

ผลของการได้รับกรดอะมิโน (ลิวซีน) ที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทาน

ปริญญานิพนธ์
ของ
จิรพงษ์ ด่วงเพียร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา : การเป็นผู้ฝึกกีฬา

ตุลาคม 2546

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

612.01576
จ ๕๕๖พ
๖๖

ผลของการได้รับกรดอะมิโน (ลิวซีน) ที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทาน

บทคัดย่อ

ของ

จิรพงษ์ ดำรงเพียร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา : การเป็นผู้ฝึกกีฬา

ตุลาคม 2546

๒ ๒๓๖๔๖

จิรพงษ์ ตัวงเพียร. ผลของการได้รับกรดอะมิโน (ลิวซีน) ที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทาน. ปรินูญานินพนธ์
วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี ขวัญบุญจันทร์, อาจารย์ณอมศักดิ์ เสนาคำ.

กรดอะมิโนมีความสำคัญในกระบวนการเผาผลาญของกล้ามเนื้อลายในระหว่างการออกกำลังกาย การเผาผลาญของกรดอะมิโนในกลุ่มบรานซ์เชน กลูตาเมทและอะลานีนมีผลต่อความเข้มข้นของสารตัวกลางใน วัฏจักรของเครบส์ กรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอะมิโน (ลิวซีน) ให้พลังงานแก่ กล้ามเนื้อโดยตรงในระหว่างที่มีการออกกำลังกายอย่างหนัก กรดอะมิโน(ลิวซีน) จัดเป็นกรดอะมิโนกลุ่ม บรานซ์เชน (BCAA) ซึ่งกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน เป็นส่วนประกอบประมาณ 1 ใน 3 ของโปรตีนในกล้ามเนื้อ กรดอะมิโน (ลิวซีน) สามารถกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อและเกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยสารตั้งต้น ในกระบวนการกลูโคเนโอเจนีซิสจากกล้ามเนื้อ เช่น กรดอะมิโนอะลานีน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของการได้รับกรดอะมิโน (ลิวซีน) ต่อประสิทธิภาพความทนทาน ผู้เข้ารับการทดลองเพศชายจำนวน 10 คน อายุระหว่าง 19-21 ปี ถูกทำการทดลองจำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งมีระยะเวลาห่างกัน 1 สัปดาห์ ก่อนเริ่ม การทดสอบ 1 สัปดาห์ผู้ถูกทดลองแต่ละคนถูกวัดค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) เพื่อเป็นค่าควบคุม ในวัน ทำการทดสอบผู้ถูกทดลองปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที และที่ระดับความหนัก 70% ของอัตรา การใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) จนกระทั่งหมดแรงหรือไม่สามารถรักษาระดับความเร็วรอบที่ 60 รอบต่อนาที ผู้ถูกทดลองถูกสุ่มตัวอย่างให้ได้รับเครื่องดื่ม น้ำเปล่า (A), เครื่องดื่มเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % และผสมกรด อะมิโน (ลิวซีน) (B) และ เครื่องดื่มเกลือแร่ผสมกลูโคส 6% (C) ตัวอย่างเลือดถูกเก็บจากผู้ถูกทดลองเพื่อ วิเคราะห์กรดแลคติกและกลูโคสในเลือดทุก 10 นาทีในระหว่างการออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจและ แบบสอบถามถึงระดับความเหนื่อย (RPE) ถูกวัดทุก 10 นาทีด้วยเช่นกัน

ผลการทดลองพบว่า ผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มชนิด B และ C ค่าระดับกรดแลคติกในเลือดเมื่อสิ้นสุด การทดลองมีค่าต่ำกว่าค่าระดับกรดแลคติกของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มชนิด A ที่ .05 ($P < 0.05$) ผลของการ ได้รับเครื่องดื่ม B และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระยะเวลาที่ใช้ปั่นจักรยานจนหมดแรง ของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มชนิด B และ C มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบ เทียบกับผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มชนิด A แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลของการ ได้รับเครื่องดื่ม B และ C นอกจากนี้ยังไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอัตราการเต้นของหัวใจ ระดับน้ำตาลในเลือดและค่าความเหนื่อยหลังการออกกำลังกายในผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด จากผล การวิจัยนี้แสดงว่าการได้รับกรดอะมิโน (ลิวซีน) เสริมระหว่างการออกกำลังกายอาจช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพความทนทานได้ โดยพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานจนหมดแรงมีค่าเพิ่มขึ้นและค่าระดับ กรดแลคติกในเลือดมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม สรุปได้ว่า การได้รับกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ก่อนหรือ ระหว่างการออกกำลังกายที่ใช้ความทนทานอาจจะช่วยป้องกันหรือช่วยลดการสลายของโปรตีน ช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพทางจิตใจและร่างกายและช่วยลดการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ

EFFECT OF AMINO ACID (LEUCINE) SUPPLEMENT
ON ENDURANCE PERFORMANCE

AN ABSTRACT
BY
JEERAPONG DUANGPHAIN

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Science in Sport Science : Sport Coaching
at Srinakharinwirot University
October 2003

Jeerapong Duangphain. (2003). *Effect of Amino acid (Leucine) Supplement on Endurance Performance*. Master thesis, M.Sc. (Sport Science : Sport Coaching). Bangkok : Graduate school, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Supranee Kwanboonchan, Lect. Thanomsak Senakhac.

Amino acids play an essential role in the metabolic response of skeletal muscle to exercise. The metabolism of branched chain amino acids, glutamate and alanine can influence the concentration of intermediate molecules within the Krebs cycle. Branched chain amino acids, especially leucine, provide energy directly to muscle tissue during high intensity exercise. Leucine is one of the branched chain amino acids which make up about one-third of muscle proteins. It can stimulate protein synthesis in muscle and is associated with the release of gluconeogenic precursors such as alanine, from muscle. Therefore, this study aimed to investigate the effect of amino acid supplement (leucine) on endurance performance. Ten healthy male subjects between the ages of 19-21 y were tested in 3 laboratory trials separated by 7 days between each trial. One week before experimental protocol, the individual maximal oxygen consumption (VO_{2max}) of each subject was determined as a control level. On a testing day, subjects were tested by cycling exercise at a rate of 60 R.P.M. and a work rate of their 70% VO_{2max} until exhaustion or uncontrollable rate of 60 R.P.M. Subjects were randomized to receive beverage supplement [water placebo (A), electrolyte plus 6% glucose plus leucine (B), and electrolyte plus 6% glucose (C)]. Blood samples were collected for analysis of lactate and glucose every 10 min during exercise. Heart rate and ratings of perceived exertion (RPE) were also measured every 10 min.

In beverage B and C treatment, post-exercise blood lactate was lower than that of beverage A treatment ($P < 0.05$), there was no significant differences between beverage B and C treatment. The time to exhaustion for beverage B and C treatment were more significantly increased than that of beverage A treatment ($P < 0.05$), no significant differences were found between beverage B and C treatment. In addition, no significant differences in heart rate, post-exercise blood glucose, and ratings of perceived exertion (RPE) were observed among the three beverage treatments. The result of the present study indicated that amino acid (leucine) supplement during exercise may increase endurance performance. It was shown by an increase of time to exhaustion and a lower decrease of post-exercise blood lactate compared with control group. In conclusion, consumption of branched chain amino acids during endurance exercise may prevent or decrease the net rate of protein degradation, may improve both mental and physical performance and may decrease muscle glycogen degradation.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการได้รับกรดอะมิโน (ลิวซีน) ที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทาน

ของ

นายจิรพงษ์ ดำงเพียร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา : การเป็นผู้ฝึกกีฬา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพร หะวานนท์)
วันที่ 17 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2546

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี ขวัญบุญจันทร์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ถนอมศักดิ์ เสนาคำ)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สาส์น สุภาภรณ์)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.พิชิต เมืองนาโพธิ์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี ขวัญบุญจันทร์ ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ถนอมศักดิ์ เสนาคำ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สาลี สุภาพรณ์ และ อาจารย์ ดร.พิชิต เมืองนาโพธิ์ กรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติมที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ แก้ไขข้อบกพร่อง และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ผู้วิจัยมีความรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของคณาจารย์ทุกท่าน เป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคคลต่าง ๆ ต่อไปนี้ที่ให้ความช่วยเหลือ คือ อาจารย์พัชรี ดวงจันทร์ อาจารย์ประจำคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องของการวิเคราะห์ข้อมูล ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายอาคารของคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ และขอขอบคุณน้อง ๆ คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกท่านที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลจนสำเร็จ

สุดท้าย คุณค่าและประโยชน์ที่มีสำหรับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้กับพระคุณของคุณพ่อและคุณแม่ ที่อบรมเลี้ยงดู และวางรากฐานการศึกษา ตลอดจนพระคุณครู อาจารย์ ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทความรู้ และขอขอบคุณ อาจารย์ณัฐพร อยู่ปาน อาจารย์ประจำคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดจนสามารถประสบความสำเร็จในครั้งนี้ได้

จิรพงษ์ ดั่งวงเพียร

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย.....	3
	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
	การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	3
	ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
	สมมุติฐานการวิจัย.....	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	โปรตีน	6
	พลังงานกับการดอะมิโน	7
	กรดอะมิโนลิวซีน	8
	ความทนทาน	12
	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความทนทาน	14
	การล้า	16
	การสร้างกรดแลคติก	16
	อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด	18
	จุดเริ่มล้า	20
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
	งานวิจัยในต่างประเทศ	21
	งานวิจัยในประเทศ	24
3	วิธีดำเนินการวิจัย	31
	กลุ่มตัวอย่าง	31
	เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	31
	วิธีดำเนินการทดลอง	31
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	33
	วิธีจัดกระทำกับข้อมูล	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	35
5 สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ	39
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	39
วิธีดำเนินการวิจัย	39
กลุ่มตัวอย่าง	39
เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	39
การวิเคราะห์ข้อมูล	39
สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล	40
อภิปรายผล	41
ข้อเสนอแนะ	44
บรรณานุกรม	45
ภาคผนวก	49
ประวัติย่อผู้วิจัย	68

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนเป็นสารตัวกลางในวัฏจักรเครบส์	8
2	แสดงสถานะภาพของผู้รับการทดลอง	32
3	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับกรดแลคติกในเลือดของผู้ถูกทดลอง ที่ได้รับเครื่องดื่ม 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง	35
4	แสดงการเปรียบเทียบรายคู่ของค่าเฉลี่ยของระดับกรดแลคติกของผู้ถูกทดลอง ที่ได้รับเครื่องดื่ม 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง	35
5	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดลอง ที่ได้รับเครื่องดื่ม 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง	36
6	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ถูกทดลอง ที่ได้รับเครื่องดื่ม 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง	36
7	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความเหนื่อยของผู้ถูกทดลอง ที่ได้รับเครื่องดื่ม 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง	37
8	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองของผู้ถูกทดลอง ที่ได้รับเครื่องดื่ม 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง	37
9	แสดงการเปรียบเทียบรายคู่ของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองของ ที่ได้รับเครื่องดื่ม 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง	38
10	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของผู้ถูกทดลอง ที่ได้รับเครื่องดื่ม 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง	38
11	แสดงปริมาณส่วนผสมของเครื่องดื่ม	67
12	แสดงปริมาณคำนวณความหนักในการทดลองของแต่ละบุคคล	67

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กระบวนการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนไปเป็นสารตัวกลางของวัฏจักรเครบส์	9
2 กลไก Alanine-Glucose Cycle	12
3 เครื่องมือทดสอบวัดระดับกรดแลคติก (YSI 2300 Stat Plus)	60
4 จักรยานวัดงาน (Monark Ergonomic 839 E)	60
5 เครื่องวัดความเหนื่อย (Heart Rate Monitor)	61
6 เครื่องมือวัดระดับน้ำตาลในเลือด (Accutrend GCT) และ เครื่องมือเจาะตัวอย่างเลือด	61
7 เครื่องชั่งน้ำหนัก (TBF-511 Body Fat Analyzer/Scale)	62
8 แสดงวิธีการทดสอบปั่นจักรยานวัดงาน	62

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในปัจจุบันการออกกำลังกายเป็นสิ่งที่เป็นและประชาชนให้ความสำคัญมากขึ้น เพราะนอกจากเป็นการใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์คลายความตึงเครียดจากชีวิตประจำวันแล้ว ในทางวงการแพทย์ยอมรับว่าการออกกำลังกายมีผลทำให้มีสุขภาพกายและจิตดี และยังใช้เป็นการป้องกันและรักษาโรคบางชนิดได้ เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และไขมันในเลือดสูง เป็นต้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการออกกำลังกายเป็นสิ่งจำเป็นและมีประโยชน์อย่างมากสำหรับมนุษย์ในทุกๆ ด้าน

ร่างกายจำเป็นต้องมีพลังงานเพื่อใช้ทั้งขณะพัก ขณะทำงานรวมถึงขณะออกกำลังกาย เป้าหมายของการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการออกกำลังกายก็เพื่อจัดหาพลังงานให้แก่กล้ามเนื้อที่ต้องทำงานเพิ่มขึ้น พลังงานที่กล้ามเนื้อต้องการได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึมซึ่งเกิดขึ้นได้ 3 ทางคือ 1) ฟอสฟาเจน (Phosphagens) (ATP และ CP) ที่สะสมในเซลล์กล้ามเนื้อ 2) แอนแอโรบิกไกลิโคลิซิส (Anaerobic Glycolysis) 3) แอโรบิก (ออกซิเดทีฟ) เมแทบอลิซึม (Aerobic (Oxidative) Metabolism) กระบวนการที่ 1 และ 2 เป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานแต่มีปริมาณพลังงานจำกัด ส่วนกระบวนการที่ 3 ต้องใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานแต่ให้พลังงานมากกว่ากระบวนการอื่น (พิพัตน์ เจิตรังษี. 2542 : 277)

อาหารเป็นแหล่งสร้างพลังงานที่จำเป็นและสำคัญสำหรับมนุษย์ การที่มนุษย์มีการเคลื่อนไหวหรือทำกิจกรรมจำเป็นต้องมีพลังงานเป็นสิ่งที่กำหนดการเคลื่อนไหว มนุษย์เราได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ จากกระบวนการเผาผลาญอาหารที่รับประทานเข้าไป สารอาหารคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย สารอาหารทั้ง 3 ประเภท จะถูกเมแทบอลิซึมโดยเซลล์เพื่อสังเคราะห์อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate : ATP) จำนวนมาก ซึ่งกิจกรรมของเซลล์ทุกอย่างต้องใช้พลังงานซึ่งได้รับพลังงานโดยตรงจากอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate : ATP) กิจกรรมของอวัยวะต่าง ๆ เช่น กล้ามเนื้อและหัวใจจะทำงานไม่ได้ถ้าไม่มีอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate : ATP) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate : ATP) เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย

สารอาหารคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งสร้างพลังงานที่ดีที่สุดและให้พลังงานเร็วที่สุด ในขณะที่ปกติพักผ่อนหรือออกกำลังกาย ร่างกายจะเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับเข้าไปและคาร์โบไฮเดรตที่สะสมไว้ในร่างกายในรูปของไกลิโคเจนตามกล้ามเนื้อและตับให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคสและเผาผลาญน้ำตาลกลูโคสให้เป็นพลังงานซึ่งขึ้นกับความต้องการใช้พลังงานของร่างกาย สารอาหารไขมันเป็นแหล่งพลังงานสำรองจึงเหมาะกับการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลายาวนาน นอกจากนี้ยังเป็นตัวสำคัญในการละลายวิตามิน เอ, ดี, อี และ เค เพื่อทำหน้าที่ตามที่ต้องการด้วย สารอาหารไขมันจะเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้กับกล้ามเนื้อมัดใหญ่ คือ ประมาณร้อยละ 80 ของการใช้พลังงานทั้งหมดของร่างกาย แต่การใช้ไขมันต้องอาศัยออกซิเจนร่วมในปฏิกิริยาการเผาผลาญมากกว่าปกติ ดังนั้น ไขมันจึงไม่เหมาะกับการสร้างพลังงานเมื่อออกกำลังกายแต่เป็นแหล่งสะสมพลังงาน เนื่องจากไขมันให้พลังงานมากกว่าคาร์โบไฮเดรตถึง 2 เท่า ไขมันในขนาด 0.5-1 กิโลกรัม สามารถให้พลังงานเพื่อวิ่งมาราธอนได้ถึง 3 ชั่วโมง หรือ 25-30 กิโลเมตร (พีระพงศ์ บุญศิริ. 2532 : 51-52) สารอาหารโปรตีนเป็นสารอาหารที่เกิดจากการรวมตัวของกรดอะมิโนหลายชนิดด้วยพันธะเปปไทด์

กรดอะมิโนมี 20 ชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่ต่างกัน กรดอะมิโนจึงแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกรดอะมิโนจำเป็น (Essential Amino Acids) และกรดอะมิโนไม่จำเป็น (Non-Essential Amino Acids) โปรตีนเป็นส่วนประกอบของร่างกาย เช่น เนื้อเยื่อ เอนไซม์และภูมิคุ้มกัน โปรตีนทำให้ร่างกายเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ถึงแม้ว่าโปรตีนจะไม่ได้ทำหน้าที่หลักในการเป็นแหล่งพลังงานในร่างกายดังเช่นคาร์โบไฮเดรตและไขมัน แต่โปรตีนก็เป็นสารที่ให้พลังงานได้โดยเปลี่ยนเป็นสารตัวกลางในวัฏจักรเครบส์ และนำไปสร้างพลังงานให้ร่างกายหรือสารตัวกลางนั้นสามารถนำไปใช้สร้างกลูโคสโดยวิถีกลูโคเนโอจีนซิส (Gluconeogenesis) ซึ่งสามารถเปลี่ยนต่อไปเป็นกลัยโคเจนหรือไขมันได้ การที่กรดอะมิโนจะเปลี่ยนเป็นวิถีใดขึ้นกับสภาวะร่างกาย ในขณะนั้นว่าต้องการพลังงานหรือไม่ (พจน์ ศรีบุญลือ, โสพิศ วงศ์คำและ พัชรีย์ บุญศิริ. 2543 : 334)

นายแพทย์ชูศักดิ์ เวชแพทย์ (2536 : 143) กล่าวว่า ขณะออกกำลังกายโปรตีนจะถูกสลายมากกว่าในขณะพักเมื่อมีการฝึกทั้งที่เป็นแบบทนทาน (Endurance) และการฝึกโดยใช้แรงต้าน (Resistance training) โดยเฉพาะเมื่อคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับหรือที่เก็บสำรองไว้ในร่างกายมีน้อย และร่างกายก็สามารถปรับตัวเพื่อใช้พลังงานจากโปรตีนได้เป็นอย่างดี ในปัจจุบันมีการศึกษาผลของกรดอะมิโนต่อระบบพลังงานและความทนทานต่อการออกกำลังกาย พบว่ากรดอะมิโนชนิดบรานซ์เชน (Branch Chain) โดยเฉพาะกรดอะมิโน (ลิวซีน) ทำให้ความทนทานขณะออกกำลังกายเพิ่มขึ้น เหนื่อยล้าช้าลง จึงออกกำลังกายได้นานขึ้นและเพิ่มสมรรถภาพทางจิตใจ (Mental Performance) (Leucine. 2002 : online)

ความทนทาน (Endurance) หมายถึง ความสามารถที่ร่างกายจะทนต่อการทำงานที่มีความหนักได้เป็นระยะเวลานาน ความทนทานต่อการออกกำลังกาย อาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ความทนทานของทั้งร่างกายและความทนทานเฉพาะแห่ง ที่สำคัญคือความทนทานของกล้ามเนื้อ (ชูศักดิ์ เวชแพทย์. 2536 : 281) สมรรถภาพของร่างกายด้านความทนทานต่อการทำงานหรือการออกกำลังกายอยู่ในระดับใดขึ้นกับสุขภาพและสมรรถภาพการทำงานของระบบการขนส่งแก๊ส โดยเฉพาะออกซิเจนซึ่งสัมพันธ์กับความต้องการสร้างและใช้พลังงานของกล้ามเนื้อ สมรรถภาพการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหัวใจและปอด (พิพัฒน์ เจิตรังษี. 2542 : 277) ดังนั้นการประมาณการความสามารถของการทนทานต่อการออกกำลังกายจึงประมาณการได้จากระดับกรดแลคติกสะสมในเลือดและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_{2\max}$) (Peter & Carl. 1995 : 57-67)

กรดแลคติกถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ ปกติในเลือดจะมีกรดแลคติกอยู่ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ความสามารถสูงสุดของคนที่มีสมรรถภาพสูงจะทนต่อการมีกรดแลคติกในเลือดได้ถึง 130 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ภายหลังการออกกำลังกายรุนแรงได้เริ่มขึ้น กรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นมากในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อย ๆ การสร้างกรดแลคติกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนและความหนักของการออกกำลังกาย เมื่อมีการสะสมของกรดแลคติกจะทำให้กล้ามเนื้อล้า นอกจากนี้การล้าของกล้ามเนื้อยังเกิดจากการหมดไปของกลัยโคเจนที่สะสมไว้และการหมดไปของอะดีโนซีนไตรฟอสเฟส (Adenosine Triphosphate : ATP) ในขณะออกกำลังกายกล้ามเนื้อจะเผาผลาญกลูโคส โดยวิถีกลัยโคไลซิส แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Glycolysis Anaerobic) เป็นหลัก เพื่อสนองความต้องการพลังงานในรูปอะดีโนซีนไตรฟอสเฟส (Adenosine Triphosphate : ATP) จำนวนมากและรวดเร็ว ผลที่ตามมาคือจะผลิตกรดแลคติกเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการวัดระดับกรดแลคติกสะสมในเลือดจึงเป็นดัชนีในการวัดระดับความทนทานของร่างกาย

(ชูศักดิ์ เวชแพทย์. 2536 : 281) ส่วนอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) ก็เป็นค่าที่สำคัญอีกค่าหนึ่งที่ใช้เป็นดัชนีในการวัดระดับความทนทานของร่างกาย เมื่อออกกำลังกายระบบไหลเวียนโลหิตจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเพื่อที่จะสามารถลำเลียงออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อได้อย่างเพียงพอกับความต้องการ โดยร่างกายจะจัดการกับความต้องการออกซิเจนที่สูงขึ้นของกล้ามเนื้อในขณะที่ออกกำลังกายได้โดยการเพิ่มปริมาณการไหลของเลือดมาเลี้ยงที่อวัยวะและ/หรือ การเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่อวัยวะสามารถนำไปใช้ได้ ความสามารถในการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานมีความสำคัญต่อการออกกำลังกายที่กล้ามเนื้อต้องทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานาน จึงเป็นค่าที่ใช้บอกความสามารถในการทำงานของร่างกายอย่างต่อเนื่องหรือสมรรถภาพด้านความทนทานของ ร่างกายซึ่งจะสะท้อนบอกถึงสมรรถภาพการทำงานของหัวใจและปอดร่วมกัน (Cardiopulmonary function) (พิพัฒน์ เจียรนัย. 2542 : 277) ในปัจจุบันนักกีฬาได้มีการตีพิมพ์ตีพิมพ์หรือการรับประทานคาร์โบไฮเดรตก่อนการแข่งขันเพื่อเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกาย แต่ยังมีส่วนน้อยที่รับประทานกรดอะมิโนก่อนการแข่งขันหรือระหว่างการแข่งขันเพื่อเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกาย อีกทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวกับการได้รับกรดอะมิโนเพื่อเพิ่มความทนทานต่อการออกกำลังกายนั้นยังมีอยู่จำนวนน้อย ยังให้ผลที่ไม่ชัดเจนและขัดแย้งกันอยู่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการได้รับกรดอะมิโนที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทานในการออกกำลังกายโดยเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มเกลือแร่และน้ำ ซึ่งผลการวิจัยนี้จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นักกีฬาและผู้ฝึกสอนจะได้นำไปใช้เป็นแนวทางต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการให้กรดอะมิโน (ลิวซีน) ที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทานในการออกกำลังกาย

ความสำคัญของการวิจัย

1. ทำให้ทราบผลของการให้กรดอะมิโน (ลิวซีน) ที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทานในการออกกำลังกาย
2. ผลการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นแนวทางสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬา ในการพัฒนาประสิทธิภาพความทนทานในการออกกำลังกาย
3. ผลการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์การกีฬาเกี่ยวกับกรดอะมิโน (ลิวซีน) ที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทานในการออกกำลังกาย

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนิสิตชายคณะพลศึกษาชั้นปีที่ 2 วิชาเอกพลศึกษา ปีการศึกษา 2546 ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จังหวัดนครนายก จำนวน 10 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ แบ่งเป็นดังนี้
 - 1.1 น้ำเปล่า (กลุ่มควบคุม)
 - 1.2 การได้รับเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % และ กรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม/น้ำ 1 ลิตร
 - 1.3 การได้รับเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 %
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ระดับการสะสมของกรดแลคติกในเลือด
 - 2.2 ระดับการเต้นของหัวใจ (Heart Rate)
 - 2.3 ระดับน้ำตาลในเลือด (Plasma Glucose)
 - 2.4 ค่าระดับความเหนื่อย (Ratings of Percived Exertion : RPE)
 - 2.5 การสูญเสียเหงื่อของร่างกาย (โดยการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการทดลอง)
 - 2.6 ช่วงระยะเวลาในการปั่นจักรยานวัดงาน (Time Performance)

ข้อตกลงเบื้องต้น

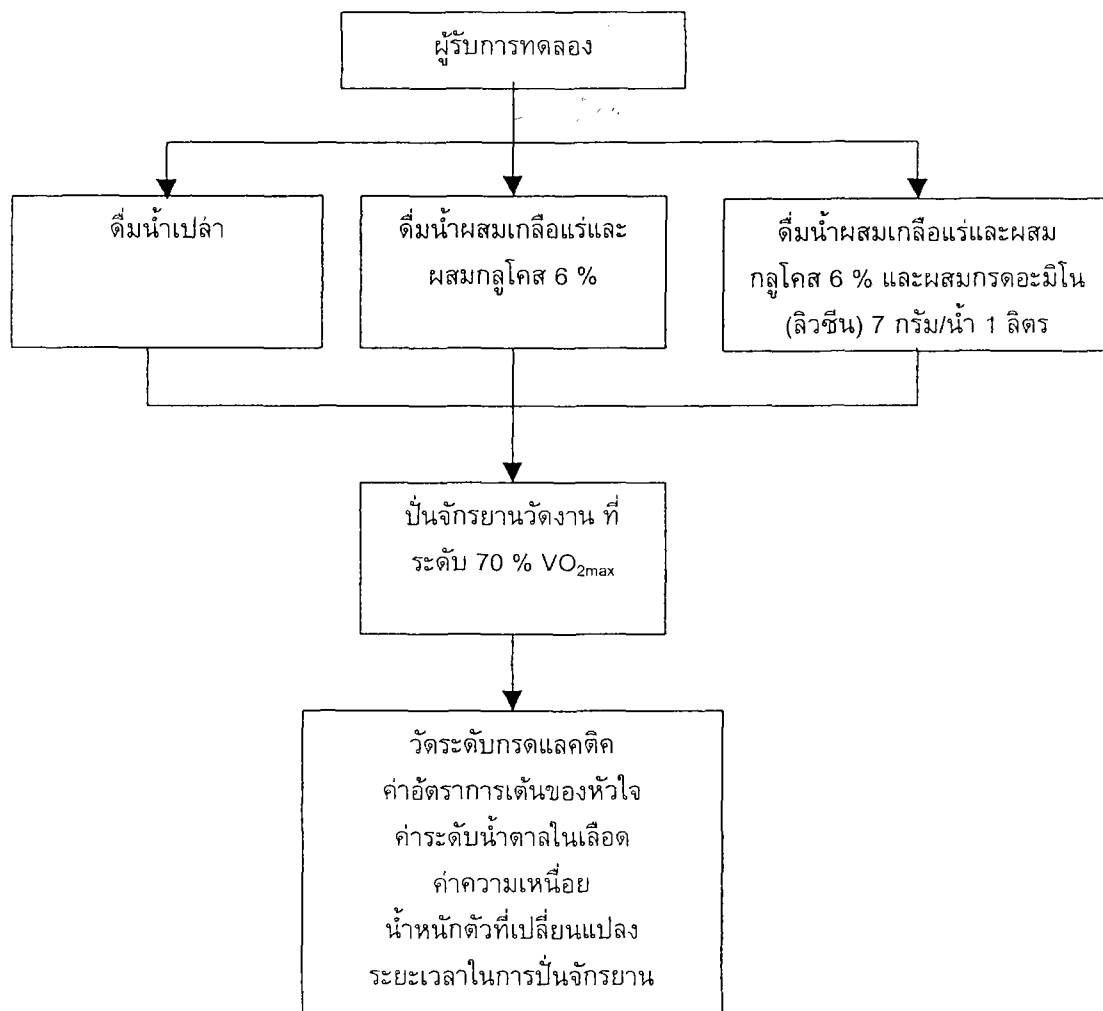
ก่อนที่จะถึงวันทำการทดลอง ผู้เข้ารับการทดลองไม่ควรรับประทานอาหารและเครื่องดื่มใด ยกเว้น ดื่มน้ำตั้งแต่เวลา 24.00 น. จนกระทั่งถึงเวลาทดลองในวันรุ่งขึ้น

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กรดอะมิโน (ลิวซีน) คือ กรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเอง ต้องได้รับจากอาหาร ถ้าขาดสารประเภทนี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มกรดอะมิโนบรานซ์เชน (Branched chain amino acids ; BCAA)
2. อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) คือ วิธีการวัดความสามารถของระบบไหลเวียนเลือด โดยการวัดการใช้ออกซิเจนสูงสุด
3. แอนแอโรบิคเทรชโฮลด์ (Anareobic Threshold) คือ จุดเริ่มล้าจากการสะสมของกรดแลคติก (Lactic acid) ในกล้ามเนื้อมีค่า 4 มิลลิโมล/เลือด 1 ลิตร

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้มีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



สมมุติฐานการวิจัย

การได้รับเกลือแร่ผสมกลูโคสและกรดอะมิโน (ลิวซีน) ทำให้ประสิทธิภาพความทนทานแตกต่างกับการได้รับน้ำและการได้รับเกลือแร่ผสมกลูโคส

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งจากต่างประเทศและในประเทศ เพื่อประโยชน์ต่อการวิจัย ตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. โปรตีน (Protein)
 - 1.1 กรดอะมิโนจำเป็น
 - 1.2 กรดอะมิโนไม่จำเป็น
2. พลังงานกับกรดอะมิโน
3. กรดอะมิโนลิวซีน (Leucine)
4. ความทนทาน (Endurance)
5. ปัจจัยที่มีผลต่อความทนทาน
6. การล้า (Fatigue)
7. การสร้างกรดแลคติก (Lactic Acid)
 - 7.1 การกระจายและการสลายตัวของกรดแลคติก
 - 7.2 สรีรวิทยาของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก
8. อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})
9. จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold)
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 10.1 งานวิจัยในต่างประเทศ
 - 10.2 งานวิจัยในประเทศ

1. โปรตีน (Protein)

โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ น้ำย่อย ฮอร์โมน เนื้อเยื่อและกล้ามเนื้อของร่างกาย เป็นต้น สารอาหารโปรตีนพบอยู่ในอาหารประเภทไข่ น้ำมัน เนย แป้ง ถั่วเหลืองและเนื้อสัตว์ โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ ช่วยทำให้ร่างกายเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ โปรตีนเป็นสารประกอบที่มีน้ำหนักมาก ในร่างกายมนุษย์จะมีปริมาณโปรตีนประมาณ 12 % ของน้ำหนักตัวโดยกระจายอยู่ตามอวัยวะต่าง ๆ ทั่วไป เช่น กล้ามเนื้อลาย 45 % , โครงกระดูก 18 % , ผิวหนัง 10 % และเนื้อเยื่อไขมัน 4 % (ประดิษฐ์ มีสุข. 2537 : 67-68) แหล่งเก็บกรดอะมิโนจะอยู่ในกล้ามเนื้อลาย โดยมีความเข้มข้นคงที่ แต่ก็พบว่าการแลกเปลี่ยนกรดอะมิโนระหว่างแหล่งเก็บนี้และจากส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย นอกจากนี้ยังพบว่าการออกกำลังกายหรือการที่ภาวะโภชนาการเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของแหล่งเก็บกรดอะมิโนโดยมีการเข้าและออกของกรดอะมิโนจากแหล่งเก็บ (Gibala. 2001 : 87-108) โปรตีน 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี ในวัยที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วจึงไม่ควรบริโภคโปรตีนเกิน 15 % ของจำนวนแคลอรีทั้งหมด คือประมาณ 0.8 กรัมต่อน้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัม หรือ 40 กรัมต่อวัน บุคคลทั่วไปควรรับประทานโปรตีนวันละประมาณ 1 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (ประดิษฐ์ มีสุข. 2537 : 67-68)

กรดอะมิโนเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของโปรตีนเมื่อนำกรดอะมิโนหลายชนิดมาต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์จะได้เป็นโปรตีน นอกจากนี้ยังมีสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์มาเชื่อมต่อกัน เช่น นิวคลีโอโปรตีน ไลโปโปรตีนและไกลโคโปรตีน เป็นต้น (ธาดา สืบหลินวงศ์ และ นวลทิพย์ กมลวารินทร์. 2537 : 18) กรดอะมิโนแบ่งเป็น 20 ชนิด จำแนกตามคุณลักษณะทางเคมีมี 2 ประเภท คือ

1.1 กรดอะมิโนจำเป็น (Essential Amino Acids)

หมายถึง กรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ต้องได้รับจากอาหาร ถ้าขาดสารประเภทนี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกายกรดอะมิโนในกลุ่มนี้ ได้แก่ อาร์จินีน(Arginine), ฮิสทีดีน (Histidine) ไอโซลิวซีน (Isoleucine), ลิวซีน (Leucine), ลิวซีน (Lysine), เมทไธโอนีน (Methionine), ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine), ทรีโอนีน (Threonine), ทริฟโตเฟน (Tryptophan) และ วาลีน (Valine)

1.2 กรดอะมิโนไม่จำเป็น (Non-Essential Amino Acids)

หมายถึง กรดอะมิโนที่ร่างกายสร้างขึ้นเองได้ หรืออาจจะเปลี่ยนมาจากกรดอื่น กรดอะมิโนในกลุ่มนี้ ได้แก่ กลูตาเมต (Glutamate), กลูตามีน (Glutamine), แอสพาเทต (Aspartate), แอสพาราจีน (Asparagine), ไทโรซีน (Tyrosine), ซิสเทอีน (Cysteine), โพรลีน (Proline), กลัยซีน (Glycine) และ เซรีน (Serine)

2. พลังงานกับกรดอะมิโน

อาหารโปรตีนเมื่อรับประทานแล้วจะถูกย่อยเป็นกรดอะมิโนอิสระก่อนถึงจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดที่ลำไส้เล็กเพื่อนำไปสู่ตับ หลังจากมาถึงที่ตับแล้ว กรดอะมิโนจะถูกนำไปใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น บางส่วนจะถูกนำไปยังอวัยวะอื่นๆ ซึ่งจะถูกนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนของอวัยวะหรือเนื้อเยื่อนั้นๆ บางส่วนนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีนของตับและโปรตีนในพลาสมา บางส่วนเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์นิวคลีโอไทด์และบางส่วนนำไปสลายเพื่อให้ได้พลังงานผ่านวัฏจักรเครบส์ (พจน์ ศรีบุญลือ, โสพิศ วงศ์คำ และ พัทรี บุญศิริ. 2543 : 333-334) โปรตีนไม่ได้ทำหน้าที่หลักในการเป็นสารให้พลังงานแก่ร่างกายอย่างเช่นที่คาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นแต่ในสภาวะปกติก็มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยการสลายเป็นกรดอะมิโนและนำไปเผาผลาญเพื่อให้พลังงาน (ประมาณ 10 % ของพลังงานทั้งหมดในร่างกายได้มาจากการเผาผลาญกรดอะมิโน) นอกจากนี้ในสภาวะบางอย่างเช่น อดอาหารหรือผู้ป่วยโรคเบาหวาน ก็มีการสลายโปรตีนเพื่อนำมาเป็นพลังงานมากขึ้น (พจน์ ศรีบุญลือ, โสพิศ วงศ์คำ และ พัทรี บุญศิริ. 2543 : 329) เมื่ออยู่ในภาวะที่ระดับคาร์โบไฮเดรตลดลง กรดอะมิโนจะสลายและให้พลังงานสูงกว่าปกติประมาณ 10 % (Gibala. 2001 : 87-108) กรดอะมิโนที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนก็จะถูกสลายได้ผลผลิตเป็นยูเรียและขับออกนอกร่างกายต่อไป (พจน์ ศรีบุญลือ, โสพิศ วงศ์คำ และ พัทรี บุญศิริ. 2543 : 334)

วัฏจักรเครบส์หรือวัฏจักรกรดไตรคาร์บอกซิลิก (TCA Cycle) เป็นกระบวนการเมแทบอลิซึมของอะเซทิลโคเอ (Acetyl CoA) โดยอาศัยการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นวงจรได้สารต่าง ๆ พร้อมทั้งผลผลิตสุดท้ายได้ NADH และ FADH₂ เพื่อนำไปสร้างอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate : ATP) ในกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอน วัฏจักรนี้เกิดในไมโทคอนเดรีย อะเซทิลโคเอ (Acetyl CoA) ได้มาจากการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ไขมันและกรดอะมิโนบางตัว ดังนั้นวัฏจักรเครบส์จึงเป็นตัวกลางของการสลายสารอาหารและเป็นแหล่งผลิตพลังงาน (พจน์ ศรีบุญลือ, โสพิศ วงศ์คำ และ พัทรี บุญศิริ. 2543 : 262) ; (Gibala. 2001 : 87-108) วัฏจักรเครบส์มีสารตัวกลาง 9 ชนิด โดยกรดอะมิโน 20 ชนิดจะเปลี่ยนเป็นสารตัวกลางร่วมในวัฏจักรเครบส์ได้เพียง 5 ชนิด คือ อะเซทิลโคเอ (Acetyl CoA), แอลฟา

คีโตกลูตาเรต (Alpha-Ketoglutarate), ซักซินิลโคเอ (Succinyl-CoA), ฟูมาเรต (Fumarate), และออกซาโลอะซิเตต (Oxaloacetate) ซึ่งสามารถถูกเปลี่ยนต่อไปจนกระทั่งได้ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), น้ำ (H_2O) และ สร้างอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate : ATP) (พจน์ ศรีบุญลือ ,โสพิศ วงศ์คำ และ พัชร บุญศิริ. 2543 : 337) ; (Gibala. 2001 : 87-108) ที่จุดเริ่มต้นของการออกกำลังกายควรมีสารตัวกลางของวัฏจักรเครบส์ในปริมาณสูง เพื่อเตรียมพร้อมในการผลิตพลังงานจากกระบวนการใช้ออกซิเจน (Aerobic) แต่ถ้ามีการลดลงของสารตัวกลางของวัฏจักรเครบส์ระหว่างออกกำลังกายแบบใช้ระยะเวลานาน จะเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อได้ (Gibala. 2001 : 87-108) ระหว่างการออกกำลังกายแบบความหนักของการออกกำลังกายต่ำความเข้มข้นของสารตั้งต้นของวัฏจักรเครบส์จะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่ถ้าความหนักของการออกกำลังกายมากกว่า 50 % ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\text{VO}_{2\text{max}}$) แหล่งเก็บของสารตั้งต้นในวัฏจักรเครบส์จะเพิ่มขึ้น และเพิ่มมากกว่าขณะพัก 3-4 เท่า โดยเพิ่มภายใน 2-3 นาทีแรก แต่ถ้าวการออกกำลังกายนานขึ้น แหล่งเก็บของสารตั้งต้นวัฏจักรเครบส์จะค่อยๆ ลดลง (Gibala. 2001 : 87-108)

ตาราง 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนเป็นสารตัวกลางในวัฏจักรเครบส์

สารตัวกลาง	กรดอะมิโน	
ซิเทรต (Citrate) (โดยสลายผ่าน Acetyl-CoA)	ลิวซีน (Leucine)	ซิสเทอีน (Cysteine)
	อะลานีน (Alanine)	เซรีน (Serine)
	ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine)	กลัยซีน (Glycine)
	ไทโรซีน (Tyrosine)	ทรีโอนีน (Threonine)
	ไลซีน (Lysine)	ทริฟโตแฟน (Tryptophan)
แอลฟาคีโตกลูตาเรต (Alpha-ketoglutarate)	อาร์จินีน (Arginine)	ฮิสทิดีน (Histidine)
	กลูตามีน (Glutamine)	โพรลีน (Proline)
ซักซินิลโคเอ (Succinyl-CoA)	ไอโซลิวซีน (Isoleucine)	เมทไธโอนีน (Methionine)
	วาลีน (Valine)	
ฟูมาเรต (Fumarate) ออกซาโลอะซิเตต (Oxaloacetate)	ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine)	ไทโรซีน (Tyrosine)
	แอสพาเทต (Aspartate)	แอสพาราจีน (Asparagine)

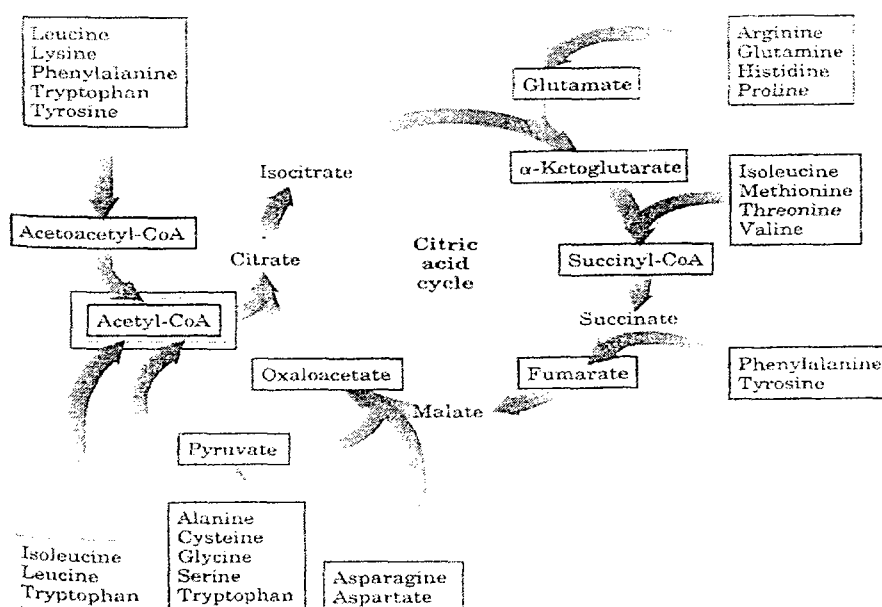
3. กรดอะมิโนลิวซีน (Leucine)

กรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) จัดเป็นกรดอะมิโนในกลุ่มบรานซ์เชน (Branched Chain ; BCAA) ซึ่งมีกรดอะมิโน 3 ชนิด อยู่ในกลุ่มนี้คือ กรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) กรดอะมิโนวาลีน (Valine) และกรดอะมิโนไอโซลิวซีน (Isoleucine) กรดอะมิโนเหล่านี้จะทำงานร่วมกันเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสลายกล้ามเนื้อ และยังช่วยเป็นแหล่งพลังงานโดยตรงต่อกล้ามเนื้อในขณะที่ร่างกายต้องการพลังงานอย่างรวดเร็ว เช่น ระหว่างออกกำลังกายที่มีระดับความหนักสูง (High Intensity Exercise) RDA (Recommended Dietary Allowance) ได้กำหนดให้รับประทานกรดอะมิโน 3 ชนิด ในปริมาณ 3 กรัม/วัน ซึ่งร่างกายจะได้รับจากอาหารเป็นหลัก แต่ถ้าจะให้เป็นการเสริมให้รับประทานได้เสริมในปริมาณ 1 กรัม/วัน (Leucine. 2002 : online)

กรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) จัดเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นในร่างกาย (Essential Amino Acids)

ในวัยผู้ใหญ่ต้องการ 31 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน กรดอะมิโนชนิดนี้อยู่ในอาหารประเภท ไข่ ปลา เนื้อวัว และนม กรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) มีความจำเป็นสำหรับการสังเคราะห์โปรตีนและเกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน มีผลต่อการเผาผลาญโปรตีนในกล้ามเนื้อและช่วยป้องกันการสลายโปรตีน (Leucine. 2002 : online) มีการศึกษาในมนุษย์พบว่ากรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (Branched Chain ; BCAA) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) จะเกิดการเผาผลาญในกล้ามเนื้อขณะหดตัวระหว่างการออกกำลังกายที่ใช้เวลานาน มีการเพิ่มการปล่อยกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) จากแหล่งเก็บสะสมในร่างกายและกล้ามเนื้อที่ใช้หดตัว มีการดูดซึมกลับกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) มากขึ้น เป็นต้น (Hargreaves & Snow. 2001 : 133-141)

ขณะออกกำลังกายแบบใช้ระยะเวลายาวนาน พบว่ามีการเพิ่มอัตราการสลายกรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) โดยสลายผ่านวัฏจักรเครบส์และพบว่าการออกกำลังกายแบบใช้ระยะเวลายาวนาน ทำให้ระดับของสารตั้งต้นของวัฏจักรเครบส์ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าเอนไซม์บรานซ์เชน ออกโซเอซิด ดีไฮโดรเจเนส (Branched Chain Oxoacid Dehydrogenase) ถูกกระตุ้นเพิ่มมากขึ้นและกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ถูกเปลี่ยนไปเป็นออกโซกลูตาเรต (Oxoglutarate) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวัฏจักรเครบส์ ขณะที่กรดอะมิโน วาลีน (Valine) และ กรดอะมิโนไอโซลิวซีน (Isoleucine) เปลี่ยนเป็นซักซินิลโคเอ (Succinyl CoA) นอกจากนี้ กรดอะมิโน (ลิวซีน) (Leucine) ยังเปลี่ยนเป็นอะเซทิลโคเอ (Acetyl CoA) ด้วยกระบวนการเปลี่ยนกรดอะมิโนไปเป็นสารตัวกลางของวัฏจักรเครบส์ นั้นจะเกิดประมาณ 10-15 % ระหว่างการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลายาวนาน (Gibala. 2001 : 87-102)



ภาพประกอบ 1 กลไกวัฏจักรเครบส์

นักวิจัยได้รวบรวมผลของการได้รับกรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) จากหลายการทดลองและกล่าวว่า ผลของกรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) ทำให้เพิ่มความทนทานในการออกกำลังกาย (Endurance Exercise) ป้องกันการเหนื่อยล้า เพิ่มสมรรถภาพทางอารมณ์และจิตใจ (Mental Performance) และเพิ่มพลังงาน นักวิจัยได้ประเมินผลของการให้กรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) เสริมต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา และจิตใจระหว่างออกกำลังกาย โดยมี 2 สมมติฐานเกิดขึ้น

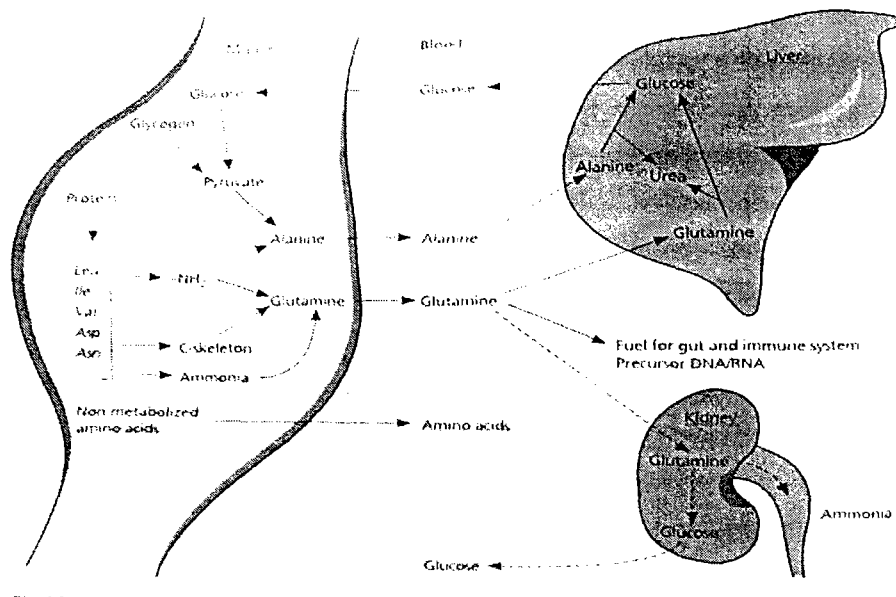
สมมติฐานที่ 1 การเสริมด้วยกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) จะช่วยลดการสลายโปรตีนที่เกิดขึ้นขณะออกกำลังกายและลดการหลั่งเอนไซม์ในกล้ามเนื้อโดยไปยับยั้งฮอร์โมนที่ใช้ในการสลายโปรตีน (Leucine. 2002 : online)

สมมติฐานที่ 2 การเสริมด้วยกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ระหว่างออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กับการล้าทางระบบประสาทส่วนกลาง (Central Fatigue) โดยพบว่าในระหว่างการทำออกกำลังกายที่ใช้ความทนทาน (Endurance Exercise) การได้รับกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) เป็นการเสริมจะทำให้การล้าทางระบบประสาทส่วนกลาง (Central Fatigue) ช้าลง ทฤษฎีของการล้าทางระบบประสาทส่วนกลาง (Central Fatigue) เสนอว่า การมีระดับกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ขนาดต่ำ จะเร่งการผลิตสารสื่อประสาทซีโรโทนิน (Serotonin) ในสมองเพิ่มขึ้น ซึ่งการมีสารนี้จะทำให้เกิดการเหนื่อยเร็วโดยสารสื่อประสาทซีโรโทนิน (Serotonin) จะไปกีดการทำงานจากระบบประสาทส่วนกลางและทำให้รู้สึกง่วงนอนและเหนื่อยล้า กลไกนี้อธิบายได้ว่า กรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) เป็นกรดอะมิโนซึ่งอยู่ในกระแสเลือด เป็นสารตั้งต้นของสารสื่อประสาทซีโรโทนิน (Serotonin) และสามารถผ่านสมองได้ง่ายเมื่อร่างกายอยู่ในภาวะที่กรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ในเลือดมีปริมาณลดลง เมื่อกรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) ผ่านเข้าไปในสมองทำให้ไปเพิ่มระดับสารสื่อประสาทซีโรโทนิน (Serotonin) สารนี้จะไปกีดการทำงานจากระบบประสาทส่วนกลาง และทำให้รู้สึกง่วงนอนและเหนื่อยล้า

ดังนั้นการที่ทำให้ระดับกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ในเลือดสูงขึ้นโดยให้เป็นการเสริมจะไปยับยั้งการนำกรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) เข้าสู่สมอง ทำให้ระดับสารสื่อประสาทซีโรโทนิน (Serotonin) ลดลง จึงไม่เกิดการง่วงนอนและการล้าขึ้น นอกจากนี้ยังมีกลไกอื่นเกี่ยวข้องอีกคือ ในระหว่างการออกกำลังกายนอกจากระดับกลัยโคเจน (Glycogen) ในกล้ามเนื้อและระดับลดลงเพราะร่างกายเปลี่ยนเป็นพลังงาน ยังพบว่าระดับกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ในเลือดก็ลดลงและระดับกรดไขมันอิสระ (Fatty Acid) ในเลือดเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยในการเปลี่ยนเป็นพลังงาน การที่มีระดับกรดไขมันอิสระ (Fatty Acid) ในเลือดเพิ่มขึ้นจะไปจับกับโปรตีนอัลบูมิน (Albumin) ในเลือด โดยไปแย่งที่กรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) ในการจับกับโปรตีนอัลบูมิน (Albumin) ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณกรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) ในเลือดสูงขึ้นจึงเป็นการส่งเสริมการนำกรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) เข้าสู่สมองเพื่อเปลี่ยนเป็นสารสื่อประสาทซีโรโทนิน (Serotonin) การที่มีระดับกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ลดลงและการเพิ่มระดับกรดไขมันอิสระ (Fatty Acid) ในเลือด ก็ยังส่งเสริมให้กรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) เข้าสู่สมองมากขึ้นจึงผลิตสารสื่อประสาทซีโรโทนิน (Serotonin) เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเหนื่อยล้ามากขึ้น ดังนั้นการให้กรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) เสริมเพื่อเพิ่มระดับกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ในเลือดจึงเป็นการยับยั้งการนำกรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) เข้าสู่สมองและทำให้เหนื่อยช้าลงจึงเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการออกกำลังกายที่อาศัยความทนทาน (Endurance Exercise) (Hargreaves & Snow. 2001 : 133-141) ; (Leucine. 2002 : online)

การให้กรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) เป็นการเสริมในรูปของเม็ดหรือแคปซูลจะให้ในขนาด 5-20 กรัม/วัน โดยแบ่งให้ หรือให้ร่วมกับเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรตผสมจะให้ในขนาด 1-7 กรัมของลิวซีน/1 ลิตร ของเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรตผสม การให้ขนาดนี้พบว่าไม่มีผลข้างเคียงเกิดขึ้นแต่การได้รับขนาดสูงกว่าที่กำหนดควรหลีกเลี่ยงเพราะกรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) จะไปยับยั้งการดูดซึมกรดอะมิโนชนิดอื่นในอาหาร และอาจทำให้เกิดอาการผิดปกติทางระบบทางเดินอาหารได้ (Leucine. 2002 : online) นอกจากนี้ เมโร (Mero. 2002 : unpagged) กล่าวว่า ขนาดของกรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) ที่สามารถให้จะอยู่ในช่วง 50-200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน และการให้กรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) รับประทานยังไม่จัดเป็นสารต้องห้ามทางการกีฬา

กรดอะมิโนมีอะตอมของไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบแต่ร่างกายของเราไม่ได้ใช้ไนโตรเจนสำหรับการสร้างพลังงาน เมื่อมีการเผาผลาญโปรตีนในร่างกายจะขับไนโตรเจนทิ้งในรูปของแอมโมเนียออกมากับปัสสาวะ ดังนั้นการที่จะทราบว่ามีโปรตีนถูกนำมาใช้ในการสร้างพลังงานมากน้อยเท่าใดนั้นก็สมารถหาได้จากการตรวจสอบปริมาณของไนโตรเจนที่ถูกขับออกมาร่างกายโดยเฉพาะในน้ำปัสสาวะ จากการทดลองพบว่าไนโตรเจนออกมากับน้ำปัสสาวะบ้างแสดงว่าร่างกายมีการใช้โปรตีนในการสร้างพลังงาน ATP (Adenosine Triphosphate) การทดลองหาปริมาณไนโตรเจนในน้ำปัสสาวะหลังออกกำลังกายอย่างหนัก พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่ร่างกายขับออกไม่ต่างจากปกติมากนัก ปริมาณพลังงาน ATP (Adenosine Triphosphate) ที่ได้มาจากการเผาผลาญโปรตีนเพิ่มขึ้นเพียง 2 % แสดงว่ามีการสลายโปรตีนเกิดขึ้นบ้าง (ประทุม ม่วงมี, 2527 : 15) อย่างไรก็ตามการศึกษาในระยะต่อมาพบว่าโปรตีนถูกใช้ไปมากพอสมควร เมื่อออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลานาน และในระยะฟื้นตัวโดยพบว่าการใช้กรดอะมิโนเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากความเข้มข้นของไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นจากการสลายกรดอะมิโนขณะการออกกำลังกายได้มีการสูญเสียออกทางเหงื่อด้วย ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าที่ควรจะเป็นและยังพบว่าร่างกายใช้โปรตีนมากที่สุดเมื่อออกกำลังกายในภาวะที่ขาดกลัยโคเจน โปรตีนบางชนิดในร่างกายไม่พร้อมที่จะนำมาใช้เป็นพลังงาน แต่อย่างไรก็ดีโปรตีนที่อยู่ในกล้ามเนื้อ ถูกนำออกใช้เป็นพลังงานได้ง่าย นอกจากนี้ขณะออกกำลังกายยังพบว่าการปล่อยกรดอะมิโนอะลานีน (Alanine) ออกมาจากกล้ามเนื้อ ยังออกกำลังกายหนักขึ้นก็ยิ่งปล่อยกรดอะมิโนอะลานีน (Alanine) ออกมามากขึ้น กรดอะมิโนอะลานีน (Alanine) ที่ถูกปล่อยออกมาจากกล้ามเนื้อจะถูกขนส่งไปยังตับเพื่อสร้างกลูโคสแล้วจึงถูกนำกลับไปให้กล้ามเนื้อทำงานจึงเรียกขบวนการนี้ว่าปฏิกิริยาอะลานีน-กลูโคส ไชร์เคิล (Alanine - Glucose Cycle) พลังงานที่ได้นี้อาจนำไปใช้ได้ 10-15 % ของพลังงานทั้งหมดของการออกกำลังกาย นายแพทย์ชูศักดิ์ เวชแพทย์ (2536 : 143) จึงได้กล่าวว่า โปรตีนถูกสลายมากกว่าในขณะพักเมื่อมีการฝึกทั้งที่เป็นแบบทนทาน (Endurance) และการฝึกแบบใช้ความแรงต้าน (Resistance Training) โดยเฉพาะเมื่อคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับหรือที่เก็บสำรองไว้น้อย และร่างกายก็สามารถปรับตัวเพื่อใช้พลังงานจากโปรตีนได้ดี



ภาพประกอบ 2 กลไก Alanine-glucose cycle

4. ความทนทาน (Endurance)

ความทนทาน (Endurance) หมายถึง ความต้านทานต่อการเมื่อยล้า และสามารถฟื้นตัวเร็วจากการเมื่อยล้า การมีความทนทานมากย่อมหมายความว่าสามารถทำงานติดต่อกันได้ระยะเวลานาน มีความเมื่อยล้าเกิดขึ้นช้า ความทนทานเป็นสมรรถภาพที่ต่อต้านการเมื่อยล้าซึ่งเป็นปัจจัยที่จำกัดการทำงานความทนทานต่อการออกกำลังกาย อาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. ความทนทานของทั้งร่างกาย
2. ความทนทานเฉพาะแห่ง ที่สำคัญคือ ความทนทานของกล้ามเนื้อ

4.1 ความทนทานของทั้งร่างกาย

การฝึกความทนทานของทั้งร่างกายส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการใช้พลังงานของร่างกาย ดังนั้นการฝึกความทนทานจึงเกี่ยวข้องกับการฝึกการใช้พลังงานของร่างกาย การทำงานของกล้ามเนื้อสลายได้พลังงานมาจาก ATP (Adenosine Triphosphate) ซึ่งแหล่งผลิต ATP (Adenosine Triphosphate) ในเซลล์มี 3 แหล่ง คือ

4.1.1 ระบบ ATP-CP กล้ามเนื้อจะสะสมฟอสฟาเจน (Phosphagen) ในรูปของ ATP (Adenosine Triphosphate) และครีเอทีนฟอสเฟต (Creatine Phosphate, CP) ซึ่งเป็นระบบพลังงานที่กล้ามเนื้อจะดึงมาใช้ได้ทันที เมื่อใดก็ตามที่ ATP (Adenosine Triphosphate) ถูกใช้ไป ครีเอทีนฟอสเฟต (Creatine Phosphate, CP) ก็จะสลายตัวให้ฟอสเฟตไปสร้าง ATP (Adenosine Triphosphate) ทดแทนทันที ดังนั้นพลังงานในระบบนี้จึงใช้ได้ทันทีแต่มีปริมาณน้อยจึงสามารถรองรับการใช้งานหนักได้เพียงระยะสั้นมาก คือเพียง 10-15 วินาที จึงเหมาะกับการออกกำลังกายที่ต้องการความรวดเร็วแต่ไม่ใช้เวลานาน เช่นการวิ่งระยะ 100 เมตร

4.1.2 ระบบแลคติก (Anaerobic Glycolysis) ระบบนี้ได้พลังงานจากการสลายกลัยโคเจน โดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน และได้กรดแลคติกเป็นผลผลิตขั้นสุดท้าย ระบบนี้ให้พลังงานน้อย เช่น กลัยโคเจน 180 กรัม เมื่อผ่านระบบนี้จะให้ ATP (Adenosine Triphosphate) 3 โมล ระบบนี้สามารถให้พลังงานได้อย่างรวดเร็วแต่ในระยะสั้นคือทำงานได้ 1-3 นาที เหมาะสมกับการวิ่ง 400-800 เมตร

4.1.3 ระบบแอโรบิก (Aerobic System) ระบบนี้ได้พลังงานจากการออกซิเดชัน คือ การใช้ออกซิเจนและได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำเป็นสารขั้นสุดท้าย เป็นการสลายสารอาหารที่สมบูรณ์ได้พลังงานสูง เช่น กลัยโคเจน 180 กรัม ให้พลังงาน ATP (Adenosine Triphosphate) 39 โมล ซึ่งมีแหล่งผลิตในไมโทคอนเดรีย ระบบนี้สามารถให้พลังงานสำหรับการทำงานเบาได้นานโดยไม่จำกัดเวลา ถ้าเป็นงานหนักปานกลาง ก็จะทำไปได้ในระยะยาว ระบบนี้จึงมีประสิทธิภาพมากที่สุด สามารถใช้พลังงานจากอาหารโดยมีประสิทธิภาพประมาณ 50 % (ซูตักดี เวชแพทย. 2536 : 281) ; (ภาวิณี ปิยะจตุรวัฒน์. 2542 : 251)

หลักการฝึกระบบพลังงานทั้ง 3 แบบ

1. หลักการฝึกระบบ ATP-CP

สามารถเพิ่มสมรรถภาพของระบบนี้ได้โดยการทำงานอย่างหนัก แต่ในระยะเวลาน้อยมาก เช่น ประมาณ 10 วินาที แล้วตามด้วยระยะพักอย่างน้อยเท่ากันหรือนานกว่า การศึกษาพบว่า การฝึกหนัก 10 วินาที สลับกับการพัก 10 วินาที จะทำให้ระดับกรดแลคติกในเลือดเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากที่ได้ฝึกไป 30 นาที การวิจัยอีกด้านหนึ่งพบว่า การฝึกหนัก 15 วินาที สลับกับการพัก 30 วินาที จะทำให้ระดับกรดแลคติกในเลือดเพิ่ม 16 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ผลจากการฝึกระบบนี้จะทำให้ ATP-CP ในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น มีรายงานว่าเพิ่มได้ 25-40 %

2. หลักการฝึกระบบแลคติก

วิธีที่ดีที่สุดที่ใช้เพิ่มสมรรถภาพให้ระบบนี้ได้แก่ การให้ทำงานหนักในช่วงเวลาที่นานกว่า คือ 45-60 วินาที สลับกับการพักด้วยระยะเวลาเท่ากันหรือนานกว่า การให้ทำงานเช่นนี้ 4-5 ครั้ง จะเพิ่มระดับกรดแลคติกถึงระดับสูงสุดคือ 20 มิลลิโมล/ลิตร ซึ่งจัดว่าเป็นงานหนักสำหรับผู้ได้รับการฝึกแล้ว การฝึกชนิดนี้ จะเพิ่มความสามารถของผู้ที่ได้รับการฝึกให้ทนต่อการมีระดับกรดแลคติกในเลือดสูงมากได้และพบว่าระบบเอ็นไซม์ที่ใช้ในการสลายกลัยโคเจนเพิ่มขึ้นมากด้วย

3. หลักการฝึกระบบแอโรบิก

ระบบนี้อาจเรียกว่าระบบการใช้ออกซิเจน วิธีที่ดีที่สุดในการฝึกระบบนี้คือ ให้ออกกำลังกายปานกลาง แต่ในระยะเวลานาน โดยการยืดหลักดังต่อไปนี้คือ

3.1 ชนิดของการออกกำลังกาย เลือกกิจกรรมที่ใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ โดยให้ทำติดต่อกันไปเป็นจังหวะ เช่น การวิ่งเหยาะอยู่กับที่, การเดิน, การกระโดดเชือก, การว่ายน้ำและการถีบจักรยาน

3.2 ความหนักของการออกกำลังกาย ระดับของการออกกำลังกายที่ต่ำที่สุดก็ควรเป็นระดับที่ทำให้อัตราการเต้นหัวใจเพิ่มขึ้นเป็น 120 ครั้ง/นาที การออกกำลังกายที่ระดับนี้ จะทำให้จำนวนเลือดที่ส่งออกจากหัวใจแต่ละครั้ง (Stroke Volume) มีค่าสูงสุด จะได้ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจได้รับการกระตุ้นอย่างมาก พบว่าระดับของงานที่ต่ำที่สุด ควรทำให้อัตราการเต้นหัวใจเท่ากับ 60 % ของความแตกต่างระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักกับอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด แล้วบวกกับอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและเพื่อให้ร่างกายขึ้นบางท่านได้ใช้ระดับอัตราการเต้นของหัวใจประมาณ 70 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด อย่างไรก็ตามถ้าให้การออกกำลังกายหนักขึ้นจะทำให้ได้ผลดีขึ้น แต่ต้องอยู่ในขอบเขตจำกัด เพราะเมื่อการออกกำลังกายหนักมากเกินไปย่อมมีผลต่อระบบแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้นด้วย

3.3 ช่วงระยะเวลาออกกำลังกายอย่างน้อยที่สุดควรเป็น 15 นาทีสำหรับความหนักของการออกกำลังกายที่เหมาะสม ถ้าใช้ช่วงการออกกำลังกายสั้นเกินไป เช่นเพียง 4-5 นาที แล้วให้พักนาน จะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดต่ำกว่าระดับที่สามารถมีผลจากการฝึก จึงไม่ได้ผลสำหรับใช้ในการฝึกระบบแอโรบิก

3.4 ความบ่อย ถ้าจะให้ได้ผลมากที่สุดควรจัดให้มีการออกกำลังกายทุกวัน อย่างไรก็ตามการให้ออกกำลังกายสัปดาห์ละ 3 วัน หรือให้ออกกำลังกายวันเว้นวัน ก็ยังได้ผลดี ถ้าได้เพิ่มระยะเวลาการออกกำลังกายแต่ละครั้งให้ยาวออกไปอีก 5-10 นาที

4.2 ความทนทานของกล้ามเนื้อ

ความทนทานของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทำการหดตัวได้ซ้ำ ๆ กัน ต่อต้านกับน้ำหนักได้นานที่สุดหรือทำให้การหดตัวนั้นคงอยู่ได้นานที่สุด (ถ้าการหดตัวเป็นชนิดไอโซเมตริก) จนกระทั่งกล้ามเนื้อเกิดการเมื่อยล้าขึ้น

การวัดความสามารถในความทนทานของกล้ามเนื้อนั้นสามารถวัดได้ 2 แบบคือ

4.2.1 ความทนทานสัมบูรณ์ของกล้ามเนื้อ (Absolute Endurance) ใช้วัดเป็นจำนวนเวลาหรือจำนวนครั้งที่กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้จนเมื่อยล้า โดยต่อต้านกับความต้านทานที่เท่ากัน

4.2.2 ความทนทานเปรียบเทียบของกล้ามเนื้อ (Relative Endurance) ใช้วัดเป็นจำนวนเวลาหรือจำนวนครั้งที่กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้จนเมื่อยล้า โดยออกแรงกับความต้านทานที่เป็นสัดส่วนเท่ากันของพลังสูงสุดที่กล้ามเนื้อมัดนั้นสามารถทำได้ ความทนทานของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับ คุณภาพของกล้ามเนื้อ จำนวนของหลอดเลือดฝอยในกล้ามเนื้อ กลไกทางประสาทที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อ มีตำแหน่งอยู่ 3 แห่ง ที่จะป็นต้นตอของความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

1. จุดประสาน (Synapse) ในระบบประสาทส่วนกลาง
2. รอยต่อระหว่างเส้นประสาทกับกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Junction)
3. ตัวกล้ามเนื้อ มีหลักฐานซึ่งบอกว่ากล้ามเนื้อเองเป็นตำแหน่งที่ทำให้เกิดการเมื่อยล้าได้มาก ปัจจัยเฉพาะที่ทำให้เกิดการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อว่าระดับกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นในกล้ามเนื้อน่าจะมีบทบาทสำคัญ พบว่าจะมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นในกล้ามเนื้อขณะกล้ามเนื้อทำงาน ถึงแม้ว่า จะมีปริมาณออกซิเจนและกลัยโคเจนเพียงพอก็ตาม ปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้กล้ามเนื้อเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลทำให้ปฏิกิริยาเคมีที่ใช้สำหรับการสร้างพลังงานดำเนินไปไม่ได้ แต่ในการทำงานหรือออกกำลังกายนาน ๆ (เช่นอย่างน้อย 50-60 นาที) ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเมื่อยล้าน่าจะเป็นการขาดกลัยโคเจนมากกว่าเป็นผลของกรดแลคติก (ชูศักดิ์ เวชแพทย และ กันยา ปาละวิวัฒน์. 2536 : 287)

5. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความทนทาน

5.1 จังหวะ

ในกิจกรรมการเคลื่อนไหวนั้น ไม่ว่าจะเป็นการเดิน , การวิ่ง หรือการว่ายน้ำก็ตาม การรักษาจังหวะให้สม่ำเสมอจะทำให้ใช้พลังงานน้อย จึงมีความทนทานในการทำงานอยู่ได้นาน การเพิ่มความเร็วหรือการลดความเร็วก็ทำให้ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

5.2 ทักษะ

ในการออกกำลังกายเพื่อกระทำการกิจกรรม พลังงานส่วนหนึ่งจะเสียไป สำหรับการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นและการเคลื่อนไหวที่ไม่ได้มีการร่วมงานกันดี ดังนั้นผู้ที่มีความทักษะดีจึงมีความทนทานในการทำงานมากกว่า

5.3 อายุ

ความทนทานเพิ่มขึ้นตามอายุจนถึงจุด ๆ หนึ่ง หลังจากนั้นความทนทานจะค่อย ๆ ลดลง สำหรับผู้ที่ได้รับการฝึกนั้น ช่วงอายุที่มีความทนทานสูงสุด จะเป็นช่วงอายุที่มีพลังงานกล้ามเนื้อสูงสุด คือสำหรับหญิงอายุประมาณ 20-25 ปี สำหรับชายประมาณ 25 จนถึง 30 ปี เมื่อความทนทานถึงจุดสูงสุดแล้ว จะคงอยู่ 3-5 ปี จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง จากการเปลี่ยนแปลงทางระบบการไหลเวียนเลือดและระบบการหายใจ ผู้ชายเมื่อถึงอายุ 70-80 ปี ความสามารถในการมีพลังงานแอโรบิกจะลดลงครึ่งหนึ่ง อย่างไรก็ตามก็อาจทำให้การลดลงของความทนทานช้าลงได้โดยการฝึก

5.4 เพศ

การศึกษาได้แสดงว่า เด็กหญิงที่มีอายุตั้งแต่เด็กจนถึงวัยแตกเนื้อสาว จะมีความทนทานเท่ากับเด็กชายแต่จะถึงจุดสูงสุดที่อายุต่ำกว่า ถ้าเป็นการออกกำลังกายปานกลาง ความทนทานของผู้หญิงจะต่ำกว่าผู้ชายเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าเป็นการออกกำลังกายหนัก ความทนทานของผู้หญิงจะต่ำกว่าผู้ชายมาก

5.5 ชนิดของรูปร่าง

จากการศึกษาพบว่า ผู้ที่ประสบความสำเร็จในกิจกรรมที่เกี่ยวกับความทนทานมักจะเป็นผู้ที่รูปร่างอยู่ในพวกที่มีโครงกระดูกใหญ่กล้ามเนื้อแข็งแรง และค่อนข้างสูงพวกที่มีรูปร่างผอมสูง โครงกระดูกเล็ก พวกที่มีความทนทานน้อยที่สุดเป็นพวกที่มีรูปร่างอ้วน เนื้อเหลวมีไขมันมาก

5.6 น้ำหนักเกิน

ไขมันที่อยู่ในร่างกาย นอกจากไม่ได้ช่วยทำงานแต่ยังจะขัดขวางการทำงานและความทนทานด้วย ข้อเสียของไขมันในการลดความทนทานมี 3 ประการคือ

1. ไขมันที่อยู่ในกล้ามเนื้อทำให้เกิดความฝืด และขัดขวางการหดตัวของกล้ามเนื้อ ไขมันเพิ่มน้ำหนักของร่างกาย จึงทำให้เพิ่มความต้านทานต่อการเคลื่อนไหว
2. ไขมันจะเพิ่มภาระต่อการทำงานของระบบไหลเวียนเลือด คือ เลือดต้องเข้าไปเลี้ยง ไขมัน ได้มีผู้คำนวณว่าการมีไขมันเพิ่มขึ้น 1 ปอนด์ จะต้องเพิ่มหลอดเลือดยาวอีก 1 ไมล์ (ส่วนใหญ่เป็นหลอดเลือดฝอย)

5.7 อุณหภูมิ ความทนทานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

5.8 การหายใจเกิน

ภาวะการหายใจเกินอาจเกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจ หรือตั้งใจให้เกิดขึ้นก็ได้ โดยการหายใจลึก ๆ อย่างแรง ๆ การกระทำเช่นนี้จะทำให้อากาศที่เข้าและออกจากปอดมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เมื่อมีการหายใจมากจะทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ในระบบการหายใจและระบบการไหลเวียนเลือดลดลงแต่ไม่มีการเพิ่มจำนวนออกซิเจนในเลือด ในทางสรีรวิทยาจำนวนออกซิเจนที่ส่งเข้าไปในเลือดไม่ได้ถูกจำกัดเมื่อเลือดมีความอิ่มตัวเต็มที่ด้วยออกซิเจนแล้ว ออกซิเจนที่หายใจเข้าไปมากก็จะส่งกลับออกมาเป็นอากาศหายใจออก ไม่สามารถเก็บสำรองไว้ได้อีก

5.9 ความจุของปอด

ความจุของปอด ซึ่งเป็นจำนวนของอากาศที่สามารถหายใจออกมาจากปอดอย่างเต็มที่ภายหลังจากการหายใจเข้าเต็มที่ไว้แล้ว ได้เคยมีการใช้ค่าความจุของปอดเป็นตัวบอกระบบทางหายใจ เพราะค่านี้จะบอกความสามารถในความจุของปอดได้ แต่ข้อมูลในปัจจุบันนี้บ่งบอกว่ามีประโยชน์น้อยในการคาดการณ์ความสามารถของความทนทานในการทำงานโดยที่มีปัจจัยอื่นซึ่งสำคัญกว่า ตัวอย่างเช่น การจำกัดความสามารถของการขนส่งออกซิเจนไปสู่เซลล์ จะทำให้สมรรถภาพความทนทานลดลง อย่างไรก็ตาม ความจุของปอดที่มีมาก จะมีความสำคัญในการออกกำลังกายหนักมาก (Intense Exercise) ซึ่งอาจมีการขาดออกซิเจนในกล้ามเนื้อได้ แต่จะมีประโยชน์น้อยในการออกกำลังกายไม่หนักมาก ประโยชน์ที่สำคัญของการมีความจุของปอดมาก คือความสามารถนำอากาศเข้าไปในปอดต่อหน่วยเวลาด้วยการหายใจน้อยครั้งกว่า จึงช่วยให้การเกิดอาการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อของระบบทางเดินหายใจเกิดช้าลง (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และ กันยา ปาละวิวัฒน์. 2536 : 283-288)

6. การล้า (Fatigue)

การล้าของกล้ามเนื้อ (Muscular Fatigue) หมายถึง การที่กล้ามเนื้อไม่สามารถทำงานให้มีสมรรถภาพหรือกำลังได้ตามที่คาดหมายไว้ การล้าของกล้ามเนื้ออาจมีสาเหตุจากส่วนรอบนอก (Peripheral Fatigue) หรืออาจมีสาเหตุมาจากระบบประสาทส่วนกลาง (Central Fatigue) ตำแหน่งที่เป็นสาเหตุของการล้า มีดังนี้

1. รอยต่อของประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Junction) มีหลักฐานที่สนับสนุนและคัดค้านว่าบริเวณรอยต่อของประสาทและกล้ามเนื้อเป็นต้นตอที่ก่อให้เกิดความล้า การล้าชนิดนี้พบได้บ่อยในหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวแบบเร็ว (Fast Twitch) ส่วนกลไกนั้นเชื่อว่าเกิดจากสารสื่อประสาทคือ อะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) ลดน้อยลง
2. กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Contractile Mechanism) มีปัจจัยหลายอย่างทางด้านกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการล้า
 - 2.1 มีการคั่งของกรดแลคติกเชื่อกันว่า การคั่งของกรดแลคติกจากการทำงานของกล้ามเนื้อทำให้ล้าได้
 - 2.2 การหมดไปของ ATP (Adenosine Triphosphate) และ PC ที่เก็บสะสมไว้
 - 2.3 การหมดไปของกลัยโคเจนที่สะสมไว้ พบว่าเมื่อออกกำลังกายเป็นระยะเวลานาน เช่น มากกว่า 30 นาที จะทำให้กลัยโคเจนที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อถูกใช้ไปเกือบหมด จึงเชื่อว่าเป็นต้นตอของการล้า
 - 2.4 ปัจจัยอื่น ๆ เช่น การขาดออกซิเจนและการที่กล้ามเนื้อมีเลือดมาเลี้ยงไม่พอ
 - 2.5 ระบบประสาทส่วนกลาง เป็นต้นตออย่างหนึ่งที่ทำให้มีการล้า

7. การสร้างกรดแลคติก

กรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอ ทำให้ไพรูเวท (Pyruvate) เปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติก ปกติในเลือดจะมีกรดแลคติกอยู่ประมาณ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์และความสามารถสูงสุดของคนที่แข็งแรงจะทนต่อการมีกรดแลคติกในเลือดสูงได้ถึง 130 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (บางรายตัวเลขอาจสูงถึง 300 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) ภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักได้เริ่มขึ้นกรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นมาในปริมาณ

ที่มากขึ้นเรื่อย ๆ การสร้างกรดแลคติกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนและความเข้มข้นของการออกกำลังกาย ซึ่งสรุปไว้ดังนี้

1. ขณะออกกำลังกายชนิดเบา (Light Exercise) การออกกำลังกายชนิดนี้มักไม่มีปัญหาเรื่องปริมาณของออกซิเจน เพราะออกซิเจนที่มีสะสมอยู่บ้างเล็กน้อยร่วมกับออกซิเจนที่ระบบการหายใจและระบบไหลเวียนเลือดสามารถจะนำไปส่งยังกล้ามเนื้อที่มีปริมาณเพียงพอกับความต้องการ กรดแลคติกจึงถูกสร้างขึ้นน้อยมาก
2. ขณะออกกำลังกายที่มีความหนักปานกลาง (Exercise of Moderate Intensity) ร่างกายสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) ในระยะต้นของการออกกำลังกายจนกระทั่งกระบวนการสร้างพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) เข้ามามีบทบาทในการสร้างพลังงานแทนเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย กรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นมาในระยะต้นของการออกกำลังกาย จะกระจายเข้าสู่กระแสเลือด เมื่อการออกกำลังกายแบบนี้ดำเนินต่อไปปริมาณของกรดแลคติกจะลดน้อยลงจนถึงที่ระดับที่เท่ากับร่างกายอยู่ในสภาวะพักผ่อน (Resting Level) และการออกกำลังกายก็สามารถดำเนินต่อไปเป็นชั่วโมง
3. ขณะออกกำลังกายที่หนัก (Heavy Exercise) การออกกำลังกายแบบนี้เริ่มจะมีปัญหาเรื่องปริมาณของออกซิเจนไม่เพียงพอกับความต้องการที่จะนำไปใช้ในการสร้างพลังงาน ทำให้กรดแลคติกถูกสร้างขึ้นมามากขึ้นและเป็นผลให้พบกรดชนิดนี้ในปริมาณที่สูงในกระแสเลือด ปริมาณที่สูงนี้จะคงอยู่ต่อไปตลอดระยะเวลาของการออกกำลังกาย ผู้ที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายจะทนต่อการมีกรดแลคติกสูงได้ไม่ดี แต่สำหรับผู้ที่ย่อยออกกำลังกายเป็นประจำได้รับการฝึกร่างกายให้แข็งแรงอยู่เสมอและผู้ที่มีแรงจูงใจสูง อาจออกกำลังกายลักษณะนี้ได้ถึง 30 นาทีหรืออาจมากกว่านี้ก็ได้

4. ขณะออกกำลังกายหนักมาก (Severe Exercise) การออกกำลังกายเช่นนี้มีปัญหามากขึ้น เพราะปริมาณของออกซิเจนที่ไม่เพียงพอแก่ความต้องการหรือปริมาณที่ขาดไป (Oxygen Deficit) มีจำนวนมากขึ้น การออกกำลังกายเช่นนี้มักดำเนินต่อไปได้ไม่เกิน 2-3 นาที เพราะกล้ามเนื้อไม่สามารถทำหน้าที่ของมันต่อไปได้ ตัวอย่างของการออกกำลังกายเช่นนี้ได้แก่ การแข่งขันวิ่งระยะสั้น

ปริมาณของกรดแลคติกในเลือดดูเหมือนว่าจะมีความสัมพันธ์ในทางลบกับระดับของสมรรถภาพทางกาย กล่าวคือ หากนำคนกลุ่มเดียวกันมาฝึกในความเข้มข้นระดับใดระดับหนึ่ง ภายหลังการฝึกไปสักระยะหนึ่งเพื่อให้ร่างกายมีสมรรถภาพสูงขึ้น การสะสมของกรดแลคติกจะค่อย ๆ ลดลง ถึงแม้ว่าจะทำงานที่มีความเข้มข้นเท่าเดิม การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากร่างกายสามารถสร้าง ATP (Adenosine Triphosphate) แบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) ได้ดีขึ้นอันเนื่องมาจากการปรับตัวของระบบการไหลเวียนของเลือด ระบบการหายใจและปริมาณของเอนไซม์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ ATP โดยอาศัยกรดไขมันและกลัยโคเจนมากขึ้น จึงทำให้ร่างกายมีการเป็นหนี้ออกซิเจนน้อยซึ่งจะส่งผลให้มีการสะสมของกรดแลคติกน้อยลงที่สุดในที่สุด (ประทุม ม่วงมี. 2527 : 26-28)

7.1 การกระจายและการสลายตัวของกรดแลคติก

ส่วนหนึ่งของกรดแลคติกที่สร้างขึ้นและกระจายออกสู่กระแสเลือด จะถูกควบคุมปริมาณโดยไบคาร์บอเนตในเลือด อย่างไรก็ตามการมีกรดชนิดนี้มากจะทำให้ค่าของความเป็นกรดและด่างในกระแสเลือดลดต่ำลง (pH ของเลือดอาจลดลงถึง 7.0 หรือในบางรายอาจถึง 6.8) นั่นคือก่อให้เกิดสภาวะแห่งความเป็นกรดในเลือดมากขึ้น การออกกำลังกายหนักจึงเป็นผลให้เกิดภาวะที่เรียกว่า ไฮเปอร์เนีย (Hyperpnea) และผลสุดท้ายก็เกิดภาวะที่เราหายใจถี่และลึกที่เรียกว่า ดิสเนีย (Dyspnea) ดังนั้นการที่เราหายใจหนักมากขึ้นหลังการออกกำลังกายหนักเกิดจากการที่มีความเป็นกรดสูงในเลือด

ในระยะ 2-3 นาทีของการออกกำลังกายหนักนั้น กรดแลคติกอาจถูกผลิตขึ้นมาถึง 100 มิลลิกรัม หรืออาจมากกว่าในผู้ที่รูปร่างแข็งแรง กรดแลคติกกระจายโดยสู่ของเหลวอื่น ๆ ในร่างกาย ในขณะที่พักผ่อน กรดแลคติกส่วนใหญ่ (ประมาณ 85%) จะถูกเปลี่ยนแปลงโดยตับให้กลายเป็นกลัยโคเจน (โดยที่ไตอาจช่วยตับทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงสิ่งดังกล่าวด้วย) และกลูโคสได้อีก โดยผ่านวัฏจักรที่เรียกว่าโครี (Cori) หรือ แลคติกเอซิดไซเคิล (Lactic Acid Cycle) นอกจากตับและไตจะทำหน้าที่ลดกรดแลคติกด้วยวิธีดังกล่าวแล้ว บางส่วนของกรดแลคติกยังถูกใช้โดยกล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อลาย แต่การที่มีกรดแลคติกในเลือดมากเกินไปจะทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อดำเนินต่อไปไม่ได้เพราะไปยับยั้งการเผาผลาญกลัยโคเจนและกรดไขมันซึ่งเป็นแหล่งที่ใช้สังเคราะห์ ATP (Adenosine Triphosphate) และยังมีฤทธิ์ที่จะไปกระตุ้นศูนย์ควบคุมต่างๆ ในสมอง เช่น ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายและศูนย์ควบคุมการหายใจ เป็นต้น (ประทุม ม่วงมี. 2527 : 28-29)

7.2 สรีรวิทยาของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก

กรดแลคติกที่เกิดขึ้นนั้นมีการเคลื่อนย้ายไปได้เล็กน้อยโดย

1. ขับถ่ายออกทางปัสสาวะ และทางเหงื่อ ซึ่งเป็นไปได้เล็กน้อย
2. การเปลี่ยนแปลงไปเป็นกลูโคส และ/หรือกลัยโคเจน เนื่องจากกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์จากการสลายคาร์โบไฮเดรต ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นกลัยโคเจน และกลูโคสได้ในตัวรวมทั้ง

เปลี่ยนไปเป็นกลัยโคเจนในกล้ามเนื้อได้ด้วย แต่อย่างไรก็ตามการสร้างกลัยโคเจนในกล้ามเนื้อและตับนั้นไปได้ช้ามากเมื่อเทียบกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกด้วยวิธีอื่น ดังนั้นบทบาทนี้จึงมีความสำคัญน้อยในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกไป

3. การเปลี่ยนแปลงไปเป็นโปรตีน แต่วิธีนี้เป็นไปได้น้อย

4. ออกซิเดชัน และการเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ กรดแลคติกสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ เมื่อมีออกซิเจนคือจะเปลี่ยนเป็นกรดพิวริก (Pyruvic) แล้วจึงเปลี่ยนเป็น คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

การใช้กรดแลคติกเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในระบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) นั้น มีบทบาทที่สำคัญที่สุดในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย อวัยวะที่สำคัญในการออกซิไดซ์กรดแลคติกคือ กล้ามเนื้อลาย และเชื่อว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจะสามารถออกซิไดซ์กรดแลคติกได้ดีกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่อธิบายว่า การให้ออกกำลังกายเบา ๆ ในระยะฟื้นตัวจะสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกไปได้ดีกว่า (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัฒน์. 2536 : 162)

8. อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Consumption)

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) เป็นวิธีการวัดความสามารถของระบบไหลเวียนเลือดที่ดีที่สุด ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเวชศาสตร์การกีฬาจำนวนมากลงความเห็นว่า การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นวิธีการวัดสมรรถภาพทางกายที่สำคัญวิธีหนึ่งและเป็นจุดที่แสดงให้เห็นว่าอัตราการใช้ออกซิเจนไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้อีกต่อไปแม้ว่าระดับความหนักของการออกกำลังกาย (Intensity) หรือกำลังของกล้ามเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้น ความสามารถที่เพิ่มขึ้นของผู้ที่ได้รับการฝึกทำให้สามารถออกกำลังกายที่ความหนักของงานในระดับสูงได้ (High Exercise Intensity) ซึ่งเป็นผลจากอัตราการใช้ออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น (ภานารี พานเพียรศิลป์. 2541 : 107)

ความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกายขึ้นกับกระบวนการสำคัญทาง

สรีรวิทยาหลายชนิดทำงานสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานของระบบหายใจ ระบบไหลเวียนเลือด และกล้ามเนื้อ ได้แก่ การระบายอากาศของปอด การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างถุงลมปอดกับเลือด การทำงานของหัวใจ อัตราการไหลของเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อและการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อ (พิพจน์ เจริญชัย. 2542 : 278)

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) มีค่าเท่ากับผลคูณของปริมาณเลือดทั้งหมดที่หัวใจสูบฉีดไปเลี้ยงร่างกายใน 1 นาที (ปกติมีค่าประมาณ 5 ลิตร/นาที) และความแตกต่างที่มากที่สุดของปริมาณออกซิเจนระหว่างเส้นเลือดแดงและเส้นเลือดดำ ดังสมการต่อไปนี้

$$VO_{2max} = CO_{2max} \times (a-v) O_{2max} \text{ difference}$$

VO_{2max} คือ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีหน่วยเป็นลิตร/นาที

CO_{2max} คือ ปริมาณเลือดที่หัวใจสูบฉีดไปเลี้ยงร่างกายใน 1 นาที มีหน่วยเป็น ลิตร/นาที

$(a-v) O_{2max} \text{ difference}$ คือ ความแตกต่างสูงสุดของปริมาณออกซิเจนระหว่างเลือดแดงและเลือดดำ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร O_2 / 100 มิลลิลิตรของปริมาณเลือด

VO_{2max} แสดงให้เห็นอัตราการขนส่งออกซิเจนสูงสุดไปยังเนื้อเยื่อของร่างกาย และการนำออกซิเจนไปใช้ในอัตราที่สูงที่สุด

ขณะร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะพักไปสู่การออกกำลังกายในระดับความหนักสูงสุด (Maximal Exercise) พบว่า ความแตกต่างสูงสุดของปริมาณออกซิเจนระหว่างเลือดแดงและเลือดดำ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับความหนักของการออกกำลังกาย ในนักกีฬาส่วนมากค่าความดันของออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) มีค่าคงที่ขณะออกกำลังกาย ความแตกต่างสูงสุดของปริมาณออกซิเจนระหว่างเลือดแดงและเลือดดำที่เพิ่มขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากความดันของออกซิเจนในเลือดดำมีค่าลดลง (PvO_2) ความแตกต่างสูงสุดของปริมาณออกซิเจนระหว่างเลือดแดงและเลือดดำเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของเซลล์ในร่างกายในการนำเอาออกซิเจนไปใช้และพบว่าเซลล์ร่างกายมีขีดจำกัดในการสกัดและนำออกซิเจนที่ขนถ่ายมากับเลือดไปใช้ตลอดเวลาของการฝึกเพื่อเสริมสร้างความทนทานของร่างกาย เลือดดำที่ไหลกลับมาจากเซลล์กล้ามเนื้อที่กำลังหดตัวทั้งในกลุ่มผู้ที่ได้รับการฝึกและไม่ได้รับการฝึกขณะออกกำลังกายสูงสุดมีส่วนประกอบของออกซิเจนเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย

ถ้านักกีฬาที่ต้องการเสริมสร้างความทนทานควรจะต้องมีปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจไปเลี้ยงร่างกายในปริมาณที่มาก (Large Cardiac Output Capacity) ปริมาณเลือดที่มากที่สุดที่หัวใจสูบฉีดไปเลี้ยงร่างกาย (Maximal Cardiac Output) เป็นผลคูณของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum Heart Rate, HR_{max}) และปริมาณเลือดสูงสุดที่หัวใจสูบฉีดแต่ละครั้งของการบีบตัว (Maximum Stroke Volume, SV_{max}) ดังสมการข้างล่างนี้

$$CO_{2max} = HR_{max} \times SV_{max}$$

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและอายุ การฝึกเพื่อเสริมสร้างความทนทานมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเลือดสูงสุดที่หัวใจสูบฉีดแต่ละครั้ง ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) และความแตกต่างสูง

สุดของปริมาณออกซิเจนระหว่างเลือดแดงและเลือดดำ $(a-v)O_{2max}$ มีค่าคงที่ แสดงว่าการฝึกเพื่อเสริมสร้างความทนทานของร่างกายไม่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max})

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ความสามารถของไมโทคอนเดรียในการนำออกซิเจนจากเลือดมาใช้พบว่าเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวช้า (Slow Fiber, Type I) สามารถนำออกซิเจนจากเลือดมาใช้ได้มากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวเร็ว (Fast Fiber, Type II) ประมาณ 3-5 เท่า การฝึกเพื่อเสริมสร้างความทนทานทำให้มวลของไมโทคอนเดรียมีขนาดเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า

การฝึกเพื่อเสริมสร้างความทนทานของร่างกายมีผลทำให้ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) เพิ่มขึ้นสูงสุดโดยประมาณ 20% อย่างไรก็ตามค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) สามารถเพิ่มได้มากกว่านี้ ถ้าระดับสมรรถภาพร่างกายเริ่มต้นของค่านั้นมีค่าต่ำ รูปแบบของการออกกำลังกายมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของหัวใจเพื่อทำให้ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) เพิ่มขึ้น ปริมาณเลือดสูงสุดที่หัวใจสูบฉีด (SV_{max}) สามารถเพิ่มขึ้นได้เพื่อตอบสนองต่อปริมาณเลือดที่ไหลอยู่ในหัวใจก่อนหัวใจบีบตัว ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการเล่นกีฬาประเภทวิ่ง ขี่จักรยานและว่ายน้ำ ในการออกกำลังกายที่ต้องฝึกยกน้ำหนักจำนวนมาก ๆ (Overload Sports) เช่นในพวกลูกยกน้ำหนัก พบว่าความหนาของผนังกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างซ้ายเพิ่มขึ้นโดยที่ปริมาตรของหัวใจห้องล่างซ้ายไม่เปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) และของความสามารถในการเสริมสร้างความทนทาน (Endurance Capacity) ไม่เหมือนกัน สมรรถภาพทางกายภาพด้านความทนทานสามารถเพิ่มขึ้นได้มากกว่า 20 % ซึ่งสามารถเป็นไปได้โดยการเพิ่มความหนาแน่นของไมโทคอนเดรีย ความเร็วในการวิ่ง และสัดส่วนของร่างกาย (Body Composition) (ภานารี พานเพียรศิลป์. 2541 : 107-101)

9. จุดเริ่มล้า (Anaerobic threshold)

จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) จากการสะสมของกรดแลคติก ในกล้ามเนื้อ 4 มิลลิโมล/เลือด 1 ลิตร ซึ่งเป็นจุดที่เริ่มมีการเพิ่มของกรดแลคติกอย่างรวดเร็ว จนทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle Fatigue) ที่จุดนี้ร่างกายจะเปลี่ยนการใช้แหล่งพลังงานและขบวนการเผาผลาญพลังงานของกล้ามเนื้อ จากการใช้ไขมันและน้ำตาล ในขบวนการเผาผลาญโดยใช้ออกซิเจน (Aerobic Metabolism) มาเป็นการเผาผลาญพลังงานในขบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Metabolism) จึงเรียกจุดนี้ว่าจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold ; AT) ซึ่งจะเป็นดัชนีของความหนักในการออกกำลังกายโดยใช้เป็นแนวทางในการฝึก

หลักของการทดสอบหาค่า AT คือ ในขณะที่ร่างกายมีการเผาผลาญพลังงานโดยใช้ออกซิเจนนั้น อัตราการเต้นหัวใจจะเพิ่มตามความหนักของกิจกรรมที่ทำ (ความเร็วของการวิ่ง) อัตราการเต้นหัวใจแปรผันเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็ว และเมื่อเพิ่มความเร็วมาถึงระดับหนึ่ง จะเกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อมากขึ้นเกินกว่าที่ร่างกายจะสามารถสลายได้ อีกทั้งกรดแลคติกยังมีฤทธิ์กระตุ้นศูนย์หายใจที่ก้านสมอง (Brain Stem) ทำให้หายใจเร็วและตื้น ปริมาณออกซิเจนที่ได้รับเพื่อใช้ในกระบวนการเผาผลาญพลังงานแบบใช้ออกซิเจนลดลง ดังนั้นร่างกายจึงปรับไปใช้พลังงานที่ได้จากการเผาผลาญในระบบที่ไม่อาศัยออกซิเจนแทน (Anaerobic Metabolism) ซึ่งอัตราการเต้นหัวใจจะไม่เพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนโดยตรงตามความเร็วที่ปรับเพิ่มขึ้น ถ้ามีการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจและความหนักของกิจกรรม แล้วนำมาบันทึกเป็นกราฟจะเห็นได้ว่า ในช่วงที่ร่างกายอยู่ในช่วงแอโรบิก (Aerobic Metabolism) กราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความชันเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ แต่เมื่อถึงความหนักระดับหนึ่ง ร่างกายเปลี่ยนไปอยู่ในระบบแอน

โยกล้ามเนื้อ จากผลของการฝึกแบบทนทานพบว่า การรับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น 5 % ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มบรานซ์เชน (Branched Chain) จำนวนเส้นเลือดฝอยต่อเส้นใยและที่ติดกับเส้นใยชนิด Type I เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($P < .05$) ซึ่งเพิ่มขึ้นทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง การกระจายและตำแหน่งของเส้นใย ชนิด Type I , Type II a และ Type II b ไม่แตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม และไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อฝึกความทนทาน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ากล้ามเนื้อลายของผู้สูงอายุเพศชายสามารถเกิดการปรับตัวในการฝึกแบบอดทน 6 สัปดาห์ และการได้รับกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (Branched Chain) เสริม ไม่ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของกล้ามเนื้อ

วูกอวิชและคนอื่นๆ (Vukovich and others. 1997 : 298-309) ศึกษาผลของการได้รับกรดอะมิโนในขนาดน้อยต่อการปรับตัวของการฝึกปั่นจักรยาน ในผู้ที่ไม่เคยได้รับการฝึก (Untrain) จุดประสงค์ของการศึกษาคือเพื่อศึกษาว่าการให้กรดอะมิโนเสริมมีผลต่อระดับกรดแลคติกในเลือดและกล้ามเนื้อในการออกกำลังกายและมีผลต่อระยะเวลาของการปรับตัวทางการเผาผลาญในการฝึกหรือไม่ ผู้ถูกทดลองเป็นเพศชาย โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 7 คน ได้รับสารขนาด 2.9 กรัม/วัน ซึ่งผสมกรดอะมิโนลิวซีน (Leucine) , กรดอะมิโนไอโซลิวซีน (Isoleucine) , กรดอะมิโนวาลีน (Valine) , กรดอะมิโนกลูตามีน (Glutamine) และคาร์นิทีน (Carnitine) หรือได้รับแลคโตส (Lactose) ขนาด 3 กรัม/วัน หลังจาก 7 วันของการได้รับการเสริมพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) เวลาที่ทำให้หมดแรงที่ 120 % ของอัตราการใช้ ออกซิเจนสูงสุด ($120\% VO_{2max}$) หรือระดับกรดแลคติกในกล้ามเนื้อและเลือดทั้ง 2 กลุ่มทดลอง หลังจากนั้น ผู้ถูกทดลองได้รับการฝึกแบบร่วมกันระหว่างแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนโดยใช้จักรยานวัดงาน (Monark Cycle Ergometer) ผลการทดลองพบว่า การให้กรดอะมิโนเสริม ไม่มีผลต่อทั้งระดับกรดแลคติกสะสมในเลือดและกล้ามเนื้อระหว่างออกกำลังกาย แต่การได้รับกรดอะมิโนเสริมทำให้เกิดการปรับตัวของระบบบัฟเฟอร์ในร่างกายเร็วกว่า ดังนั้นสมรรถภาพขณะออกกำลังกายแบบรุนแรงไม่สามารถเพิ่มขึ้นด้วยการให้กรดอะมิโนเสริม

บีโรและคนอื่นๆ (Below and others. 1995 : 200) ได้ทำการศึกษาผลของการให้เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต ในระหว่างการออกกำลังกายที่มีระดับความหนักสูงเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในการศึกษารั้งนี้ จะดูผลของระดับความสามารถ, อุณหภูมิของร่างกาย และสภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือด โดยผู้เข้ารับการทดลองมีทั้งหมด 8 คน โดยทำการปั่นจักรยานที่ระดับความหนักที่ 80 % ของอัตราการใช้ ออกซิเจนสูงสุด ($80\% VO_{2max}$) เป็นเวลา 50 นาทีตามด้วยการปั่นที่ความสูงสุด (ลักษณะเหมือนกับการแข่งขันในช่วงสุดท้ายก่อนเข้าเส้นชัย) ผู้เข้ารับการทดลองจะได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตผสมอยู่ 6 % (79 กรัม) ปริมาณ 1,330 มิลลิลิตร หรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของมอลโตเดกทริน (Maltodextrin) ผสมอยู่ 40 % (79 กรัม) ในปริมาณ 200 มิลลิลิตร ในการทดลองเปรียบเทียบระหว่าง การได้รับเครื่องดื่มที่มีปริมาณมาก (1,300 มิลลิลิตร) กับ ปริมาณน้อย (200 มิลลิลิตร) และได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต และไม่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต ผลการศึกษาพบว่า

1. ในกลุ่มที่ได้รับเครื่องดื่มที่มีปริมาณมาก ทำเวลาในช่วงสุดท้ายได้ดีกว่า กลุ่มที่ได้รับในปริมาณน้อยอยู่ 6.5 % และกลุ่มที่ได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตทำเวลาได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตอยู่ 6.3 %
2. ในกลุ่มที่ได้รับเครื่องดื่มที่มีปริมาณมาก มีอัตราการเต้นของหัวใจและอุณหภูมิของร่างกายต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับในปริมาณน้อยอยู่ 4 ครั้งต่อนาที และ 0.33 องศาเซลเซียส แต่ไม่มีความแตกต่างกันในกลุ่มที่ได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรต

จากการทดลองดังกล่าวสรุปได้ว่า การได้รับเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตที่มีปริมาณสูง สามารถเพิ่มความสามารถในการปั่นจักรยานหรือการออกกำลังกายเป็นระยะเวลานานและให้ผลในทางที่ดีต่อสภาพร่างกายในส่วนของการลดน้ำหนักของร่างกายและอัตราการเต้นของหัวใจ

แมดเซนและคนอื่นๆ (Madsen and others. 1996 : 2644-2650) ได้วิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการดื่มเครื่องดื่มกลูโคส (G), กลูโคสร่วมกับกรดอะมิโนบรานซ์เชน (B) และสารกลุ่มควบคุม (P) ต่อประสิทธิภาพการปั่นจักรยานระยะทางมากกว่า 100 กิโลเมตร จากการศึกษพบว่า การทดลองถูกกระทำ 3 ครั้ง แต่ละครั้งมีช่วงเวลาห่าง 1 สัปดาห์ ผู้ถูกทดลองปั่นจักรยานที่ระดับ 63.1% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างการทดลองผู้ถูกทดลองต้องปั่นจักรยานให้ได้ระยะทาง 100 กิโลเมตร ในเวลาที่สั้นที่สุด จากการทดลองพบว่าไม่พบความแตกต่างในระยะเวลาที่ใช้ปั่นจักรยานระหว่างการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มชนิด B มีระดับกรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ในเลือดเพิ่มขึ้นจากขณะพักมีค่า 339 ± 28 ไมโครโมลาร์ เป็น $1,026 \pm 62$ μM หลังออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($P < .01$) ระดับแอมโมเนียในเลือดมีค่าเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองในทุกการทดลอง และมีค่าสูงในเครื่องดื่ม B เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดื่ม G และ P อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าทั้งการดื่มกลูโคสและกลูโคสผสม BCAA ไม่มีผลเพิ่มประสิทธิภาพการออกกำลังกายในผู้ถูกทดลองที่ปั่นจักรยานทดสอบ

นาสซิสและคนอื่นๆ (Nassis and others. 1998 : 248-252) ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการให้เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตและเกลือแร่ ที่มีต่อสมรรถภาพด้านความทนทานในการฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นเวลานาน โดยผู้เข้ารับการทดลองมีทั้งหมด 9 คน เป็นชาย 8 คน และหญิง 1 คน ทำการทดลองโดยให้ผู้เข้ารับการทดลองวิ่งด้วยความเร็วที่ระดับความหนักแรงที่ 80% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($80\% \text{VO}_{2\text{max}}$) เป็นเวลา 15 วินาที สลับกับการวิ่งเบา ๆ เป็นเวลา 10 วินาที หรือความหนักแรงที่ 45% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($45\% \text{VO}_{2\text{max}}$) ในช่วงเวลา 60 นาทีแรก ต่อด้วยความเร็วที่ระดับความหนัก 85% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($85\% \text{VO}_{2\text{max}}$) ในช่วงนาที่ที่ 60 ถึงนาที่ที่ 100 โดยทำการวิ่งแบบเดิมคือวิ่งเบา ๆ 10 วินาทีสลับ และสุดท้ายวิ่งด้วยความเร็วที่ระดับ 90% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($90\% \text{VO}_{2\text{max}}$) หลังจากนาที่ที่ 100 จนหมดแรง ซึ่งในแต่ละรายจะได้รับเครื่องดื่มที่เป็นน้ำเปล่า และที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตและเกลือแร่ ที่มีความเข้มข้น 6.9% ก่อนการทดลอง (3 มิลลิลิตร/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) และทุก ๆ 20 นาทีในขณะที่ทำการทดลอง (2 มิลลิลิตร/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) ผลการทดลองพบว่าระยะเวลาในการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือดในนาที่ที่ 40 ในกลุ่มที่ได้รับเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรตและเกลือแร่จะมีปริมาณที่สูงกว่า แต่ในส่วนของการออกซิเดชันคาร์โบไฮเดรต (Total Carbohydrate Oxidation) ไม่มีความแตกต่างกัน จากผลการทดลองอาจกล่าวได้ว่า การดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตและเกลือแร่ ในระหว่างการฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นเวลานาน ที่มีระดับความหนักสูง ไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพด้านความทนทาน

ไครเดอร์ (Kreider. 1999) ได้รวบรวมผลงานวิจัยพบว่า การให้รับประทานโปรตีนเป็นการเสริมโดยมุ่งหวังที่จะคงความสมดุลของระดับไนโตรเจนนั้นไม่มีประโยชน์ต่อนักกีฬา การได้รับโปรตีนร่วมกับคาร์โบไฮเดรตก่อนหรือหลังการออกกำลังกายช่วยลดการสลายพลังงาน ส่งเสริมการสังเคราะห์กลัยโคเจน และทำให้มีระดับฮอร์โมนสำหรับสร้างพลังงานเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อสรุปถึงผลของโปรตีนต่อสมรรถภาพนักกีฬา บางการวิจัยรายงานว่ากรดอะมิโนบางชนิด เช่น อาร์จินีน (Arginine), ฮีสทิดีน (Histidine), ไลซีน (Lysine), เมไทโอนีน (Methionine), ออร์นิทีน (Ornithine) และ ฟีนิลอะลานีน

(Phenylalanine) ไปกระตุ้นการหลั่งโกรทฮอร์โมน, อินซูลิน และกลูโคคอร์ติคอยด์ฮอร์โมน แต่มีบางการวิจัยกล่าวว่า การให้กรดอะมิโนที่กล่าวมาเป็นการเสริมจะช่วยเพิ่มสมรรถภาพของนักกีฬา การวิจัยอื่นพบว่ากรดอะมิโนกลุ่มบรานซ์เชน (Branched Chain) เช่น ลิวซีน (Leucine), ไอโซลิวซีน (Isoleucine), วาลีน (Valine) และกรดอะมิโนอื่น เช่น กลูตามีน (Glutamine) สัมพันธ์กับการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการล้าของระบบประสาทส่วนกลางช้าลงและการกระตือรือร้นมากขึ้น การศึกษาส่วนใหญ่พบว่าการให้คลีเอทีนเสริม (Creatine) มีประสิทธิภาพและปลอดภัยที่จะเพิ่มสมรรถภาพของการออกกำลังกายที่มีความรุนแรงสูงและเพิ่มการปรับตัวต่อการฝึก

เจนท์เจนและคนอื่น ๆ (Jentjens and others. 2001 : 839-849) ได้ศึกษาถึงการได้รับโปรตีนและกรดอะมิโนร่วมกับคาร์โบไฮเดรต พบว่าไม่มีผลเพิ่มการสังเคราะห์กลัยโคเจนในกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าการได้รับโปรตีนผสม (Wheat Protein + Leucine + Phenylalanine) ร่วมกับคาร์โบไฮเดรต 1.2 กรัม/กิโลกรัม จะเพิ่มการสังเคราะห์กลัยโคเจนในกล้ามเนื้อ ผู้ถูกทดลองเป็นนักปั่นจักรยาน เพศชายจำนวน 8 คน ทำการทดลอง 2 ช่วง แต่ละช่วงห่างกัน 1 สัปดาห์ หลังจากการออกกำลังกายที่ทำให้กลัยโคเจนลดลง ผู้ถูกทดลองจะได้รับคาร์โบไฮเดรต 1.2 กรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง หรือ คาร์โบไฮเดรต ร่วมกับโปรตีนผสมขนาด 0.4 กรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง ในช่วงฟื้นตัว 3 ชั่วโมง ตัดชิ้นเนื้อของกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ทดสอบเลือดหลังจากออกกำลังกายและทุก 30 นาที หลังจากออกกำลังกาย ผลการทดลองพบว่าระดับอินซูลินจะสูงขึ้นในผู้ที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตผสมกับโปรตีน เปรียบเทียบกับผู้ที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียว ($P < .05$) แต่ไม่มีความแตกต่างของระดับกลูโคสในเลือดหรืออัตราการสังเคราะห์ กลัยโคเจนในกล้ามเนื้อระหว่าง 2 กลุ่ม

ไอวีและคนอื่น ๆ (Ivy and others. 2003 : unpagged) ได้วิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการได้รับเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตและเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีนต่อประสิทธิภาพความทนทานระหว่างออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจนที่มีความหนักแตกต่างกัน นักปั่นจักรยาน 9 คน ถูกทำการทดลอง 3 ครั้ง โดยจะทดสอบที่ระดับความหนักแตกต่างกันระหว่าง 45 % และ 75 % VO_{2max} เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และต่อด้วย 85% VO_{2max} จนกระทั่งหมดแรง และให้ดื่มเครื่องดื่มปริมาณ 200 มิลลิลิตรต่อครั้งทุก 20 นาที ซึ่งเครื่องดื่มประกอบด้วยเครื่องดื่มควบคุม, 7.75% สารละลายคาร์โบไฮเดรต และ 7.75% ของสารละลายคาร์โบไฮเดรตผสม 1.94% ของสารละลายโปรตีน ผลการทดลองพบว่าการได้รับเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตทำให้มีระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองจนหมดแรงมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) การได้รับโปรตีนผสมคาร์โบไฮเดรตทำให้เพิ่มระยะเวลาที่ปั่นจักรยานจนหมดแรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) ระดับน้ำตาลในเลือดและระดับพลาสมาอินซูลินในผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตและคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีนมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างการได้รับคาร์โบไฮเดรตและคาร์โบไฮเดรตผสมโปรตีน ไอวีและคนอื่น ๆ สรุปว่า การได้รับโปรตีนผสมกลูโคสช่วยเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจนได้ดีกว่าการได้รับคาร์โบไฮเดรตเพียงอย่างเดียว

งานวิจัยในประเทศ

วิวัฒน์ ภิรมย์รัตน์ (2526 : บทคัดย่อ) ศึกษาถึงอิทธิพลของอุณหภูมิร่างกายที่ดื่มหลังการออกกำลังกายที่มีต่อระยะเวลาการฟื้นตัวของชีพจร โดยให้ผู้เข้ารับการทดลองออกกำลังกายด้วยการก้าวขึ้นลงจากม้านั่งสูง 42 เซนติเมตร ด้วยอัตราความเร็ว 30 รอบต่อนาที ติดต่อกันเป็นเวลา 15 นาที จึงให้พักแล้วใช้วิธีทดลองดื่มน้ำเย็น น้ำธรรมดา ไม่ดื่มน้ำ และน้ำอุ่น การดื่มน้ำให้ปริมาตร 0.5 ลิตร ภายใน 3 นาที พร้อมกับ

วัดชีพจรเพื่อตรวจสอบระยะเวลาในการฟื้นตัวถึงภาวะปกติ ผลการทดลองปรากฏว่า การดื่มน้ำธรรมดาหลังจากออกกำลังกายทำให้ระยะเวลาการฟื้นตัวของชีพจรกลับสู่สภาพปกติได้เร็วที่สุด ส่วนการดื่มน้ำเย็น น้ำอุ่น และไม่ดื่มน้ำ ให้ผลรองลงมาตามลำดับ

ศิริพร ทองศิริ (2529 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาอัตราชีพจรและปริมาณกรดแลคติกในเลือดในช่วงการฟื้นตัวโดยวิธีพักเฉย ๆ กับพักแบบไม่หยุดนิ่ง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาของการฟื้นตัวและปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายหลังจากออกกำลังกาย เมื่อฟื้นตัวโดยวิธีนั่งเฉย ๆ และการพักแบบไม่หยุดนิ่งด้วยการถีบจักรยานเบา ๆ และการก้ม-เงย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเป็นนักศึกษาชายปีที่ 1 ของวิทยาลัยพลศึกษา จังหวัดยะลา ปีการศึกษา 2529 จำนวน 20 คน ซึ่งสุ่มมาอย่างง่าย

กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดลองโดยการถีบจักรยานวัดงานตามโปรแกรมและหยุดพักตามวิธีการที่กำหนด พร้อมกับจับชีพจรเพื่อหาระยะเวลาของการฟื้นตัว และตรวจตัวอย่างเลือดเพื่อหาปริมาณกรดแลคติกในเลือดในช่วงการฟื้นตัวดังกล่าว

หลังจากได้กระทำข้อมูลตามเชิงสถิติแล้ว ปรากฏผลดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาของการฟื้นตัวของทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ .01

2. ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีการถีบจักรยานเบา ๆ และวิธีการก้ม-เงย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีถีบจักรยานเบา ๆ และวิธีนั่งพักเฉย ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีการก้ม-เงย และวิธีนั่งเฉย ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีการถีบจักรยานเบา ๆ น้อยที่สุด วิธีการก้ม-เงย รองลงมา และวิธีนั่งพักเฉย ๆ มากที่สุด

6. ปริมาณของกรดแลคติกในเลือดของการฟื้นตัวทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นงลักษณ์ เหลืองวิชเชจริญ (2529 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายชนิดจรวดกับการถีบจักรยานที่มีผลต่อความทนทานของหัวใจ และการไหลเวียนโลหิต โดยมีกลุ่มผู้เข้ารับการทดลองจำนวน 36 คน, อายุ 30-39 ปี ผู้เข้ารับการทดลองถูกแบ่งโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มชนิดจรวด 21 คน และกลุ่มถีบจักรยาน 15 คน ซึ่งผู้เข้าทดลองทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของทุกอย่างด้วยวิธีการทางสถิติ ผู้เข้ารับการทดลองจะได้รับการทดสอบสมรรถภาพของหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกาย สำหรับกลุ่มชนิดจรวดจะต้องออกกำลังกายโดยใช้กล้ามเนื้อสลับสับเปลี่ยนกันหลายสถานีโดยไม่ซ้ำกันเพื่อเลี่ยงการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ การออกกำลังกายชนิดจรวดจะใช้น้ำหนักขนาดเบา (ประมาณ 40% ของน้ำหนักสูงสุด) และให้ทำแต่ละสถานีโดยใช้เวลาสถานีละ 30 วินาที, พัก 10 วินาที เพื่อย้ายเปลี่ยนสถานีต่อไปจนครบทุกสถานี ทั้งสองกลุ่มทดลองจะต้องใช้เวลาในการออกกำลังกาย 6 สัปดาห์ โดยกำหนดให้ความเข้มข้นของการออกกำลังกายเป็น 75 % ของความสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุดนานครั้งละ 30 นาที, สัปดาห์ละ 3 วัน, กลุ่มที่ถีบจักรยานก็ให้ออกกำลังกายโดยการถีบจักรยานด้วยความเข้มของการออกกำลังกายและระยะเวลาที่เท่ากัน

การวิจัยครั้งนี้ต้องการหาความเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) จำนวน Met สูงสุด, PWC_{170} และ O_2 Pulse ก่อน และหลังการออกกำลังกายในทั้งสองกลุ่ม ได้พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นในกลุ่มออกกำลังกายชนิดวงจร และกลุ่มถีบจักรยานเป็น 26.31 ± 15.5 และ 27.92 ± 12.26 %ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ($P < .001$) ของการดีขึ้นของระบบหัวใจ และการไหลเวียนของโลหิต แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของ 2 กลุ่ม อย่างไรก็ตามกลุ่มออกกำลังกายชนิดวงจรสามารถออกกำลังกายได้ง่ายกว่าและมีความเมื่อยล้าต่อหัวใจและกล้ามเนื้อของร่างกายน้อยกว่า

สรุปได้ว่าการผสมผสานของการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่กับกล้ามเนื้อมัดเล็กสลับกันในการออกกำลังกายที่ใช้ในกลุ่มออกกำลังกายชนิดวงจรนี้ ได้พิสูจน์ให้เห็นว่ามีการเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดซึ่งมีผลดีต่อหัวใจ และระบบการไหลเวียนโลหิต

ศิริพร ทองศิริ (2529 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาอัตราชีพจรและปริมาณกรดแลคติกในเลือดในช่วงการฟื้นตัวโดยวิธีพักเฉย ๆ กับพักแบบไม่หยุดนิ่ง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาของการฟื้นตัวและปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายหลังจากออกกำลังกาย เมื่อฟื้นตัวโดยวิธีนั่งเฉย ๆ และการพักแบบไม่หยุดนิ่งด้วยการถีบจักรยานเบา ๆ และการก้ม-เงย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเป็นนักศึกษาชายปีที่ 1 ของวิทยาลัยพลศึกษา จังหวัดยะลา ปีการศึกษา 2529 จำนวน 20 คน ซึ่งสุ่มมาอย่างง่าย

กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดลองโดยการถีบจักรยานวัดงานตามโปรแกรมและหยุดพักตามวิธีการที่กำหนด พร้อมกับจับชีพจรเพื่อหาระยะเวลาของการฟื้นตัว และตรวจตัวอย่างเลือดเพื่อหาปริมาณกรดแลคติกในเลือดในช่วงการฟื้นตัวดังกล่าว

หลังจากได้กระทำข้อมูลตามเชิงสถิติแล้ว ปรากฏผลดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาของการฟื้นตัวของทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีการถีบจักรยานเบา ๆ และวิธีการก้ม-เงย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีถีบจักรยานเบา ๆ และวิธีนั่งพักเฉย ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
4. ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีการก้ม-เงย และวิธีนั่งเฉย ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
5. ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีการถีบจักรยานเบา ๆ น้อยที่สุด วิธีการก้ม-เงย รองลงมา และวิธีนั่งพักเฉย ๆ มากที่สุด
6. ปริมาณของกรดแลคติกในเลือดของการฟื้นตัวทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โรม วงศ์ประเสริฐ (2533 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลของการดื่มน้ำมะนาว น้ำส้ม และเครื่องดื่มนักกีฬา ที่มีต่อสมรรถภาพในการทำงานของร่างกาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพในการทำงานของร่างกายใต้ 4 สภาวะ คือ สภาวะการให้น้ำ น้ำมะนาว น้ำส้ม และเครื่องดื่มนักกีฬาแก่ร่างกายขณะทำงาน ผู้เข้ารับการทดลองเป็นนักกีฬาระดับคณะหรือมหาวิทยาลัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 12 คน ได้รับการทดลองให้มีสมรรถภาพใกล้เคียงกันโดยขี่จักรยานวัดงาน จนอัตราการเต้นของหัวใจ

ใจสูงถึง 170 ครั้งต่อนาที (PWC_{170}) ผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 12 คน ได้ถูกกำหนดภาวะการทดลองคนละ 4 ภาวะตามแบบของจตุรัสสมดุล (Balanced Square Design) ในการทดสอบให้ผู้เข้ารับการทดลองถีบจักรยาน วดงานแบบโมนาร์คตามจังหวะ 50 รอบต่อนาที ในห้องปรับอากาศ ในปริมาณงานหนัก 70 % ของ PWC_{170} ของแต่ละคนจากการทดลองเบื้องต้น ให้ภาวะการทดลองทั้ง 4 ภาวะ ทุก 10-15 นาที จนไม่สามารถทำงานได้ นำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) ผลการวิจัยพบว่า สมรรถภาพในการทำงานของร่างกาย ภายใต้ 4 ภาวะ คือ ภาวะการให้น้ำ น้ำส้ม และเครื่องดื่มนักกีฬาแก่ร่างกายขณะทำงาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชาติรี อุทัยลาวัณย์ (2536 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลของเครื่องดื่มเกลือแร่ (เกเตอเรด) และผงเกลือแร่ละลายน้ำ (ORS) เปรียบเทียบกับการดื่มน้ำเปล่า ขณะออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง (สลับกับการพัก) เป็นระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา และต่อสมรรถภาพความทนทานของนักกีฬาชายจำนวน 7 คน อายุระหว่าง 17-22 ปี นักกีฬาแต่ละคนจะถูกทดสอบ 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกันนาน 1 สัปดาห์ และได้รับเครื่องดื่มในระหว่างการออกกำลังกาย ต่างชนิดกัน อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขณะทดสอบมีค่าระหว่าง 25-27 °C และ 65 – 68 % ตามลำดับ ในการทดสอบแต่ละครั้ง ผู้เข้ารับการทดสอบเริ่มต้นด้วยการนั่งพักบนจักรยานนาน 15 นาที แล้วปั่นจักรยานที่ความถี่ 50 รอบต่อนาที ที่ระดับความหนักของงานเท่ากับ 70 % ของอัตราเต้นสูงสุดของหัวใจ เป็นเวลา 15 นาที และปั่นจักรยานต่อเนื่องที่ระดับความหนักของงานเท่ากับ 75 % ของอัตราเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลานาน 15 นาที อีก 4 ครั้ง โดยแต่ละครั้งสลับด้วยการพักนาน 5 นาที ก่อนเริ่มต้นการปั่นจักรยานครั้งสุดท้ายที่ระดับความหนักของงานเท่ากับ 80 % ของอัตราเต้นสูงสุดของหัวใจจนกระทั่งหมดแรง ผู้เข้ารับการทดสอบพักนาน 15 นาที ในการปั่นจักรยานครั้งสุดท้ายนี้ ผู้เข้ารับการทดสอบต้องพยายามปั่นจักรยานให้นานที่สุดเท่าที่จะนานได้จนกว่าจะหมดแรง ในช่วงเวลาของการพักแต่ละครั้งให้ผู้เข้ารับการทดสอบดื่มเครื่องดื่มในปริมาณ 2 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของโซเดียม, โปตัสเซียม, กรดแลคติก, ความเข้มข้นของโปรตีนในเลือด, ความเป็นกรด-ด่างของเลือด, การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของพลาสมา, อัตราการเต้นของหัวใจ, ระดับความเหนื่อยล้า และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของร่างกายนักกีฬา ในระหว่างและหลังการทดสอบทันที อันเนื่องมาจากการดื่มเครื่องดื่มเกลือแร่ต่างชนิดกันไม่แตกต่างกันจากการดื่มน้ำเปล่า และพบว่าในการทดสอบแต่ละครั้งความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด และความเป็นกรดของเลือดในระหว่างและหลังการออกกำลังกายทันที มีค่าสูงกว่าก่อนออกกำลังกาย ในการทดสอบด้วยน้ำเปล่าพบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเลือดในระหว่างการออกกำลังกายต่ำกว่าค่าที่วัดได้ก่อนออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจและระดับความเหนื่อยล้าของนักกีฬาในทุกการทดสอบสูงขึ้นเป็นลำดับระหว่างการออกกำลังกาย และถึงจุดสูงสุดในระหว่างการปั่นจักรยานครั้งสุดท้ายในระดับความหนักสูงสุดที่ 80 % ของอัตราเต้นสูงสุดของหัวใจ ระยะเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานได้นานที่สุดจนหมดแรงที่ระดับความหนัก 80 % นี้ ในการทดสอบด้วยน้ำเปล่า, เกเตอเรด และผงเกลือแร่ละลายน้ำเท่ากับ 342.7 ± 54 , 380.9 ± 74 และ 352.7 ± 74 วินาทีตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในการทดสอบด้วยน้ำเปล่าพบว่า เวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานในช่วงสุดท้ายมีความสัมพันธ์กับอัตราเต้นของหัวใจ ($r = 0.793$, $P < .05$) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของปริมาตร พลาสมา ($r = 0.685$, $P < .05$) ในการทดสอบด้วยเกเตอเรดพบว่าเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานช่วงสุดท้ายมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดหลังการออกกำลังกาย ($r = 0.887$,

$P < .01$) และอัตราการเต้นของหัวใจขณะปั่นจักรยานด้วยความหนักสูงสุด ($r = 0.857$, $P < .01$) ในการทดสอบด้วยผงเกลือแร่ (ORS) พบว่าเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานช่วงสุดท้ายมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($r = -0.701$, $P < .05$) และได้หาค่าความสัมพันธ์ของการทดสอบรวมทุกกลุ่ม พบว่า เวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานช่วงสุดท้ายมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ($r = 0.419$, $P < .05$) เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงปริมาตรพลาสมา ($r = -0.439$, $P < .05$) และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($r = -0.450$, $P < .05$) และยังพบว่าเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานช่วงสุดท้ายมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดหลังการออกกำลังกาย ($r = 0.650$, $P < .01$) และอัตราการเต้นของหัวใจหลังออกกำลังกายทันที ($r = 0.675$, $P < .01$) จากการศึกษาที่สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา และสมรรถภาพความทนทานของนักกีฬาอันเนื่องมาจากการดื่มเกเดอเรตหรือผงเกลือแร่ (ORS) ในขณะออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง (สลับด้วยการพัก) เป็นเวลานานประมาณ 105 นาที ในสภาวะอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 25°C และ 66 % ตามลำดับ ไม่แตกต่างกับการดื่มน้ำเปล่า

มาลินี คล่องเชิงสาร (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาระยะเวลาการฟื้นตัวกลับสู่สภาพปกติของอัตราชีพจรหลังการออกกำลังกายของนักเรียน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาระยะเวลาการฟื้นตัวกลับสู่สภาพปกติของอัตราชีพจรหลังการออกกำลังกายของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงระดับประถมศึกษาแต่ละชั้นปี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ นักเรียนระดับประถมศึกษาชั้นปีที่ 4, 5 และ 6 ของโรงเรียนประถมศึกษาในเขตอำเภอนครชัยศรี แยกเป็นเพศชายและเพศหญิงชั้นปีละ 60 คน รวมจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 360 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) แล้วทำการทดสอบหาระยะเวลาการฟื้นตัวกลับสู่สภาพปกติของอัตราชีพจรหลังการออกกำลังกายโดยแบบทดสอบการคืนสู่สภาพปกติของอัตราชีพจรของคาสค์ (Kasch Pulse Recovery Test) และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (F-test One-Way Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติที (t-test Independent)

ผลการศึกษาพบว่า

1. ระยะเวลาการฟื้นตัวกลับสู่สภาพปกติของอัตราชีพจรหลังการออกกำลังกายของนักเรียนชายระดับประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 118.48, 121.20 และ 119.23 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.65, 21.63 และ 22.68 ตามลำดับ
2. ระยะเวลาการฟื้นตัวกลับสู่สภาพปกติของอัตราชีพจรหลังการออกกำลังกายของนักเรียนหญิงระดับประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 129.88, 134.70 และ 135.72 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 24.37, 17.74 และ 21.68 ตามลำดับ
3. ระยะเวลาฟื้นตัวกลับสู่สภาพปกติของอัตราชีพจรหลังการออกกำลังกายของนักเรียนชายกับนักเรียนหญิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
4. ระยะเวลาการฟื้นตัวกลับสู่สภาพปกติของอัตราชีพจรหลังการออกกำลังกายของนักเรียนชายแต่ละชั้นปีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
5. ระยะเวลาการฟื้นตัวกลับสู่สภาพการปกติของอัตราชีพจรหลังการออกกำลังกายของนักเรียนหญิงแต่ละชั้นปีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มานพ กลิ่นทรัพย์ (2539 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลการฝึกความอดทนที่มีต่อสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดและการเปลี่ยนแปลงสารเคมีในเลือด ก่อนการฝึกความอดทน หลังการฝึกความ

อดทนในสัปดาห์ที่ 5 และหลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 9

เครื่องมือที่ใช้ฝึกความอดทน เป็นโปรแกรมการฝึกด้วยจักรยานวัดงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชาย จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตอุเทนถวาย อายุระหว่าง 16-18 ปี มีสุขภาพสมบูรณ์และไม่เป็นนักกีฬา จำนวน 30 คน ทำการขี่จักรยานวัดงาน สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 20 นาที เป็นเวลา 9 สัปดาห์ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้สถิติเอฟ

ผลการวิจัยพบว่า

1. สมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุด ก่อนการฝึกความอดทนกับหลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุด ก่อนการฝึกความอดทนกับหลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 9 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสมรรถภาพการจับออกซิเจนหลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 5 กับหลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 9 ไม่มีความแตกต่างกัน

2. ระดับไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง ก่อนการฝึกความอดทนกับหลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 5 ไม่แตกต่างกัน ระดับไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูงก่อนการฝึกความอดทนกับหลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 9 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และระดับไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง หลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 5 กับหลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 9 ไม่แตกต่างกัน

3. ระดับไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ ก่อนการฝึกความอดทน หลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 5 หลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 9 ไม่แตกต่างกัน

4. ระดับไตรกลีเซอไรด์ ก่อนการฝึกความอดทน หลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 5 หลังการฝึกความอดทนในสัปดาห์ที่ 9 ไม่แตกต่างกัน

จิรพันธ์ สุวรรณารี (2543 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลของอะลานีนต่อการดูดซึม ฟรุคโตสในภาวะออกกำลังกาย และต่อประสิทธิภาพการออกกำลังกาย โดยได้ทำการทดลองแบบดับเบิลบไลนด์แรนดอม ไรซ์ดีไซน์ (Double blind randomized design) อาสาสมัครเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยที่เข้าร่วมการแข่งขันกีฬาระหว่างมหาวิทยาลัย และฝึกซ้อมสม่ำเสมอตลอดการทดลองจำนวน 8 คน ได้มีการจัดเครื่องดื่ม 4 ชนิดได้แก่ 6% ฟรุคโตส (F), 6% กลูโคส (G), 6% ฟรุคโตสกับอะลานีนที่มีจำนวนโมลครึ่งหนึ่งของฟรุคโตส (Fa) และ 6% ฟรุคโตสกับอะลานีนที่มีจำนวนโมลเท่ากับฟรุคโตส (FA) ในปริมาณ 500 ซีซี 45 นาทีก่อนการออกกำลังกาย และ 350 ซีซี เมื่อเริ่มการออกกำลังกาย ปริมาณกลูโคสหรือฟรุคโตสที่ได้รับในแต่ละการทดลองจะได้เท่ากันเป็นปริมาณ 51 กรัม โดยมีความเข้มข้นของอนุภาคในเครื่องดื่ม (Osmolality) 413 ± 6.6 , 438 ± 3.85 , 594 ± 14.93 , และ 778 ± 12.47 mmol/L ในกลุ่มกลูโคส (G), ฟรุคโตส (F), ฟรุคโตสกับอะลานีนที่มีจำนวนโมลครึ่งหนึ่งของฟรุคโตส (Fa) และ ฟรุคโตสกับอะลานีนที่มีจำนวนโมลเท่ากับฟรุคโตส (FA) ตามลำดับประสิทธิภาพการออกกำลังกายวัดโดยการให้อาสาสมัครวิ่งบนสายพานเลื่อนที่ 70% ของประสิทธิภาพการออกกำลังกายสูงสุดเป็นเวลา 60 นาที จากนั้นเพิ่มการวิ่ง 10% ทุก 5 นาทีจนกระทั่งไม่สามารถวิ่งต่อไป

ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจและระดับความเหนื่อยในขณะออกกำลังกาย น้ำหนักตัวที่ลดลงหลังการทดลอง ปริมาณแลคเตท ปริมาณไขมันอิสระ และความเข้มข้นของอนุภาคในเลือด และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพลาสมา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับน้ำตาลและอินซูลิน

ในเลือดในกลุ่มกลูโคส (G) เพิ่มขึ้นสูงที่ 15 นาทีหลังจากการได้รับเครื่องต้มครั้งแรก และพบว่าแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) ผลจากการวัดก๊าซไฮโดรเจนในลมหายใจพบว่าในกลุ่มฟรุคโตส (F) เพิ่มขึ้นสูงกว่าอีก 3 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) ถึงแม้ว่าอาสาสมัคร 4 คนต้องหยุดวิ่งก่อนที่จะถึงเวลาเหนื่อยที่สุด เนื่องจากท้องเสียในกลุ่มฟรุคโตส (F) และ แน่นท้องมากในกลุ่มฟรุคโตสกับอะลานีนที่มีจำนวนโมลเท่ากับฟรุคโตส (FA) ระยะเวลาการวิ่งของอาสาสมัครที่เหลืออีก 4 คน 74.00 ± 5.05 , 73.75 ± 5.30 , 72.25 ± 3.68 และ 74.75 ± 3.35 นาที ในกลุ่มกลูโคส (G), ฟรุคโตส (F), ฟรุคโตสกับอะลานีนที่มีจำนวนโมลครึ่งหนึ่งของฟรุคโตส (Fa) และ กลุ่มฟรุคโตสกับอะลานีนที่มีจำนวนโมลเท่ากับฟรุคโตส (FA) นั้นซึ่งพบว่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นอะลานีนมีส่วนช่วยในการดูดซึมฟรุคโตสในภาวะออกกำลังกายจากการวิ่งที่พบว่าปริมาณไฮโดรเจนในลมหายใจลดลง แต่ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการออกกำลังกายเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องต้มกลูโคส อย่างไรก็ตามการได้รับฟรุคโตสในปริมาณ 51 กรัม และมีความเข้มข้นของอนุภาคในเครื่องต้มสูง ($788 \pm 12.47 \text{ mmol/L}$) อาจก่อให้เกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์จนมีผลต่อประสิทธิภาพการออกกำลังกายได้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ นิสิตชายคณะพลศึกษา ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จังหวัดนครนายก จำนวน 10 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. จักรยานวัดงาน (Monark Ergomedic 839 E)
2. นาฬิกาจับเวลา
3. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Monitor)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก และวัดส่วนสูง (TBF-511 Body Fat Analyzer/Scale)
5. เครื่องมือเจาะตัวอย่างเลือด
6. เครื่องมือวัดระดับกรดแลคติกจากตัวอย่างเลือด (YSI 2300 Stat Plus)
7. เครื่องมือวัดระดับน้ำตาลในเลือด (Accutrend GCT)

วิธีดำเนินการทดลอง

1. การทดลองเบื้องต้น

1.1 ก่อนที่จะทำการทดสอบให้ผู้รับการทดลองลงนามในหนังสือยินยอม (ภาคผนวก ก) ที่จะเป็นผู้รับการทดลองและตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับสุขภาพและการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ข) พร้อมทั้งอธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ในการทดสอบและการทดลองให้ผู้รับการทดลองได้ทราบและเข้าใจร่วมกัน เพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์ของผลการทดลอง

1.2 ก่อนที่จะทำการทดลอง 1 สัปดาห์ให้ทำการทดสอบเบื้องต้นเพื่อคำนวณหาความหนักของงานในการปั่นจักรยานวัดงานของผู้เข้ารับการทดลองแต่ละคนนั้น ซึ่งคำนวณจากค่าอัตราความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) โดยให้ผู้เข้ารับการทดลองปั่นจักรยานวัดงานเริ่มต้นที่ระดับความหนัก 30 วัตต์ ด้วยความเร็ว 60 รอบ/นาที ค่าความแตกต่างไม่เกิน 5 รอบต่อนาที จนครบ 2 นาทีต่อจากนั้นให้เพิ่มความหนักอีก 30 วัตต์ ทุก ๆ 2 นาที ปฏิบัติเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง

1.2.1 ไม่สามารถรักษาระดับความเร็วรอบที่ 60 รอบ/นาที ค่าความแตกต่างไม่เกิน 5 รอบต่อนาทีได้

1.2.2 ระดับอัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้ารับการทดลองมีค่าใกล้เคียงอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) โดยมีค่าความแตกต่าง $\pm 10\%$ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ($HR_{max} = 220 - \text{อายุ}$)

1.2.3 ผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติจนหมดแรง

หากผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติจนมีผล 2 ใน 3 เกณฑ์ข้างต้นถือว่าเป็นความสามารถในการปั่นจักรยานโดยมีค่าความหนักสูงสุดที่แต่ละคนทำได้ และทำการคำนวณหาความสามารถในการปั่นจักรยานโดยมีค่าความหนักสูงสุดที่แต่ละคนทำได้ตามสูตรดังนี้

$$W_{\max} = W_{\text{out}} + (T/120) \times 30$$

W_{out} = ระดับความหนักสุดท้ายที่ปั่นครบ 2 นาที

T = เวลาที่ระดับความหนักสุดท้าย (วินาที)

นำค่าความสามารถในการปั่นจักรยานโดยมีค่าความหนักสูงสุดที่แต่ละคนทำได้ (วัตต์) มาคำนวณหาความสามารถในการจับออกซิเจนได้สูงสุด ($VO_{2\max}$) ตามสูตรคำนวณดังนี้

$$VO_{2\max}(\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}) = \text{kgm} \cdot \text{min}^{-1} \times 2 \text{ml} \cdot \text{kgm}^{-1} + [3.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times \text{body mass}(\text{kg})]$$

และนำผลที่ได้นำไปคำนวณหาระดับความหนักที่ 70 % ในการทดลองของผู้เข้ารับการทดลองแต่ละคนต่อไป

ตาราง 2 แสดงสถานภาพของผู้รับการทดลอง

บุคคลที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง
1	21	63.4	170
2	20	67	179
3	20	59.6	167
4	19	65.4	169
5	20	58.4	180
6	21	59.2	174
7	20	46.6	168
8	20	73.6	181
9	20	62.2	176
10	20	56.2	168

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวก่อนที่จะถึงวันทดสอบให้ผู้เข้ารับการทดลองงดอาหาร และงดเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนผสม เช่น ชา กาแฟ น้ำอัดลม ยกเว้นน้ำดื่ม โดยให้เริ่มงดตั้งแต่หลัง 24.00 น. เป็นต้นไปจนกระทั่งถึงเวลาที่ทำการทดสอบในวันรุ่งขึ้น

2.2 เริ่มทำการทดสอบในเวลา 7.00 น. โดยเริ่มจากการตรวจร่างกายในวันเข้าร่วมทดลอง และบันทึกผล (ภาคผนวก ค) จากนั้นให้ทำการสูดตัวอย่างสารละลายที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย การให้ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A), การให้ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซิ่น) ในอัตรา

ให้สารละลายในปริมาณ 2 มิลลิลิตร/กิโลกรัมของน้ำหนักตัว และนั่งพักบนจักรยานวัดงาน 15 นาที ทำการปรับระดับที่นั่งให้เหมาะสม เมื่อครบแล้วทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่พัก เจาะเลือดหาระดับกรดแลคติกและระดับน้ำตาลในเลือดในขณะที่พัก นำผลที่ได้บันทึกลงในบันทึกผลการทดลอง (ภาคผนวก จ)

2.3 ให้ผู้เข้ารับการทดลองปั่นจักรยานวัดงานเพื่อทำการอบอุ่นร่างกายประมาณ 2-3 นาที ที่ระดับความหนัก 50 วัตต์ หลังจากนั้นให้ปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 70 % ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) ที่ความเร็วรอบ 60 รอบ/นาที ปั่นไปจนกระทั่ง

2.3.1 ไม่สามารถรักษาระดับความเร็วรอบที่ 60 รอบ/นาที ค่าความแตกต่างไม่เกิน 5 รอบต่อนาทีได้

2.3.2 ระดับอัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้ารับการทดสอบมีค่าใกล้เคียงอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) โดยมีค่าความแตกต่าง $\pm 10\%$ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ($HR_{max} = 220 - \text{อายุ}$)

2.3.3 ผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติจนหมดแรง

หากผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติจนมีผล 2 ใน 3 เกณฑ์ข้างต้นถือว่าสิ้นสุดการทดลองในครั้งนั้น แต่ถ้าผู้รับการทดลองสามารถปั่นได้จนกระทั่งถึง 60 นาทียังไม่เข้าเกณฑ์ ให้เพิ่มระดับความหนักต่อไปเรื่อย ๆ โดยให้เพิ่มความหนักที่ระดับ 25 วัตต์ ทุก ๆ 2 นาที จนไม่สามารถปั่นจักรยานวัดงานต่อไปได้

2.4 ในระหว่างที่ผู้รับการทดลองปั่นจักรยานให้ดื่มเครื่องดื่มที่ได้จากการสุ่มในครั้งแรกในปริมาณ 2 มิลลิลิตร/กิโลกรัมของน้ำหนักตัว ในทุก ๆ 15 นาที และให้ทำการเจาะเลือดจากปลายนิ้วเพื่อหาระดับกรดแลคติก, ระดับน้ำตาลในเลือด และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และทำการบันทึกผลการทดลอง ทุก ๆ 10 นาที

2.5 ในระหว่างที่ให้เครื่องดื่มในช่วงทุก ๆ 10 นาที ให้ทำการวัดค่าระดับความเหนื่อยในช่วงต่าง ๆ (Ratings of Perceived Exertion : RPE) จากหน้าปัดจักรยานวัดงานและทำการบันทึกผล (ภาคผนวก ง)

2.6 หลังจากที่ไม่สามารถปั่นจักรยานวัดงานได้โดยเข้าหลักเกณฑ์ 2 ใน 3 ข้อข้างต้น ให้ทำการบันทึกผลในขณะที่พักโดยทันที โดยให้ทำการวัดระดับกรดแลคติก, ระดับน้ำตาลในเลือด, อัตราการเต้นของหัวใจ, ช่วงระยะเวลาทั้งหมดที่สามารถปั่นจักรยานวัดงานได้ และชั่งน้ำหนักเพื่อหาระดับของการสูญเสีย น้ำ

2.7 นำผลที่ได้ทั้งหมดบันทึกลงในใบบันทึกผลการทดลองหลังจากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดลองพัก 1 สัปดาห์ และให้ทำการทดลองใหม่อีกครั้งเหมือนกันกับข้อ 2.1 - 2.6 โดยให้ดื่มเครื่องดื่มที่เหลือโดยให้ครั้งละปริมาณ 2 มิลลิลิตร/กิโลกรัมของน้ำหนักตัวเหมือนเดิม และทำการบันทึกผลที่ได้

2.8 หลังจากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดลองพัก 1 สัปดาห์ และให้ทำการทดลองใหม่อีกครั้งเหมือนกันกับข้อ 2.1 - 2.6 โดยให้เครื่องดื่มชนิดที่เหลือจากให้เครื่องดื่มทั้งสองครั้ง โดยแบ่งให้ในปริมาณ 2 มิลลิลิตร/กิโลกรัมของน้ำหนักตัว เช่นเดิม และทำการบันทึกผลที่ได้

2.9 นำผลการทดลองมาเปรียบเทียบ และวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ขอบันฑิตวิทยาลัยออกหนังสือถึงคณบดีคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อ

ขออนุมัติใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบ

3. อธิบายวิธีการทดลองแก่ผู้ช่วยการทดลอง และผู้รับการทดลองเพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการทดลอง และรายละเอียดอื่น ๆ
4. จัดทำใบบันทึกผลการทดลองของผู้รับการทดลองเป็นรายบุคคล เมื่อได้ข้อมูลแล้วนำมาบันทึกผลในใบผลรวม เพื่อหาค่าสถิติแล้วนำมาวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยต่อไป

วิธีจัดกระทำกับข้อมูล

1. หาค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูล
 - 1.1 หาค่าเฉลี่ย (Mean)
 - 1.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
2. ทดสอบความแตกต่างของค่าต่าง ๆ ที่เป็นผลของการดื่ม น้ำ (เครื่องดื่ม A), การดื่มเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % และผสมกรดอะมิโนลิวซีน 7 กรัม/น้ำ 1 ลิตร (เครื่องดื่ม B) และการดื่มเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบสองทาง (Two Way Analysis Of Variance) แบบพรายแมนเทสท์ (Friedman Test) ซึ่งได้แก่
 - 2.1 ระดับกรดแลคติกในเลือด
 - 2.2 ระดับอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate)
 - 2.3 ระดับน้ำตาลในเลือด
 - 2.4 ระดับค่าความเหนื่อย (Ratings of Perceived Exertion : RPE)
 - 2.5 การสูญเสีย น้ำ (ผลของการชั่งน้ำหนัก)
 - 2.6 ระยะเวลาที่สามารถปั่นจักรยานวัดงาน (Time Performance)
3. ทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยทีละคู่หลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวน (Multiple Comparison or Post HOC Comparison) โดยวิธีของวิลคอกสัน (Wilcoxon Signed Ranks Test)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาเรื่อง ผลของการได้รับกรดอะมิโน (ลิวซีน) ที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทาน โดยทำการทดลองในนินิตชาย คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จำนวน 10 คน ซึ่งดื่มเครื่องดื่ม 3 ชนิด ที่มีส่วนประกอบแตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ระดับกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับน้ำตาลในเลือด ค่าความเหนื่อย และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักร่างกาย ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง เมื่อนำข้อมูลจากผู้รับการทดลองมาวิเคราะห์ผลตามวิธีทางสถิติ แล้วนำผลการวิเคราะห์เสนอต่อไปนี้

ตาราง 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับกรดแลคติกในเลือดของผู้ถูกทดลองที่ได้รับเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิดที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง

เครื่องดื่ม	N	$\bar{X}$	SD	X^2	P
น้ำเปล่า (A)	10	7.56	1.52	7.80	0.02
น้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (B)	10	5.51	2.49		
การให้ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6% (C)	10	5.53	2.21		

จากผลการวิเคราะห์ดังตาราง 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยระดับกรดแลคติกของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) โดยผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) มีค่าเฉลี่ยของระดับกรดแลคติกในเลือดมากกว่าผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) ซึ่งต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเป็นรายคู่ต่อไปนี้ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงการเปรียบเทียบรายคู่ของค่าเฉลี่ยของระดับกรดแลคติกของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด

เครื่องดื่ม	$\bar{XA}$	$\bar{XB}$	$\bar{XC}$
น้ำเปล่า (A)		*	*
น้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (B)			
การให้ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6% (C)			

จากผลการวิเคราะห์รายคู่เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับกรดแลคติกในเลือดของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มแต่ละชนิด ณ เวลาสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) จากผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และการให้ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C)

ตาราง 5 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดลองที่ได้รับเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิดที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง

เครื่องดื่ม	N	$\bar{X}$	SD	X^2	P
น้ำเปล่า (A)	10	170.00	12.07	3.744	0.154
น้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (B)	10	161.20	12.52		
การให้ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (C)	10	163.60	13.90		

จากผลการทดลองตาราง 5 พบว่า ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดลอง ณ เวลาสิ้นสุดการทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A), ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) แต่พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) มีแนวโน้มที่มีค่ามากกว่าเครื่องดื่มชนิดอื่น

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ถูกทดลองที่ได้รับเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง

เครื่องดื่ม	N	$\bar{X}$	SD	X^2	P
น้ำเปล่า (A)	10	97.00	18.84	0.20	0.91
น้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (B)	10	96.60	14.26		
การให้ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (C)	10	97.70	12.07		

จากตาราง 6 พบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) โดยค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน

ตาราง 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความเหนียวของผู้ถูกทดลองที่ได้รับเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง

เครื่องดื่ม	N	$\bar{X}$	SD	X^2	P
น้ำเปล่า (A)	10	16.80	0.92	1.86	0.39
น้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (B)	10	16.40	1.65		
การให้ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (C)	10	17.40	1.51		

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 7 พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าความเหนียวของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) โดยค่าเฉลี่ยค่าความเหนียวของเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน

ตาราง 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด

เครื่องดื่ม	N	$\bar{X}$	SD	X^2	P
น้ำเปล่า (A)	10	29.00	10.20	14	0.001
น้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (B)	10	50.85	20.09		
การให้ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (C)	10	46.96	15.24		

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 8 พบว่า ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานของผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A), ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) โดยพบว่าผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานน้อยกว่าผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) ซึ่งต้องทำการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไปเพื่อทดสอบรายคู่ว่าคู่ใดที่มีความแตกต่างทางสถิติดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงการเปรียบเทียบรายค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด

เครื่องดื่ม	$\bar{X}_A$	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_C$
น้ำเปล่า (A)		*	*
น้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (B)			
การให้ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (C)			

จากผลการวิเคราะห์รายค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานในเครื่องดื่มแต่ละชนิด พบว่า ผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) จากผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C)

ตาราง 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด

เครื่องดื่ม		N	$\bar{X}$	SD	df	P
น้ำเปล่า (A)	ก่อนการทดลอง	10	60.44	7.09	9	0.07
	หลังการทดลอง	10	60.28	7.08		
น้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (B)	ก่อนการทดลอง	10	59.9	6.71	9	0.048
	หลังการทดลอง	10	59.68	6.74		
การให้ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (C)	ก่อนการทดลอง	10	60	6.72	9	0.024
	หลังการทดลอง	10	59.78	6.63		

จากตาราง 10 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำหนักร่างกายของผู้ถูกทดลองที่ได้รับเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการทดลอง ซึ่งมีค่ามากกว่าหลังการทดลอง โดยผลการทดลองในผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) แต่ผลการทดลองในเครื่องดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) ไม่พบความแตกต่างความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการให้กรดอะมิโน (ลิวซีน) ที่มีต่อประสิทธิภาพความทนทานในการออกกำลังกาย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ เป็นนิสิตชายคณะพลศึกษาชั้นปีที่ 2 วิชาเอกพลศึกษา ปีการศึกษา 2546 ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จังหวัดนครนายก จำนวน 10 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. จักรยานวัดงาน (Monark Ergomedic 893 E 1999)
2. นาฬิกาจับเวลา
3. เครื่องวัดความเหนื่อย (Heart Rate Monitor)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก และวัดส่วนสูง (TBF-511 Body Fat Analyzer/Scale)
5. เครื่องมือเจาะตัวอย่างเลือด
6. เครื่องมือวัดระดับกรดแลคติกจากตัวอย่างเลือด (YSI 2300 Stat Plus)
7. เครื่องมือวัดระดับน้ำตาลในเลือด (Accutrend GCT)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูล
 - 1.1 หาค่าเฉลี่ย (Mean)
 - 1.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
2. ทดสอบความแตกต่างของค่าต่าง ๆ ที่เป็นผลของการให้น้ำ (เครื่องดื่ม A), การให้เกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % และผสมกรดอะมิโนลิวซีน 7 กรัม/น้ำ 1 ลิตร (เครื่องดื่ม B) และการให้เกลือแร่ผสมกลูโคส 6% (เครื่องดื่ม C) โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two Way Analysis Of Variance) แบบฟรายแมนเทสท์ (Friedman test) ซึ่งได้แก่
 - 2.1 ระดับกรดแลคติกในเลือด
 - 2.2 ระดับอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate)
 - 2.3 ระดับน้ำตาลในเลือด
 - 2.4 ระดับค่าความเหนื่อย (Ratings of Perceived Exertion : RPE)
 - 2.5 การสูญเสียเหงื่อ (ผลของการชั่งน้ำหนัก)
 - 2.6 ระยะเวลาที่สามารถปั่นจักรยานวัดงาน (Time Performance)

3. ทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยทีละคู่หลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวน (Multiple Comparison or Post HOC Comparison) โดยวิธีของวิลค็อกสัน (Wilcoxon Signed Ranks Test)

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าเฉลี่ยระดับกรดแลคติกของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) โดยผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) มีค่าเฉลี่ยของระดับกรดแลคติกในเลือดมากกว่าผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) ซึ่งต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเป็นรายคู่เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับกรดแลคติกในเลือดของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มแต่ละชนิด ณ เวลาสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) จากผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และการให้ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C)

2. ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดลอง ณ เวลาสิ้นสุดการทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A), ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) แต่พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) มีแนวโน้มที่มีค่ามากกว่าเครื่องดื่มชนิดอื่น

3. ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ที่เวลาสิ้นสุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) โดยค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน

4. ค่าเฉลี่ยของค่าความเหนื่อยของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) โดยค่าเฉลี่ยค่าความเหนื่อยของเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน

5. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานของผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A), ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) โดยพบว่าผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานน้อยกว่าผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) ซึ่งต้องทำการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไปเพื่อทดสอบรายคู่ผลการทดลอง พบว่า ผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) จากผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C)

6. ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักร่างกายของผู้ถูกทดลองที่ได้รับเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการทดลอง ซึ่งมีค่ามากกว่าหลังการทดลอง โดยผลการทดลองในผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ ผู้ที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส 6 % (เครื่องดื่ม C) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$) แต่ผลการทดลองในเครื่องดื่ม น้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) ไม่พบความแตกต่างความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$)

อภิปรายผล

การทดลองนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการดื่มเครื่องดื่ม 3 ชนิด ได้แก่ น้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) น้ำผสมเกลือแร่, กลูโคส 6 % และกรดอะมิโน (ลิวซีน) 7 กรัม (เครื่องดื่ม B) และ น้ำผสมเกลือแร่และกลูโคส 6% (เครื่องดื่ม C) โดยการให้สารละลายในปริมาณ 2 มิลลิเมตรต่อน้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัมทุก 15 นาที หลังจากนั้นให้ปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 70% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) ที่ความเร็วรอบ 60 รอบ/นาที ปั่นจนกระทั่งไม่สามารถปั่นจักรยานได้หรือไม่สามารถรักษาระดับความเร็วรอบในการปั่นที่ระดับ 60 รอบ/นาทีได้ ในระหว่างที่ปั่นจักรยานให้วัดค่าพารามิเตอร์ทุก 10 นาที ดังนี้ ระดับกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความเหนื่อย ระดับน้ำตาลในเลือด เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้วัดระยะเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานและน้ำหนักร่างกายหลังการทดลอง

1. ระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย

ผลของการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิดต่อระยะเวลาในการปั่นจักรยาน พบว่า ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันโดยพบว่า ผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า (เครื่องดื่ม A) มีระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองน้อยกว่าผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคสผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) (เครื่องดื่ม B) และ น้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส (เครื่องดื่ม C) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองของผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมกลูโคสผสมกรดอะมิโนลิวซีน (เครื่องดื่ม B) และ น้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคส (เครื่องดื่ม C) ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้พบว่าที่ระยะสิ้นสุดการทดลองค่าความเหนื่อยของผู้ถูกทดลองมีค่าความเหนื่อยสูงสุดของแบบบันทึกผล โดยไม่พบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยในแต่ละเครื่องดื่มที่ได้รับ ทั้งนี้สัมพันธ์กับความสามารถของผู้ถูกทดลองที่ปั่นจักรยานจนหมดแรงการที่ผู้ถูกทดลองปั่นจักรยานจนเกิดการหมดแรงนั้น อาจเกิดจากการล้า (Fatigue) ซึ่งสาเหตุของการล้าแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ การล้าจากส่วนรอบนอก (Peripheral Fatigue) ซึ่งเป็นการล้าที่เกิดจากกล้ามเนื้อ และการล้าที่เกิดจากระบบประสาทส่วนกลาง (Central Fatigue) จากการทดลองพบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานของผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มกลูโคสผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) และเครื่องดื่มกลูโคส มีค่ามากกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานของผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า อาจเนื่องมาจากผู้ที่ดื่มน้ำเปล่าเกิดการล้าทางระบบประสาทส่วนกลางและล้าทางกล้ามเนื้อเร็วกว่าผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มชนิดอื่น ซึ่ง เดวิดส์, เอลเดอสัน, และ เวช (Davis, Alderson, & Welsh. 2000 : 573s-578s) ได้สรุปว่า ทฤษฎีของการล้าของระบบประสาทส่วนกลางกล่าวว่า การล้าที่เกิดขึ้นระหว่างที่ออกกำลังกายแบบใช้ความทนทาน (Endurance Exercise) เกิดจากการที่มีระดับสารสื่อประสาทซีโรโตนินเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสารนี้มีฤทธิ์ทำให้เกิดความเหนื่อยล้าและง่วงนอน สารนี้สร้างมาจากกรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) ที่มีอยู่ในกระแสเลือด ถ้ากรดอะมิโนชนิดนี้มีมากขึ้นก็จะทำให้ผ่านเข้าสมองและเปลี่ยนเป็นสารสื่อประสาทซีโรโตนินมากขึ้น จึงทำให้เกิดการล้าได้ง่าย การที่มีระดับกรดอะมิโนในกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) เพิ่มขึ้นจะไปยับยั้งการนำกรดอะมิโนทริปโตเฟนเข้า

สมอง ดังนั้นจึงทำให้มีระดับสารสื่อประสาทซีโรโตนินลดลงจึงเกิดการล่าได้ช้าลง นอกจากนี้ยังพบว่าในระหว่างที่มีการออกกำลังกายนั้นระดับกรดไขมันอิสระในเลือดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะไปจับกับโปรตีนอัลบูมิน (Albumin) โดยไปแย่งที่กรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) ในการจับกับโปรตีนอัลบูมิน (Albumin) ดังนั้นจึงทำให้มีการดออะมิโนทริปโตเฟนอิสระมากขึ้น จึงเข้าสู่สมองถูกนำไปสร้างสารสื่อประสาทซีโรโตนินได้มากขึ้น ทำให้เหนื่อยล้าได้ง่าย ดังนั้นผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำเปล่า จึงเกิดการล่าได้เร็วกว่าผู้ที่ดื่มเครื่องดื่มช็อคโกแลตอื่น เนื่องจากมีส่วนประกอบเป็นเพียงน้ำเปล่าเท่านั้น จากการทดลองนี้ผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคสซึ่งไม่มีกรดอะมิโน (ลิวซีน) เป็นส่วนประกอบนั้นมียะเวลาในการปั่นจักรยานไม่แตกต่างจากน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคสผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) แสดงว่าเกิดการล่าได้ช้าเช่นเดียวกันซึ่งก็สัมพันธ์กับที่ เดวิส (Davis, 2000 : 573s-578s) ได้สรุปไว้ว่า การได้รับคาร์โบไฮเดรตเสริมนั้นช่วยลดการล่าได้เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตทำให้ระดับกรดไขมันอิสระลดลง จึงทำให้กรดอะมิโนทริปโตเฟนไปจับกับโปรตีนอัลบูมินเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีการดออะมิโนทริปโตเฟนอิสระลดลงที่จะนำเข้าสู่สมองไปสร้างเป็นสารสื่อประสาทซีโรโตนินได้ลดลงจึงเกิดการล่าได้ช้าลง นอกจากนี้บาวเทลล์ และคนอื่นๆ (Bowtell and others, 2000 : 271-281) กล่าวว่า การดื่มเครื่องดื่มคาร์โบไฮเดรตระหว่างการออกกำลังกาย จะช่วยให้เกิดการล่าช้าลง โดยอาจจะเป็นเพราะมีการเก็บไกลโคเจนของกล้ามเนื้อเอาไว้ หรือเป็นการรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติเพื่อที่จะทำให้มีกลูโคสเป็นแหล่งพลังงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ออกกำลังกาย และยังเป็น การลดการสลายกรดอะมิโนในกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ในระหว่างการออกกำลังกายอีกด้วย การที่ผลของการดื่มเครื่องดื่มกลูโคสผสมกรดอะมิโนลิวซีน และ เครื่องดื่มกลูโคสไม่แตกต่างกันนั้นสัมพันธ์กับที่ ไลม์ และ เชอซ์ (Lai & Chugh, 1995 : 1717-1733) กล่าวว่า การได้รับคาร์โบไฮเดรตร่วมกับกรดอะมิโนลิวซีนนั้นจะทำให้การเผาผลาญและการนำกรดอะมิโน (ลิวซีน) มาใช้ลดลงเนื่องจากคาร์โบไฮเดรตจะไปกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนอินซูลิน โดยฮอร์โมนนี้มีหน้าที่ลดการเผาผลาญโปรตีน ลดการผลิตน้ำตาล (Gluconeogenesis) และช่วยนำกรดอะมิโนไปเก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อจึงทำให้ความเข้มข้นของกรดอะมิโน (ลิวซีน) ในเลือดลดลง เมื่อไม่เกิดการสลายของกรดอะมิโนมาเป็นพลังงาน จึงทำให้ผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มเกลือแร่ผสมกลูโคสผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) ใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตเท่านั้น ผลการทดลองจึงคล้ายกับการดื่มเครื่องดื่มกลูโคส ซึ่งมีส่วนผสมเฉพาะคาร์โบไฮเดรตเท่านั้น

2. ระดับกรดแลคติกในเลือด

ผลของเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับกรดแลคติกในเลือดพบว่า ระดับกรดแลคติกในเลือดของผู้ถูกทดลองที่ได้รับน้ำผสมเกลือแร่ผสมกลูโคสและกรดอะมิโน (ลิวซีน) และน้ำผสมเกลือแร่และกลูโคส มีค่าต่ำกว่าผู้ถูกทดลองที่ดื่มเครื่องดื่มน้ำเปล่าอย่างมีนัยสำคัญ ณ ที่จุดสิ้นสุดการทดลอง โดยมิต่ำกว่ากรดแลคติกในเลือดใกล้เคียงกับค่ากรดแลคติกที่จุดเริ่มล่า (Anaerobic Threshold) ซึ่งตรงกับผลการทดลองของ วูโควิชและคนอื่นๆ (Vukovich and others, 1997 : 298-309) พบว่า การได้รับกรดอะมิโนเสริมจะทำให้ระดับกรดแลคติกในเลือดลดลง เนื่องจากกรดอะมิโน (ลิวซีน) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของไพรูเวท (Pyruvate) โดยเพิ่มการนำไพรูเวทเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ หรือลดการปล่อยกรดแลคติกออกมาจากกล้ามเนื้อ หรือเพิ่มการกำจัดกรดแลคติกโดยตับ การที่ระดับกรดแลคติกภายหลังจากการออกกำลังกายมีค่าต่ำเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่ามีความทนทานเพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาของเลมอน (Lemon, 1997 : 52-60) กล่าวว่า ในระหว่างออกกำลังกายแบบใช้ความทนทาน กล้ามเนื้อขาที่ใช้ออกกำลังกายมีการปล่อยกรดอะมิโนอะลานีน (Alanine) ออกมามากขึ้น

กรดอะมิโนอะลานีน (Alanine) ถูกสังเคราะห์มาจากไพรูเวทในกล้ามเนื้อและจากกรดอะมิโนในกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) ดังนั้นการได้รับกรดอะมิโนในกลุ่มบรานซ์เชน (BCAA) จึงเป็นการลดปริมาณไพรูเวทที่สะสมในกล้ามเนื้อส่งผลให้การผลิตกรดแลคติกลดลง ซึ่งทำให้เกิดการล้าจากการออกกำลังกายได้ช้าลง ผลของระดับกรดแลคติกในเลือดของเครื่องตีมกลูโคสผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) และ เครื่องตีมกลูโคสมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายของผู้ถูกทดลองที่ตีมเครื่องตีมชนิดเดียวกันนี้ ดังนั้นการที่ระยะเวลาในการปั่นจักรยานของเครื่องตีมทั้ง 2 ชนิดนี้มีค่ามากกว่าระยะเวลาในการปั่นจักรยานของผู้ถูกทดลองที่ตีมเครื่องตีมน้ำเปล่า นอกจากจะมีสาเหตุจากการล้าทางกล้ามเนื้อและการล้าทางระบบประสาทส่วนกลางโดยมีระดับสารสื่อประสาทซีโรโทนิน (Serotonin) ลดลงแล้วอาจเนื่องมาจากการที่มีระดับกรดแลคติกในเลือดที่เพิ่มขึ้นในปริมาณที่น้อยกว่าและมีค่าเข้าใกล้กับค่ากรดแลคติกที่จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) ด้วย

3. ระดับน้ำตาลในเลือด

ผลของการตีมเครื่องตีมทั้ง 3 ชนิดต่อระดับน้ำตาลในเลือด พบว่า ไม่พบความแตกต่างของระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ที่ได้รับเครื่องตีมทั้ง 3 ชนิด ณ ที่จุดสิ้นสุดการทดลอง ระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ถูกทดลองที่ตีมเครื่องตีมทั้ง 3 ชนิด อยู่ในช่วงปกติ (85-120 mg%) และมีค่าไม่แตกต่างกันนี้อาจเนื่องมาจากการระหว่างการออกกำลังกายระดับน้ำตาลในเลือดจะถูกรักษาให้อยู่ในช่วงปกติ โดยการทำงานของตับผ่านกระบวนการกลูโคเนโอเจเนซิส (Gluconeogenesis) และการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินมาควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด การหลั่งของฮอร์โมนอินซูลินเพิ่มขึ้นเป็นกลไกการป้องกันตัวของร่างกาย จึงมีผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดยังคงที่อยู่เสมอ การตอบสนองโดยการหลั่งของฮอร์โมนอินซูลินขึ้นกับปริมาณของระดับกลูโคสในเลือด (Wasserman, Connolly & Pagliassotti. 1991 : 912-919) แต่มีผลการวิจัยกล่าวว่ากระบวนการกลูโคเนโอเจเนซิสไม่สามารถช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้คงที่ได้ถ้ามีการออกกำลังกายนานมากกว่า 1 ชั่วโมง ผลการทดลองนี้คล้ายกับการวิเคราะห์ของ ไอวี่และคนอื่นๆ (Ivy and others. 1979 : 6-11) ถึงแม้ว่าจะให้คาร์โบไฮเดรตเสริมระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 70% VO_{2max} เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ระดับน้ำตาลในเลือดก็ยังคงถูกรักษาให้อยู่ในช่วงปกติ ในการทดลองนี้ ผู้ถูกทดลองส่วนใหญ่ใช้เวลาในการปั่นจักรยานน้อยกว่า 1 ชั่วโมงและระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ถูกทดลองทั้ง 3 กลุ่มก็ไม่แตกต่างกันถึงแม้ว่าจะได้รับคาร์โบไฮเดรตเสริมดังนั้นผลการทดลองนี้จึงคล้ายกับผลที่ไอวี่และคนอื่นๆ ได้กล่าวไว้ นอกจากนี้ การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้มีค่าคงที่ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดการล้าได้ช้าในระหว่างการออกกำลังกายที่ใช้เวลานาน ทั้งนี้เป็นเพราะระดับน้ำตาลในเลือดที่เพียงพอจะช่วยเป็นแหล่งพลังงานของกล้ามเนื้อเมื่อระดับไกลโคเจนลดลง

4. อัตราการเต้นของหัวใจ

ผลของการตีมเครื่องตีมทั้ง 3 ชนิดต่ออัตราการเต้นของหัวใจที่จุดสิ้นสุดการทดลองพบว่า ผู้ถูกทดลองที่ตีมเครื่องตีมทั้ง 3 ชนิด มีอัตราการเต้นของหัวใจไม่แตกต่างกัน โดยทุกผลการทดลองอัตราการเต้นของหัวใจหลังออกกำลังกายมีค่าสูงกว่าอัตราการเต้นของหัวใจก่อนออกกำลังกายและมีอัตราที่คงที่ตลอดการออกกำลังกาย ทั้งนี้เพราะในระหว่างการออกกำลังกาย ความต้องการเลือดของกล้ามเนื้อในส่วนที่ออกกำลังกายเพิ่มขึ้น หัวใจจึงต้องสูบฉีดเลือดมากขึ้นเพื่อให้มีปริมาณที่เพียงพอไปเลี้ยงกล้ามเนื้อและอวัยวะสำคัญ ดังนั้นจึงพบว่า อัตราการเต้นของชีพจรจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เรียกว่าเป็นระยะปรับตัว และจะคงที่อยู่ที่ค่าความหนัก

ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อหยุดออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจจะค่อยๆ กลับไปเป็นปกติ (การกีฬาแห่งประเทศไทย. 2535 : 81-85)

5. น้ำหนักร่างกาย

ผลของการดื่มเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิดต่อน้ำหนักร่างกายหลังการทดลอง พบว่า น้ำหนักร่างกายหลังออกกำลังกายมีค่าลดลงต่ำกว่าก่อนออกกำลังกายในทุกการทดลอง การที่น้ำหนักร่างกายลดลงในระหว่างการออกกำลังกายนั้นเนื่องจากการสูญเสียเหงื่อและสูญเสียทางหายใจเพื่อเป็นการระบายความร้อน ถึงแม้ว่าการทดลองนี้จะมีการดื่มเครื่องดื่มทุก 15 นาทีก็ตาม ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณของเครื่องดื่มที่ดื่มเข้าไปในแต่ละคนไม่สามารถทดแทนปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในระหว่างการออกกำลังกายได้ ดังนั้นการออกกำลังกายที่มีความหนักมาก จึงอาจทำให้เกิดภาวะการสูญเสียน้ำได้ (Dehydration) การขาดน้ำก็มีผลที่ทำให้เกิดการล้าได้ นอกจากนี้ การได้รับน้ำทดแทนระหว่างการออกกำลังกายจะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำและลดผลของการขาดน้ำต่อการทำงานของหัวใจและช่วยเพิ่มสมรรถภาพระหว่างการออกกำลังกาย (Nassis, Williams & Chisnall. 1998 : 248-252)

ถึงแม้ว่าผลการทดลองของผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำสมเกลือแร่ผสมกลูโคสและกรดอะมิโนลิวซีน จะไม่แตกต่างจากผู้ถูกทดลองที่ดื่มน้ำสมเกลือแร่และกลูโคส แต่พบว่าการให้กรดอะมิโนในกลุ่มบรานช์เชน (BCAA) ระหว่างการออกกำลังกาย ก็จะช่วยลดการสลายโปรตีนจากกล้ามเนื้อ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อนักกีฬาในระยะฟื้นตัวจากการออกกำลังกายที่ใช้เวลานาน นอกจากนี้การให้โปรตีนผสมกับสารละลายคาร์โบไฮเดรต จะทำให้เกิดการสังเคราะห์ไกลโคเจนขึ้นใหม่ในอัตราที่เร็วในช่วงหลังออกกำลังกาย (Hargreaves & Snow. 2001 : 133-145)

ข้อเสนอแนะ

ในการเพิ่มประสิทธิภาพความทนทานของนักกีฬา ซึ่งสภาวะทางโภชนาการและสารอาหารต่าง ๆ ที่นักกีฬาจะได้รับนั้นมีส่วนที่สำคัญ ถึงแม้ว่านักกีฬาที่ทำการฝึกซ้อมและมีความพร้อมทางด้านร่างกายรวมทั้งวิธีการฝึกที่เหมือน ๆ กัน แต่ประสิทธิภาพหรือความสามารถของร่างกายที่ได้จากการฝึกนั้นอาจจะแตกต่างกันก็ได้ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะมีปัจจัยหลาย ๆ อย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งในปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์สามารถที่จะพิสูจน์ได้ว่ามีสารอะไรบางอย่างที่มีความจำเป็นต่อร่างกายหรือเพิ่มประสิทธิภาพในระบบต่าง ๆ ของร่างกายได้ เช่น ความแข็งแรง ความอดทน ความเร็ว และอื่น ๆ เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพของนักกีฬาให้สูงขึ้นได้ ทั้งนี้การเลือกใช้สารต่าง ๆ นั้น ผู้ฝึกสอนควรที่จะมีความรู้ ความเข้าใจ และผลที่ได้จากการใช้ และจะต้องคำนึงถึงความถูกต้องไม่ผิดกฎเกณฑ์และข้อบังคับ และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือสารเหล่านั้นจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อนักกีฬา

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้หญิง
2. ควรทำการศึกษาโดยใช้ระดับความเข้มข้นของกรดอะมิโน (ลิวซีน) ที่ระดับต่าง ๆ กัน
3. ควรทำการศึกษาผลของการให้กรดอะมิโน (ลิวซีน) เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มชนิดอื่น ๆ ในช่วงขณะพัก

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ชรินทร์ สุวรรณวาริ. (2543). ผลของอะลานีนต่อการดูดซึมฟรุกโตสในภาวะการออกกำลังกายและต่อประสิทธิภาพการออกกำลังกาย. วิทยานิพนธ์ วท.ด. (โภชนศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- ชาติรี อุทัยลาวัณย์. (2536). ผลของเครื่องดื่มเกลือแร่บางชนิดต่อสมรรถภาพความอดทนในระหว่างการออกกำลังกายของนักกีฬา. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สรีรวิทยา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัฒน์. (2536). สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ธรรมการพิมพ์.
- ธาดา สืบหลินวงศ์ และ นวลทิพย์ กมลวารินทร์. (2537). ชีวเคมีทางการแพทย์ *Medical Biochemistry*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นงลักษณ์ เหลืองวิเศษเจริญ. (2529). การศึกษาเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายชนิดวงจรกับการฝึกจักรยานที่มีผลต่อความทนทานของหัวใจ และการไหลเวียนของโลหิต. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (กายภาพบำบัด). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- ประดิษฐ์ มีสุข. (2537). ชีวเคมีประยุกต์ด้านสุขภาพ. โครงการบริการวิชาการ มศว ภาคใต้ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์.
- ประทุม ม่วงมี. (2527). รากฐานสรีรวิทยาของการออกกำลังกายและการพลศึกษา. กรุงเทพฯ : บุรพาสาน.
- พจน์ ศรีบุญลือ, โสพิศ วงศ์คำ และ พชร บุญศิริ. (2543). ตำราชีวเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 3. ขอนแก่น : โรงพิมพ์วิทยาลัยขอนแก่น.
- พิพัฒน์ เจริญธี. (2542). "การทดสอบการทำงานของหัวใจและปอด (Cardiopulmonary Function Test)," ใน การอบรมเชิงปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาเรื่อง การพัฒนาวิทยาศาสตร์การ กีฬาเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่ศตวรรษที่ 21. หน้า 277-280. กรุงเทพฯ : กรมพลศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- พีระพงศ์ บุญศิริ. (2532). สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย (วิทยาศาสตร์การกีฬา) *Biology of Human Body in Exercise (Sports Science)*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ภนารี พานเพียรศิลป์. (2541). สรีรวิทยาของการออกกำลังกายต่อระบบกล้ามเนื้อ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ภาวิณี ปิยะจตุรวัฒน์. (2542). "สkeletal muscle มัสเซลล์ อะดพเทชัน ทู เทรนนิ่ง (Skeletal Muscle Adaptations to Training)," ใน การอบรมเชิงปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาเรื่อง การพัฒนาวิทยาศาสตร์การกีฬาเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่ศตวรรษที่ 21. หน้า 248-260. กรุงเทพฯ : กรมพลศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- มานพ กลิ่นทรัพย์. (2539). ผลการฝึกความอดทนที่มีต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดและการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีในเลือด. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- มาลินี คล่องเชิงสาร. (2540). ระยะเวลาการฟื้นตัวกลับสู่สภาพปกติของอัตราชีพจรหลังการออกกำลังกายของนักเรียนระดับประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- โรม วงศ์ประเสริฐ. (2533). ผลของการดื่มน้ำมะนาว น้ำส้ม และเครื่องดื่มนักกีฬา ที่มีผลต่อสมรรถภาพในการทำงานของร่างกาย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. ถ่ายเอกสาร.
- วิวัฒน์ ภิรมย์รัตน์. (2526). อิทธิพลของอุณหภูมิน้ำดื่มที่ดื่มหลังการออกกำลังกายที่มีต่อระยะเวลาการฟื้นตัวของชีพจร. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริพร ทองศิริ. (2530). อัตราชีพจรและปริมาณเลือดที่ไหลในช่วงการฟื้นตัวโดยวิธีพักเฉย ๆ กับพักแบบไม่หยุดนิ่ง. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- Below, Paul R., et al. (1995). "Fluid and Carbohydrate Ingestion Independently Improve Performance during 1 hr of intense Exercise," *Medicine and Science in Sport and Exercise*. 2702 : 200-210.
- Blomstrand, E. & Newsholme, E.A. (1996, July-August). "Influence of ingesting a solution of branched-chain amino acids on plasma and muscle concentrations of amino acids during prolonged submaximal exercise," *Nutrition*. 12 (7-8) : 485-490.
- Bowtell, J.L., et al. (2000). "Effect of oral glucose leucine turnover in human subjects at test and during exercise at two levels of dietary protein," *The journal of Physiology*. 525 : 271-281.
- Davis, L.M., Alderson, N.L. & Welsh, R.S. (2000). "Serotonin and central nervous system fatigue : nutritional consideration," *American Journal of Clinical Nutrition*. 72 : 573s-578s.
- Freyssenet, D., et al. (1996). "Effect of a 6 week endurance training programme and branched chain amino acid supplementation on histomorphometric characteristics of aged human muscle," *Archive Physiology and Biochemistry*. 104 (2) : 157-162.
- Gibala, M.J. (2001). "Regulation of Skeletal muscle amino acid metabolism during exercise," *International journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 11 : 87-108.
- Hargreaves, M. & Snow, R. (2001). "Amino acids and endurance exercise," *International journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 11 : 133-145.
- Ivy, John L., et al. (1979). "Influence of caffeine and carbohydrate feeding on endurance performance," *Medicine and Science in Sport and Exercise*. 11 : 6-11.
- (2003). "Effect of a Carbohydrate-Protein Supplement on Endurance Performance During Exercise of Varying Intensity," *Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 13 : unpagged.
- Jentjens, R.L., et al. (2001, August). "Addition of protein and amino acids to carbohydrates does not enhance postexercise muscle glycogen synthesis," *Journal of Apply Physiology*. 91(2) : 839-846.
- Kreider, R.B. (1999). "Effect of protein and amino acid supplement on athletic performance," (Online). Available : <http://www.sportsci.org/jour/9901/rgk.html>.

- Lai, H. & Chugh, K. (1995). "Metabolic and regulatory effects of branched chain amino acid supplement," *Nutrition Research*. 11 : 1717-1733.
- Lemon, P.W.R. (1997). "Dietary protein requirements in athletes," *Nutritional Biochemistry*. 8 : 52-60.
- "Leucine," (2002). (Online). Available : <http://www.geocities.com/nutriflip/nutrients/leucine.html>. Retrieved July 10, 2002.
- "Leucine," (2002). (Online). Available : <http://www.supplementwatch.com>. Retrieved July 19, 2002.
- Madsen, K., et al. (1996). "Effects of glucose, glucose plus branched-chain amino acids, or placebo on bike performance over 100 km," *Journal of Applied Physiology*. 81(6) : 2644-2650.
- Mero, A. (2002). "leucine,". Sport dietary supplements update. (Online). Available : <http://www.eSportMed.com>. Retrieved July 19, 2002.
- Nassis, George P., Williams, C. & Chiasmall, P. (1998). "Effect of a Carbohydrate electrolyte drink on endurance capacity during prolonged intermittent high intensity running," *British Journal of Sports Medicine*. 32 : 248-252.
- Vukovich, M.D., et al. (1997, December). "Effects of low-dose amino acid supplement on adaptation to cycling training in untrained individuals," *International Journal of Sport Nutrition*. 7(4) : 298-309.
- Wasserman, D.H., Connolly, C.C. & Pagliasso, M.J. (1991). "Regulation of hepatic lactate balance during exercise," *Medicine and Science in Sport and Exercise*. 23 : 912-919.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
หนังสือยินยอม

หนังสือยินยอม

ชื่องานวิจัย ผลของการได้รับกรดอะมิโน (ลิวซีน) ที่มีผลต่อประสิทธิภาพความทนทาน

ชื่อและนามสกุลผู้เข้าร่วมงานวิจัย.....

อายุ.....ปี ชั้นปีที่ศึกษา.....รหัสประจำตัว.....

คำยินยอมของผู้เข้าร่วมงานวิจัย

ข้าพเจ้านาย.....ได้รับทราบรายละเอียดของการวิจัยในการทดลอง ตลอดจนประโยชน์และข้อเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อผู้ถูกทดลองแล้วได้แก่

1. รายละเอียดของงานวิจัยทดลอง และประโยชน์ที่ได้รับ

ผู้เข้าร่วมโครงการได้รับทราบรายละเอียดของโครงการวิจัย ชื่อและที่ทำงานของผู้วิจัยหลัก ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการวิจัย ประโยชน์ที่จะได้รับการทดลอง วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย สถานที่ทำการทดลอง การวางแผนการวิจัย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ระยะเวลาการศึกษาวิจัย และชื่อและที่อยู่ของผู้รับการทดลอง

2. ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้จากการทดลอง

2.1 การออกกำลังกายขนาดปานกลางโดยจักรยานวัดงานเป็นระยะเวลาโดยประมาณ 60 นาที เป็นการออกกำลังกายที่ปฏิบัติกันเป็นปกติในนักกีฬาทั่วไป โดยปริมาณและขนาดการออกกำลังกายในการทดลองนี้จึงไม่มีผลเสียต่อสุขภาพร่างกายของผู้ถูกทดลองซึ่งเป็นนิสิตคณะพลศึกษาที่เล่นกีฬาและออกกำลังกายเป็นประจำ แต่ทั้งนี้จะมีการทดสอบสมรรถภาพของผู้ถูกทดลองก่อนการเข้าร่วมโครงการ

2.2 กรดอะมิโน (ลิวซีน) เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งจากรายงานการวิจัยพบว่าการให้ร่วมกับเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรตผสมจะให้ในขนาด 1-7 กรัมของลิวซีน/น้ำ 1 ลิตร หรืออยู่ในช่วง 50-200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน ไม่มีผลข้างเคียงเกิดขึ้น

ข้าพเจ้านาย.....ยินยอมเข้าร่วมโครงการทดลองที่มีชื่อข้างต้น และข้าพเจ้ารู้ว่าถ้ามีปัญหาหรือข้อสงสัยเกิดขึ้น ข้าพเจ้าสามารถถามผู้ทดลองได้

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมโครงการ
(.....)

.....พยาน
(.....)

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย
วันที่.....

ภาคผนวก ข
แบบสอบถามเกี่ยวกับสุขภาพ

4. ท่านเคยได้รับการผ่าตัดหรือไม่ (ถ้ามี ระบุชนิด และปีที่ทำ)

.....

.....

5. ท่านเคยได้รับอุบัติเหตุร้ายแรงใด ๆ หรือไม่ (ถ้ามี ระบุชนิด และปีที่เป็น)

.....

.....

6. ในรอบปีที่ผ่านมา ท่านเคยเจ็บป่วยด้วยโรคร้ายแรงใด ๆ หรือไม่ (ถ้ามี ระบุชนิด และเดือนที่เป็น)

.....

.....

7. ในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านมีการเจ็บป่วยด้วยโรคใด ๆ หรือไม่ (ถ้ามี ระบุ)

.....

.....

8. ในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านรับประทานยาใดเป็นประจำหรือไม่ (ถ้ามี ระบุ)

.....

.....

9. ปัจจุบันท่านรับประทานยาหรือวิตามินใดเป็นประจำหรือไม่ (ถ้ามี ระบุ)

.....

.....

ภาคผนวก ค
แบบบันทึกการตรวจร่างกายในวันเข้าร่วมการทดลอง

แบบบันทึกการตรวจร่างกายในวันทดสอบสมรรถภาพ

วันที่.....

ชื่อ.....นามสกุล.....อายุ.....ปี

1. การตรวจร่างกายทั่วไปก่อนทดสอบสมรรถภาพ (หลังการปัสสาวะแล้ว)

⇒ น้ำหนัก.....กิโลกรัม

⇒ ส่วนสูง.....เซนติเมตร

⇒ ชีพจร.....ครั้งต่อนาที

⇒ หายใจ.....ครั้งต่อนาที

⇒ ความดันโลหิต...../..... mmHg

2. การซักประวัติ

⇒ ในรอบ 1-2 สัปดาห์ ที่ผ่านมาท่านมีความเจ็บป่วยหรือไม่ (ระบุชนิด/เวลาที่เป็น)

.....

⇒ ในรอบ 1-2 สัปดาห์ ที่ผ่านมาท่านได้รับประทานยาใดหรือไม่ (ระบุชนิด/ปริมาณที่ได้รับประทาน
ใน 1 วัน)

.....

3. การตรวจร่างกายหลังการทดสอบสมรรถภาพ

เวลาที่บันทึก.....น.

⇒ น้ำหนัก.....กิโลกรัม

⇒ ชีพจร.....ครั้งต่อนาที

⇒ หายใจ.....ครั้งต่อนาที

⇒ ความดันโลหิต...../..... mmHg

ภาคผนวก ง
แบบใบบันทึกผลการทดลอง

แบบใบบันทึกผลการทดลอง

วันที่.....

ชื่อ.....นามสกุล.....อายุ.....ปี

น้ำหนักตัวก่อนทดสอบ.....ก.ก ปริมาณเครื่องดื่มที่ได้รับ/ครั้ง 2 มิลลิลิตร/น้ำหนักตัว =.....

เริ่มทดสอบเวลา.....น.

เครื่องดื่มที่ได้รับ

	A	B	C		
ช่วงเวลา	รายการทดสอบ	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)	ระดับ กรดแลคติก	ระดับ น้ำตาล	ค่าความ เหนื่อย
ก่อนการทดลอง	ชั่งน้ำหนัก , เจาะเลือด ดื่มเครื่องดื่ม				
ขณะพักเมื่อครบ 15 นาที	เจาะเลือด				
อบอุ่นร่างกาย 0 – 5 นาที					
15	เจาะเลือด				
20	ดื่มเครื่องดื่ม				
25	เจาะเลือด				
30					
35	เจาะเลือด , ดื่มเครื่องดื่ม				
40					
45	เจาะเลือด				
50	ดื่มเครื่องดื่ม				
55	เจาะเลือด				
60					
65	เจาะเลือด, ดื่มเครื่องดื่ม				
End	เจาะเลือด, ชั่งน้ำหนัก				

รวมระยะเวลาที่สามารถปั่นจักรยานได้.....นาที

น้ำหนักตัวหลังทดสอบ.....ก.ก

ผู้บันทึก.....

ใบบันทึกผลการค้นหาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ.....นามสกุล.....

อายุ.....ปี น้ำหนัก.....ก.ก ส่วนสูง.....ซม.

อัตราการเต้นของหัวใจ ขณะพัก.....ครั้ง/นาที

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ($HR_{max} = 220 - \text{อายุ}$)ครั้ง/นาที

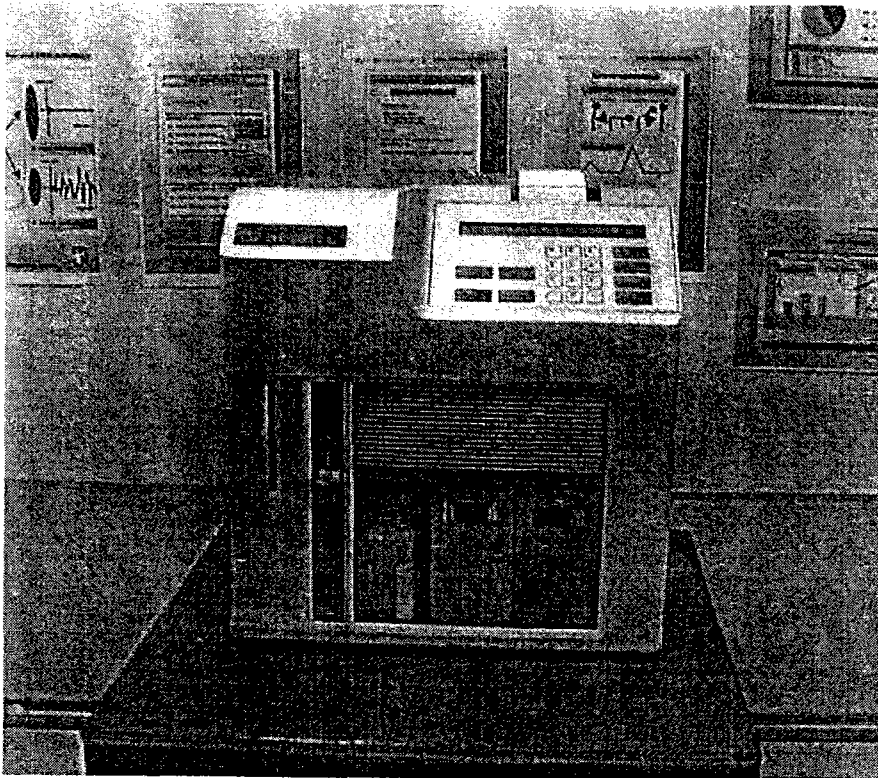
ความดันชีพจร.....

อุณหภูมิห้อง.....ความชื้นสัมพัทธ์.....

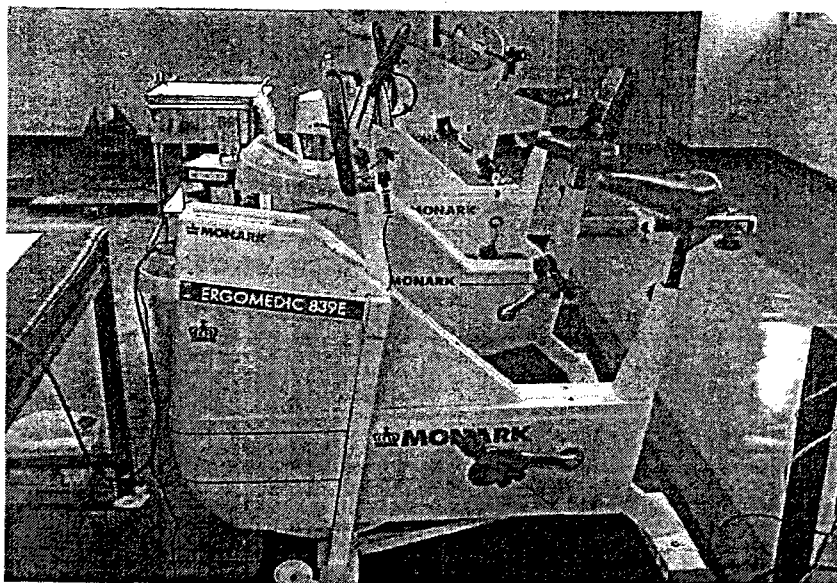
ช่วงนาที	ความหนัก (Watt) จำนวน 60 รอบ/นาที	HR	ระยะเวลาที่ทำได้ (วินาที)
อบอุ่นร่างกาย 0 – 6.0	30		
6.0 – 8.0	60		
8.0 – 10.0	90		
10.0 – 12.0	120		
12.0 – 14.0	150		
14.0 – 16.0	180		
16.0 – 18.0	210		
18.0 – 20.0	240		
20.0 – 22.0	270		
22.0 – 24.0	300		

ผู้จัดบันทึก.....

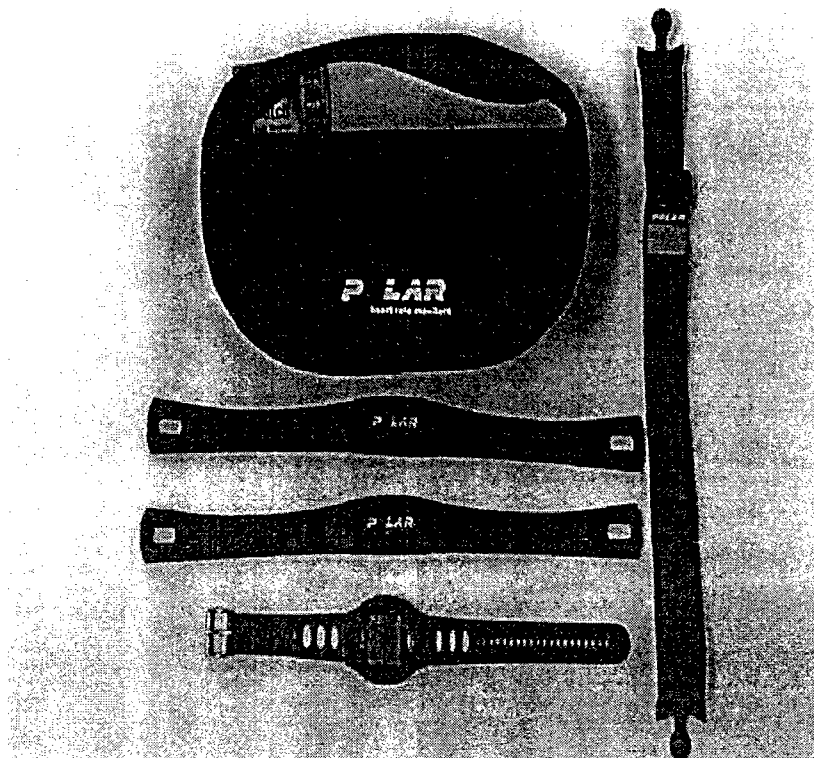
ภาคผนวก จ
อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง



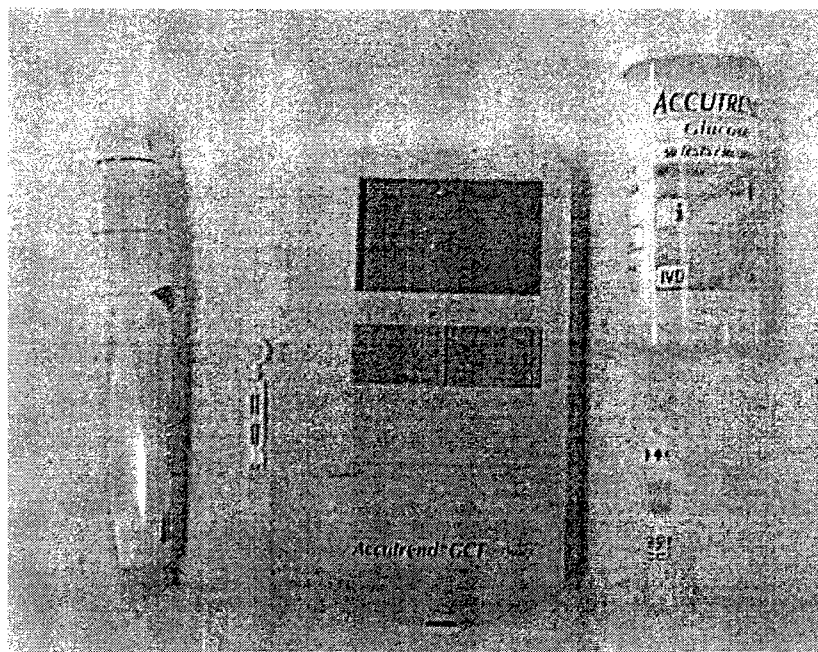
ภาพประกอบ 3 เครื่องมือทดสอบวัดระดับกรดแลคติก YSI 2300 Stat Plus



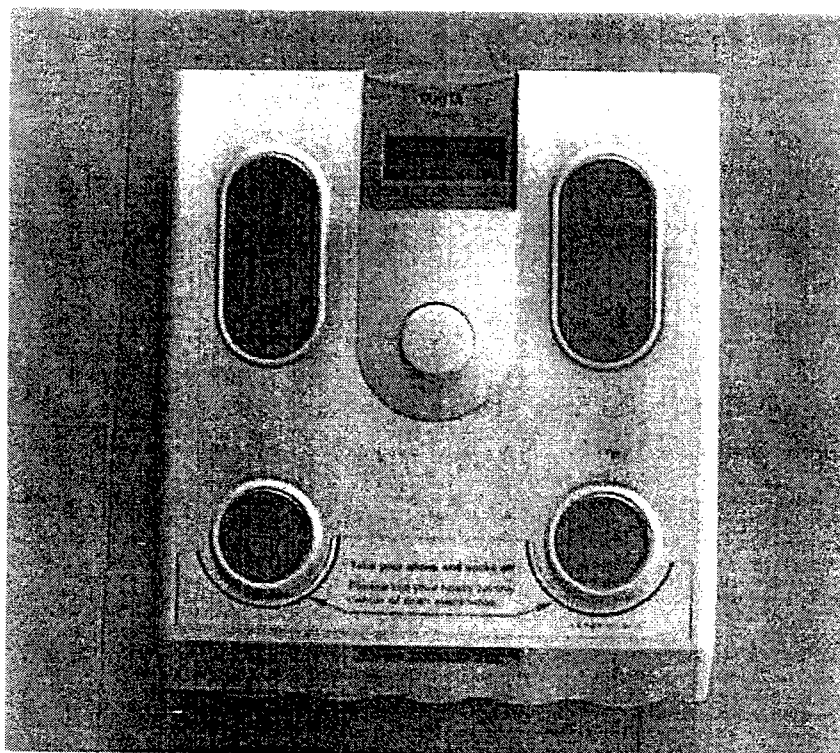
ภาพประกอบ 4 จักรยานออกกำลังกาย (Monark Ergomedic 839 E)



ภาพประกอบ 5 เครื่องวัดความเหนื่อย (Heart Rate Monitor)



ภาพประกอบ 6 เครื่องมือวัดระดับน้ำตาลในเลือด (Accutrend GCT) และ เครื่องมือเจาะตัวอย่างเลือด



ภาพประกอบ 7 เครื่องชั่งน้ำหนัก (TBF-511 Body Fat Analyzer/Scale)



ภาพประกอบ 8 แสดงวิธีการทดสอบปั่นจักรยานวัดงาน

แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (Maximal Cycle Ergometer Protocols)

การคำนวณ

$$VO_{2max}(ml \cdot min^{-1}) = kgm \cdot min^{-1} \times 2ml \cdot kgm^{-1} + [3.5 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1} \times body\ mass(kg)]$$

อุปกรณ์

จักรยานวัดงาน (Monark Ergomedic E893 1999)

เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ตราโพลาร์ (Polar)

จุดมุ่งหมาย

เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})

วิธีการทดสอบ

การวัดสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดโดยการปั่นจักรยานวัดงานแบบเพิ่มความหนัก (Graded exercise testing) ช่วงเริ่มต้นให้ทำการอบอุ่นร่างกายโดยทำการปั่นจักรยานที่ความหนัก 25 วัตต์ โดยมีความแตกต่างไม่เกิน 5 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที ความเร็วในการปั่นคือ 50 รอบต่อนาที (rpm) ค่าความต่างไม่เกิน 5 รอบต่อนาที (rpm)

ภายหลังจากการอบอุ่นร่างกายแล้วให้เริ่มทำการปั่นจักรยานที่ความหนัก 30 วัตต์โดยมีความแตกต่างไม่เกิน 5 วัตต์ ความเร็วในการปั่น 60 รอบต่อนาที (rpm) และทำการเพิ่มความหนักขึ้นอีก 30 วัตต์ ในทุก ๆ 2 นาที ความเร็วในการปั่น 60 รอบต่อนาที (rpm) ค่าความต่างไม่เกิน 5 รอบต่อนาที ปฏิบัติเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง

1. อัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้ารับการทดสอบมีค่าใกล้เคียงอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) โดยมีค่าความแตกต่าง $\pm 10\%$ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ($HR_{max} = 220 - \text{อายุ}$)
 2. ผู้เข้ารับการทดสอบไม่สามารถรักษาจำนวนรอบในการปั่นไว้ได้ คือ 60 รอบต่อนาที ค่าความแตกต่างไม่เกิน 5 รอบต่อนาที
 3. ผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติจนหมดแรง
- หากผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติจนมีผล 2 ใน 3 เกณฑ์ข้างต้นถือว่าเป็นความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})

การบันทึก

บันทึกความหนักของงานเป็นวัตต์

ภาคผนวก ข
ตาราง

ตาราง 11 แสดงปริมาณส่วนผสมของเครื่องตีเมล็ดธัญพืชผสมกลูโคส 6% ผสมกรด อะมิโน (ลิวซีน) ในอัตราส่วน 7 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร และเครื่องเมล็ดธัญพืชผสมกลูโคส 6 % ต่อน้ำ 1 ลิตร

ส่วนผสม	น้ำเปล่า	เครื่องตีเมล็ดธัญพืชผสมกลูโคส 6% ผสมกรดอะมิโน (ลิวซีน) ในอัตราส่วน 7 กรัม	เครื่องตีเมล็ดธัญพืชผสมกลูโคส 6 %
กลูโคส	-	60 กรัม	60 กรัม
โซเดียม	-	450 มิลลิกรัม	450 มิลลิกรัม
โปรแตสเซียม	-	120 มิลลิกรัม	120 มิลลิกรัม
กรดซิตริก	3 กรัม	3 กรัม	3 กรัม
สารให้ความหวาน	4 กรัม	4 กรัม	-
สารแต่งกลิ่น (กลิ่นส้ม)	2 มิลลิลิตร	2 มิลลิลิตร	2 มิลลิลิตร
กรดอะมิโน (ลิวซีน)	-	7 กรัม	-

ตาราง 12 แสดงปริมาณค่าความหนักในการทดลองของแต่ละบุคคล

บุคคลที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง	ความหนักสูงสุด (วัตต์)	70 % ของความหนักสูงสุด (วัตต์)
1	21	63.4	170	194	136
2	20	67	179	197	137
3	20	59.6	167	201	141
4	19	65.4	169	205	143
5	20	58.4	180	196	137
6	21	59.2	174	197	138
7	20	46.6	168	174	122
8	20	73.6	181	210	147
9	20	62.2	176	226	158
10	20	56.2	168	199	139

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นาย จีรพงษ์ ต้วงเพียร
วันเดือนปีเกิด	17 มกราคม 2516
สถานที่เกิด	เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	12/55 หมู่ 12 แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร 10260
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ระดับ 6
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กองธุรการองค์การฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2526	ประถมศึกษา จากโรงเรียนสวัสดิวิทยา เขตคลองเตย จังหวัด กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2532	มัธยมศึกษา จากโรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
พ.ศ. 2537	ปริญญาตรี ศิลปศาสตรบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-พลศึกษา) จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ
พ.ศ. 2546	ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการกีฬา : การเป็นผู้ฝึกกีฬา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ