินยอม/หัวหน้าโครงการวิจัย

ลงชื่อ พยาน ลงชื่อ พยาน
 (.....) (.....)

ในกรณีที่ผู้เข้าร่วมการวิจัย อ่านหนังสือไม่ออก ผู้ที่อ่านข้อความทั้งหมดแทนผู้เข้าร่วมการวิจัยคือ

จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นพยาน

ลงชื่อ พยาน
 (.....)

หมายเหตุ

1. ในกรณีที่ผู้ให้ความยินยอมมีอายุไม่ครบ 18 ปีบริบูรณ์ จะต้องเป็นผู้ปกครองตามกฎหมายเป็นผู้ให้ความยินยอมด้วย หรือ ผู้ป่วยที่ไม่สามารถแสดงความยินยอมได้ด้วยตนเอง จะต้องผู้มีอำนาจทำการแทนเป็นผู้ให้ความยินยอม
2. กรณีผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัย ไม่สามารถอ่านหนังสือได้ ให้ผู้วิจัยอ่านข้อความในหนังสือให้ความยินยอมนี้ให้แก่ผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยฟังจนเข้าใจแล้ว และให้ผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยลงนามหรือพิมพ์ลายนิ้วหัวแม่มือรับทราบ ในการให้ความยินยอมดังกล่าวด้วย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อสกุล	นางสาวธนชนันท์ ถาปนา
วันเดือนปีเกิด	8 มีนาคม 2525
สถานที่เกิด	จังหวัดแพร่
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	59 หมู่ 1 ต.ป่าแดง อ.เมือง จ.แพร่ 54000
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่พลศึกษา 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ศูนย์ฝึกกีฬาเยาวชน กองการกีฬา สำนักวัฒนธรรม กีฬาและการท่องเที่ยว กรุงเทพมหานคร
การศึกษา	
พ.ศ. 2537	ประถมศึกษา จากโรงเรียนเทศบาลวัดเหมืองแดง
พ.ศ. 2540	มัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนนารีรัตน์จังหวัดแพร่
พ.ศ. 2543	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนนารีรัตน์จังหวัดแพร่
พ.ศ. 2545	ประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง จากวิทยาลัยพลศึกษา จังหวัดสุโขทัย
พ.ศ. 2547	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา จากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
พ.ศ. 2554	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา วิชาเอก สรีรวิทยาและการออกกำลังกาย จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ