612044
ฉ181ค
ว3

แลคเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำ 100 เมตร และหลังการวิ่ง 400 เมตร

ปริญญานิพนธ์
ของ
ฉวีวรรณ วีระเดโช

ห้องสมุดบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ว ฉ พ ค 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
เมษายน 2530
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

177964

แลกเกตในเลือดหลังการว่ายน้ำ 100 เมตร และหลังการวิ่ง 400 เมตร

บทคัดย่อ

ของ

ฉวีวรรณ วีระเดโช

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

เมษายน 2530

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารแลคเตทในเลือดและเปรียบเทียบปริมาณสารแลคเตทในเลือดระหว่างหลังการว่ายน้ำแบบครอวล์ระยะทาง 100 เมตร กับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักศึกษาชายของวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ ชั้นปีที่ 1 - 2 ปีการศึกษา 2529 จำนวนทั้งหมด 20 คน ซึ่งได้มาโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง โดยมีอายุ น้ำหนัก ความสูง และระดับสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตใกล้เคียงกัน โดยใช้แบบทดสอบ ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทส ทดสอบ และผู้เข้ารับการทดสอบทุกคนได้รับการตรวจสุขภาพจากแพทย์ก่อนการทดสอบ แบ่งกลุ่มผู้เข้ารับการทดสอบเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน คือ กลุ่มทดสอบว่ายน้ำแบบกรอวล์ระยะทาง 100 เมตร และกลุ่มทดสอบวิ่งระยะทาง 400 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด หลังจากการออกกำลังกายแล้ว 5 นาที ทำการเจาะเลือดเพื่อนำไปวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดต่อไป ทำการทดสอบในวันที่ 25 - 26 กุมภาพันธ์ 2530 ระหว่างเวลา 10.00 - 12.00 น.

หลังจากได้กระทำข้อมูลตามเชิงสถิติแล้ว ปรากฏผลดังต่อไปนี้คือ

1. คะแนนเฉลี่ยของระดับสารแลคเตทในเลือดระหว่างขณะพักกับหลังการว่ายน้ำแบบกรอวล์ระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. คะแนนเฉลี่ยของระดับสารแลคเตทในเลือดระหว่างหลังการว่ายน้ำแบบครอวล์ระยะทาง 100 เมตร กับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

BLOOD LACTATE AFTER 100 - METER SWIMMING AND AFTER 400 - METER RUNNING

AN ABSTRACT

BY

CHAVEEWAN VEERADAECHO

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree

at Srinakharinwirot University

April 1987

The purpose of this study was to find and compare the blood lactate level between after 100 - meter crawl stroke swimming and after 400 - meter running.

The subjects were 20 male students of the College of Physical Education, Bangkok, who were purposively selected from the first and second year students in the academic year of 1986. The age, weight, height, and the cardiovascular fitness level tested by Harvard step test were approximately the same for every subject. The subjects' health were examined by the physician before the experimental program. The subjects were equally divided into two groups with 10 subjects in each group one group was the 100 - meter crawl stroke swimming group and the other group was the 400 - meter running group. Five minutes after the experimental program, the subject's blood was drawn out for the blood lactate level testing. The experimental program took place between 25th and 26th of February, 1987, at 10.00 a.m. - 12.00 p.m.

After the data were statistically treated, it was found that

1. There were significant differences of the blood lactate level between resting and after 100 - meter crawl stroke swimming, between resting and after 400 - meter running, at the .05 level.

2. There was not a significant different of the blood lactate level between after 100 - meter crawl stroke swimming and after 400 - meter running, at the .05 level.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิต และคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธาน

.....กรรมการ

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

.....กรรมการ

.....กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์สุทธิ พานิชเจริญนาม อาจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม อาจารย์เอนก สูตรมงคล ประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.สารวล รัตนาจารย์ ผศ.อุดม พิมพา ผศ.สุจินต์ ปรีชามารถ ผศ.พวงรัตน์ ทวีรัตน์ อจ.นิ่มนวล สกุลพานิช อจ.นาวิน เจือรัตนศิริกุล อจ.เทเวศร์ พิริยะพฤนท์ อจ.เสกสรรค์ เลิศปฏิภารกุล ที่ได้ให้แนวคิดและช่วยเหลือให้คำปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านหัวหน้าภาควิชาชีวเคมี คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือด รศ.พญ.นีโลบล เนื่องตัน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนควบคุมการเก็บตัวอย่างเลือดและการวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ อจ.อินตรา บุญมาศิริ อจ.สมเกียรติ นุกิจรังสรรค์ อจ.อานาจ บุญอิ่ม อจ.ชงชาติ ภู่เจริญ คุณวัชระชัย จิตตะยโศธร คุณสุรีย์ กาญจนกุลวงศ์ และนักศึกษาวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพที่ได้ให้ความร่วมมือ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ อจ.นพ.ชัยรัตน์ นิรันตรัตน์ อจ.พญ.พัชรีย์ เลิศฤทธิ์ คุณศุภรัตน์ ปฏิมาปภรณ์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการตรวจร่างกาย และการเก็บตัวอย่างเลือด คุณจันทนา กาญจนวิลาสกุล ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ อาจารย์บุญเสริม นาคะเสนา พันตรีอัศวิน วีระเดโช พี่ น้อง และเพื่อน ๆ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้กรุณาเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงด้วยดี

ฉวีวรรณ วีระเดโช

สารบาญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า	3
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	3
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	4
	ข้อตกลงเบื้องต้น	4
	คำนิยามศัพท์เฉพาะ	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	เอกสารภายในและต่างประเทศ	6
	งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง	11
	งานวิจัยภายในประเทศที่เกี่ยวข้อง	19
	สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	21
3	วิธีการดำเนินการ	22
	กลุ่มตัวอย่าง	22
	เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	22
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เลือด	23
	วิธีดำเนินการทดลอง	25
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	26
	การเก็บตัวอย่างเลือด	26
	การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	27
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	27

บทที่ หน้า

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 30
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 30

5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 36
ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า 36
กลุ่มตัวอย่าง 36
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 37
เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เลือด 37
การวิเคราะห์ข้อมูล 38
สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล 38
อภิปรายผล 39
ข้อเสนอแนะ 44

บรรณานุกรม 45

ภาคผนวก 49

บัญชีตาราง

ตาราง หน้า

1 แสดงผลของคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสารแลคเตทในเลือดขณะพัก กับหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร 31

2 แสดงการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดก่อนกับหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และก่อนกับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร 33

3 แสดงผลของคะแนนเฉลี่ยระหว่างระดับสารแลคเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร กับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร 34

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 ขบวนการสร้างพลังงาน 7

2 แสดงการเปรียบเทียบกราฟคะแนนเฉลี่ยของระดับสารแลกเตทในเลือดขณะพักกับหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร 35

3 พลังงานที่ใช้ในกีฬาประเภทต่าง ๆ 41

4 แสดงระดับการใช้เอทีพีในการว่ายน้ำกับการวิ่งระยะต่าง ๆ และบริเวณที่เกิดกรดแลคติก 43

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในสมัยก่อนการแข่งขันกีฬามีจุดมุ่งหมายที่จะใช้แต่กำลังในการเอาชนะคู่ต่อสู้ในการแข่งขันกีฬาเท่านั้น แต่ในปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ทางเทคโนโลยี ตลอดจนศาสตร์สาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกีฬา เช่น กีฬาเวชศาสตร์ (Sports Medicine) สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (Physiology of Exercise) วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว (Kinesiology) และวิทยาศาสตร์การกีฬา (Sport Sciences) ได้นำเอาเครื่องมือและวิธีการใหม่ ๆ มาช่วยในการศึกษาแล้วนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ มาประยุกต์เพื่อช่วยปรับปรุงกลไกการฝึกซ้อมให้พัฒนาขึ้นโดยไม่หยุดยั้ง ด้วยเหตุนี้วิชาพลศึกษาและการกีฬาจึงเจริญก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับ

แต่อุปสรรคที่สำคัญประการหนึ่งในการพัฒนาความสามารถของการกีฬาก็คือความล้า (Fatigue) ของกล้ามเนื้อซึ่งนักสรีรวิทยาพยายามค้นหาว่า อะไรเป็นสาเหตุทำให้เกิดความล้าของกล้ามเนื้อ และได้พบว่าสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่เชื่อว่าเป็นสาเหตุของความล้าของกล้ามเนื้อคือการเกิดกรดแลคติกสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ ดังคำกล่าวของ นิ่มนวล สกุลพานิช (นิ่มนวล สกุลพานิช 2528 : 34) ที่ว่า เหตุที่เกิดความล้าของกล้ามเนื้อเพราะ

1. เมื่อกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อเข้าสู่กระแสโลหิตทำให้ไกลโคเจนที่จะพึงมีในโลหิตลดลง เพราะกรดแลคติกเข้าไปแทนที่อยู่ของไกลโคเจน

2. เมื่อกรดแลคติกมีมากจะไปหักห้ามขบวนการเคมี กล่าวคือ อาซีติลคลอลีน (Acetylcholine) ที่ผลิตออกมาจากแผ่นปลายประสาท (Motor end Plate) ขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวนั้น โดยปกติจะถูกทำลายโดยเอนไซม์คลอลีนเอสเตอเรส (Cholinesterase) ที่ช่วยเร่งปฏิกริยาในขบวนการรวมตัวของประจุของน้ำ (H^+ กับ OH^-)

ฉะนั้นเมื่อกล้ามเนื้อขาดคลอลีนเอสเตอเรสก็ไม่มีตัวใดไปขจัดอาซีติลคลอลีนของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อจึงคงสภาพหดตัวนานเกินไปจึงเกิดความล้าขึ้น

กรดแลคติกจึงมีบทบาทที่น่าศึกษามาก เพราะเกี่ยวข้องกับการออกกำลังกายทุกชนิด ได้มีผู้ศึกษาทาวิจัยเกี่ยวกับกรดแลคติกในกีฬาบางประเภทไว้บ้างแต่ยังไม่มีงานวิจัยใดทำการเปรียบเทียบกรดแลคติกในกีฬาต่างประเภทกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการสะสมกรดแลคติกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการออกกำลังกายในกีฬาทางน้ำและกีฬาทางบก โดยใช้กีฬาว่ายน้ำและกรีฑา เพราะกีฬาทั้งสองประเภทมีความแตกต่างกันโดยสภาพแวดล้อมและลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกายรวมทั้งเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมทั้งสองประเภทต่างกัน ดังนั้นปริมาณสารแลคเตทในเลือดภายหลังการออกกำลังกายจากกิจกรรมทั้งสองประเภทย่อมแตกต่างกันด้วย

โดยผู้วิจัยเลือกการว่ายน้ำแบบฟรีสไตล์ (Free Style) ซึ่งปัจจุบันนิยมว่ายแบบครอว์ล (Crawl Stroke) เพราะเป็นแบบการว่ายน้ำที่เร็วที่สุดในปัจจุบัน ในระยะทาง 100 เมตร กับการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยความหนักของงานจัดอยู่ในระดับเดียวกัน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 นาที 30 วินาที (McArdle. 1981 : 267)

จากเหตุผลที่ว่า ในการฝึกซ้อมว่ายน้ำนั้น ส่วนใหญ่ใช้วิธีการว่ายน้ำในสระน้ำเท่านั้น แต่ในบางครั้งอาจมีอุปสรรคทำให้ไม่สามารถลงสระน้ำได้ ดังเช่น

1. สถานที่ ในกรณีที่สระว่ายน้ำใช้การไม่ได้ เช่น ปิดสระน้ำเพื่อซ่อมแซม หรือบางครั้งมีฝนตกหนักห้ามลงสระน้ำ

2. อุบัติเหตุ ทำให้ร่างกายเกิดบาดแผลถูกน้ำไม่ได้

3. ธรรมชาติของร่างกาย ในกรณีนักกีฬาหญิงที่อยู่ในระยะมีประจำเดือน (Menstruation) ไม่ต้องการลงสระน้ำ

สิ่งเหล่านี้เราสามารถแก้ปัญหาได้โดยการฝึกซ้อมบนบกทดแทนได้ เช่น การวิ่ง หรือในทางกลับกันนักกีฬากรีฑาอาจจะใช้วิธีฝึกซ้อมในสระน้ำได้ในบางกรณีเช่นกัน ดังนั้นผลของการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการวางแผนการฝึกซ้อมของโค้ชและผู้ที่เกี่ยวข้องกับกีฬาว่ายน้ำและกรีฑาได้

อีกประการหนึ่ง ผู้วิจัยต้องการทราบว่า กีฬาทางบกและกีฬาทางน้ำที่มีความหนักของงานจัดอยู่ในระดับเดียวกัน กีฬาประเภทใดใช้พลังงานในการออกกำลังกายมากน้อยกว่ากันเพียงใด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาระดับสารแลคเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่ง 400 เมตร ว่าจะมีความแตกต่างกันหรือไม่

ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อทราบระดับสารแลคเตทในเลือดภายหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และภายหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

2. เพื่อเปรียบเทียบระดับสารแลคเตทในเลือดระหว่างหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ระดับสารแลคเตทในเลือดที่วิเคราะห์ได้หลังจากการว่ายน้ำและการวิ่งซึ่งมีความหนักของงานอยู่ในระดับงานเดียวกัน แต่กิจกรรมและสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน จะทำให้ทราบความแตกต่างของระดับสารแลคเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำและการวิ่งว่ามีอัตราการผลิตสารแลคเตทมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการจัดการวางแผนและควบคุมการฝึกซ้อมนักกีฬาว่ายน้ำและนักกรีฑาให้เหมาะสมกับประเภทกีฬาที่ใช้ในการแข่งขัน

2. ทำให้ทราบผลการเปรียบเทียบของระดับสารแลคเตทในเลือดระหว่างหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

3. ผลจากการวิจัยครั้งนี้จะมีประโยชน์ในการเรียนการสอนและในการฝึกซ้อมกีฬาต่อไป

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักศึกษาชายของวิทยาลัยพลศึกษา กรุงเทพ ชั้นปีที่ 1 - 2 ปีการศึกษา 2529 จำนวนทั้งหมด 20 คน ซึ่งได้มาโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีอายุ น้ำหนัก ความสูง และระดับสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตใกล้เคียงกัน ระดับสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตทดสอบโดยใช้แบบทดสอบ ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทส (Harvard Step Test) และผู้เข้ารับการทดสอบทุกคนได้รับการตรวจสุขภาพจากแพทย์ก่อนการทดสอบ แบ่งกลุ่มผู้เข้ารับการทดสอบเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ผู้เข้ารับการทดสอบผ่านการเรียนวิชาว่ายน้ำ 1 มาแล้ว จำนวน 10 คน ให้ว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด

กลุ่มที่ 2 ผู้เข้ารับการทดสอบผ่านการเรียนวิชากรีฑา 1 มาแล้ว จำนวน 10 คน ให้วิ่งระยะทาง 400 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่

2.1.1 การว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร

2.1.2 การวิ่งระยะทาง 400 เมตร

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ ปริมาณการสะสมของสารแลคเตทในเลือด

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมเรื่องอาหาร การฝึกซ้อม และการพักผ่อน ของผู้เข้ารับการทดสอบได้ คงปล่อยให้ปฏิบัติตัวไปตามปกติ

2. ผู้เข้ารับการทดสอบทุกคนมีความตั้งใจในการว่ายน้ำและการวิ่งอย่างเต็มความสามารถ โดยผู้วิจัยจัดสภาพแวดล้อมในลักษณะการแข่งขันเพื่อช่วยกระตุ้นผู้เข้ารับการทดสอบ

3. สภาพความตึงเครียดทางด้านจิตใจของผู้เข้ารับการทดสอบ เนื่องจากความกลัวต่อการเจาะเก็บตัวอย่างเลือดอาจเป็นผลต่อการทดสอบได้

4. เครื่องมือที่ใช้ เช่น นาฬิกาจับเวลา เครื่องชั่งน้ำหนัก และที่วัดส่วนสูง ทดสอบแล้วมีความเชื่อมั่นสูง

5. การทดสอบแต่ละครั้ง แต่ละวันเป็นอิสระที่ไม่มีผลต่อเนื่องกัน

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. แลคเตทในเลือด (Blood Lactate) หมายถึง สารเคมีของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในบริเวณเซลของกล้ามเนื้อจากขบวนการไกลโคลิซิส ในขณะพักมีปริมาณของกรดแลคติกอยู่บ้างเล็กน้อย แต่เมื่อมีการออกกำลังกายกรดแลกติกจะมีปริมาณการสะสมมากขึ้น และแพร่เข้าสู่กระแสโลหิต กรดแลคติกอยู่ในเลือดได้ทั้งสภาพ ไอออนไนซ์ (ionize) และไม่ ไอออนไนซ์ อนุมูลกรดที่ไอออนไนซ์แล้วนี้เรียกชื่อว่า แลคเตท ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพนี้ในเลือด

2. การว่ายน้ำ 100 เมตร หมายถึง การว่ายน้ำแบบครอว์ล (Crawl Stroke Swimming) หรือท่าวัดวาธรรมดา ว่ายด้วยความเร็วสูงสุดในระยะทาง 100 เมตร

3. การวิ่ง 400 เมตร หมายถึง การวิ่งด้วยความเร็วเต็มที่ตลอดระยะทาง 400 เมตร

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ทั้งของภายในประเทศและต่างประเทศ พอสรุปได้ดังนี้

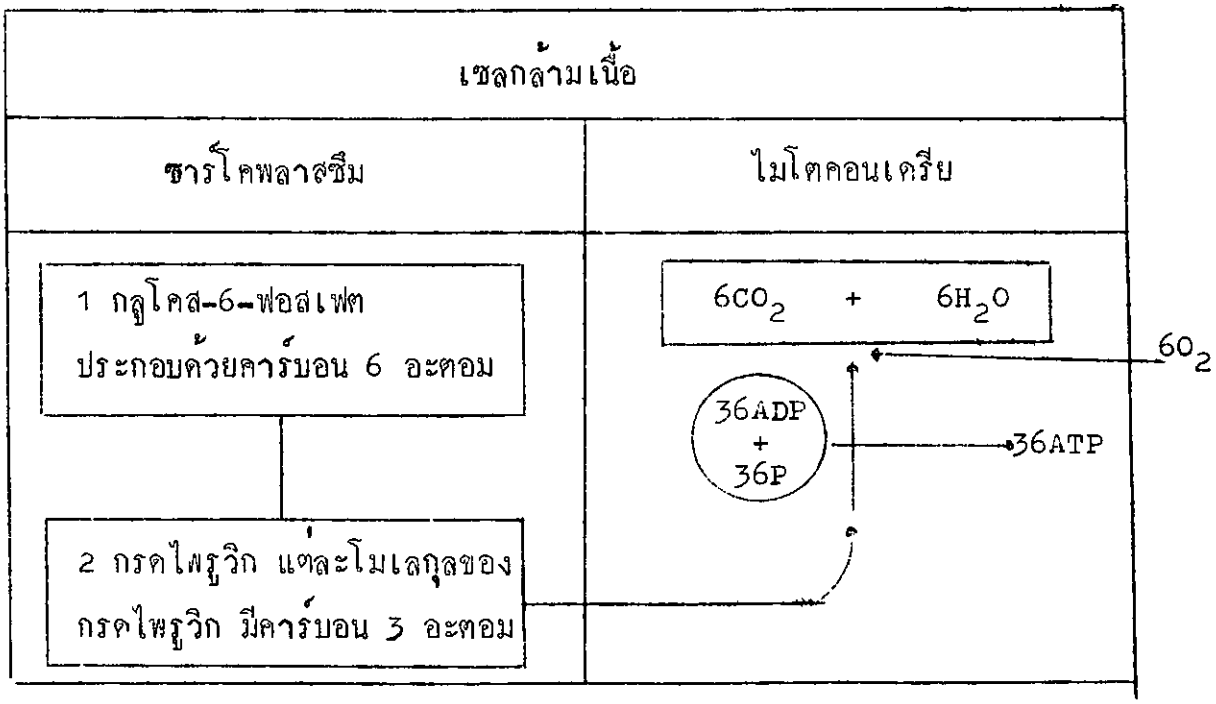
เอกสารภายในและต่างประเทศ

ได้มีผู้ทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการเกิดกรดแลคติกในการออกกำลังกาย ซึ่งเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อ พลังงานอาจจะได้มาจากปฏิกิริยาเคมีที่มีต้นตอมาจากอาหาร ซึ่งเป็นสารเคมี นอกจากนั้นกล้ามเนื้อในร่างกายยังสามารถทำงานได้ทั้งชนิดใช้ออกซิเจน (Aerobic) และชนิดไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) (Astrand and Rodahl, 1970 : 11) การเปลี่ยนพลังงานทางเคมีจากอาหารดังกล่าวข้างต้นนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยสารสำคัญในการแลกเปลี่ยนพลังงานอันได้แก่ อดีโนซิน ไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate) หรือ เอทีพี (ATP) และครีเอตีน ฟอสเฟต (Creatine Phosphate) หรือ ซีพี (CP) สารทั้งสองนั้นจะเป็นฟอสเฟตที่ให้พลังงานสูง และสามารถพบได้ในเซลทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะพบมากในเซลของกล้ามเนื้อ (ยูศักดิ์ เวชแพทย์ 2520 : 17) สำหรับในกล้ามเนื้อมีปริมาณ เอทีพี สำรองเก็บไว้ใช้น้อยมากเพียงในเวลา 1/6 วินาทีเท่านั้น ขบวนการปฏิกิริยาทางเคมีจึงเกิดขึ้นเพื่อสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมาใหม่ สารที่ใช้สังเคราะห์เอทีพีในภาวะฉุกเฉินเมื่อร่างกายต้องออกกำลังในฉับพลัน คือ ครีเอตินฟอสเฟต (CP) โดยรวมตัวกับ เอดีพี (ADP) ให้กลายเป็นเอทีพี (ATP) แก่ช่วยได้ในเวลาเพียง 0.5 วินาที ครีเอตินฟอสเฟตนี้จะหมดไป ขบวนการทางเคมีของกล้ามเนื้อนี้เรียกว่า ช่วงของการปราศจากออกซิเจน (Anaerobic Phase) เพราะไม่ต้องมีออกซิเจนจากภายนอก เพื่อจะให้เอทีพีถูกสังเคราะห์ขึ้นใหม่ ช่วงนี้ต้องมีออกซิเจนเข้ามาช่วย เรียกว่า ช่วงต้องมีออกซิเจน (Aerobic Phase) โดยขบวนการแตกตัวของไกลโคเจนเป็นกรดไพรูวิกและเป็นกรดแลคติก เรียกว่า ไกลโคลิซิส (Glycolysis)

กระบวนการนี้จะยืดเวลาการหดตัวของกล้ามเนื้อนานออกไปจนกระทั่งปริมาณของกรดแลคติกมีมากไปจะเกิดความล้าขึ้นเมื่อไกลโคเจนแตกตัวเป็นกรดไพรูวิกแล้วจะผ่านขบวนการทางเคมีที่เรียกว่า Kerb's Cycle หรือ Citric acid cycle ทำให้ได้พลังงานเพื่อสังเคราะห์เอทีพี และซีพี ขึ้นมาใหม่ ของเสียที่ออกมาด้วยคือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (จรวยพร ธรณินทร์ 2525 : 87)

การสร้างพลังงานในช่วงแรก คือ ช่วงปราศจากออกซิเจนจะได้ ATP 2 โมเลกุล และในช่วงใช้ออกซิเจนได้ ATP อีก 36 โมเลกุล รวมแล้วเป็น 38 โมเลกุล โมเลกุลหนึ่ง ๆ ของ ATP สร้างพลังงานได้ 8 กิโลคาลอรี่ ขบวนการสร้างพลังงานนี้สรุปได้ดังนี้ คือ

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 36ADP + 36P \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 36ATP$$



(David R.Lamb. 1984 . 46)

ภาพประกอบ 1 ขบวนการสร้างพลังงาน

1 โมเลกุล ของ P (Phosphate) ให้พลังงาน 8 กิโลคาลอรี่ 1 กรัม ของน้ำหนักโมเลกุลของกลูโคสให้พลังงานเท่ากับ 4 คาลอรี่ กลูโคสมีน้ำหนัก 180 กรัม ดังนั้นประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานของขบวนการนี้ คือ

$$\frac{38 \times 8}{180 \times 4} = \frac{304}{720} = 42\ \%$$

(de Vries. 1974 23)

แต่ขบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) และขบวนการที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic) นั้นจะทำงานไปพร้อม ๆ กันในทุก ๆ ขณะเพียงแต่ว่าจะเป็นขบวนการใดมากหรือน้อยในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไปตามชนิดของการออกกำลังกายหรือกีฬาแต่ละประเภท เช่น การว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร และการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ใช้พลังงานแบบ Anaerobic 80% และใช้พลังงานแบบ Aerobic 20% และจัดเป็นการออกกำลังกายในระดับงานเดียวกัน (ประทุม ม่วงมี 2527 : 25) ซึ่งสอดคล้องกับเชฟเวอร์ (Shaver. 1981 : 256) ที่ว่าการว่ายน้ำระยะทาง 50 - 100 หลา และการวิ่งระยะทาง 220 - 440 หลา เป็นกิจกรรมการออกกำลังกายในระดับเดียวกันใช้เวลาประมาณ 90 วินาที และตรงกับของแมคอาเดล (McArdle. 1981 267) ที่ว่า การว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร และการวิ่ง 200 - 400 เมตร จัดอยู่ในระดับงานเดียวกัน ใช้เวลา 1 นาที 30 วินาที เช่นกัน

จะสังเกตเห็นได้ว่าหลังจากที่มีขบวนการสร้างพลังงานใหม่ขึ้นมาแล้ว สิ่งที่ตามมาก็คือ การเกิดกรดแลคติก ซึ่งกรดแลคติกนี้จะเกิดขึ้นในเซลของกล้ามเนื้อก่อน แล้วจะค่อย ๆ แพร่เข้าสู่เส้นเลือดจนมีปริมาณเท่ากัน ดังที่ ออสตราน และโรเดลห์ (Astrand and Rodahl) ได้กล่าวไว้ว่า ปริมาณของกรดแลคติคในเลือดและในกล้ามเนื้อ หลังจากออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงานเป็นเวลา 2.63 นาที จะทำให้ปริมาณของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อมีค่า 25 มิลลิโมล ต่อกิโลกรัม ในขณะที่ปริมาณของกรดแลคติกในเลือดมีค่า 15 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม หลังจากที่ออกกำลังกาย 5 นาที ปริมาณของกรดแลคติกในเลือดและในกล้ามเนื้อจะมีค่าเท่ากัน คือ 18 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม และปริมาณของกรดแลคติกในเลือดและในกล้ามเนื้อจะกลับสู่สภาพปกติเท่ากับขณะที่พักเมื่อเวลาผ่านไป 58 นาที และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ (Astrand and Rodahl. 1977 311) ปริมาณความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดจะมีมากหรือน้อยเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายประการด้วยกัน ดังที่ เทเวศร์ พิริยะพฤนท์ (เทเวศร์ พิริยะพฤนท์ 2523 : 5) ได้กล่าวไว้ว่า ความเข้มข้นของกรดแลคติกนั้นจะขึ้นอยู่กับ

1. ขบวนการสร้างพลังงาน ถ้าเป็นงานที่ต้องอาศัยขบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจนหรือกลัยโคลิซีสมาก กรดแลคติกในเลือดก็จะเกิดมากขึ้น

2. ความหนักของงาน ยิ่งออกกำลังหนักมากเท่าใด ยิ่งมีกรดแลคติกในเลือดมากขึ้นเท่านั้น

3. ระยะเวลาในการทำงาน ถ้าเป็นงานระดับเดียวกัน ยิ่งให้เวลามาก การสะสมของกรดแลคติกในเลือดก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้น

4. การขนส่งออกซิเจนและความสามารถของระบบไหลเวียนที่จะรับภาวะความเป็นกรดด่าง ของร่างกาย ถ้ามีมากจะทำให้กรดแลคติกในเลือดน้อยลง

กรดแลคติก มีสูตรเคมี $CH_3\ CH(OH)COOH$, $C_3\ H_6\ O_3$ หรือสูตรโครงสร้าง $CH_3\text{-}\overset{OH}{\overset{|}{C}}\text{-}\overset{H}{\overset{|}{}}COOH$ กรดแลคติกเกิดจาก ผลิตผลเคมีในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวทำงาน ร่างกายอยู่ในภาวะปกติ มีกรดแลกติกในเลือด 10 มิลลิกรัม ต่อ 100 ซีซี แต่ถ้าร่างกายมีการออกกำลังหนัก ๆ เมื่อผ่านนาทีที่ 1 - 3 ไปแล้ว จะมีกรดชนิดนี้สะสมเพิ่มขึ้นในกระแสโลหิต ซึ่งขนาดของงานหนักที่ต้องใช้ออกซิเจน 2,000 ซีซี ต่อนาที หรือ 6,000 ฟุต-ปอนด์ต่อนาที กรดแลคติกจะเกิดมากตามหลักของ A.V.Hill กล่าวว่า ถ้าทำงานอย่างหนักหน่วงใน 1 วินาที จะมีแลคติกแอซิดผลิตออกมา 3 กรัม และร่างกายของเราจะสามารถทนต่อกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นในกระแสโลหิตได้สูงสุด 130 กรัม ฉะนั้นตามหลักของ A.V.Hill เราจะสามารถทนกลั้นลมหายใจวิ่งเต็มฝีเท้าได้ประมาณ 43.3 วินาที ($\frac{130}{3}$ = 43.3 วินาที) จากการเจาะดูโลหิตหลังการออกกำลังกายหนัก จะพบว่ามีกรดแลกติกในโลหิตประมาณ 300 มิลลิกรัม ต่อเลือด 100 ซีซี (นิ่มนวล สกุอพานิช 2528 : 33)

บอคและคนอื่น ๆ (Bock and others) พบว่า ในขณะที่พักจะมีกรดแลคติกสะสมอยู่ในเลือด 10.5 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ (mg%) เอ็ดวาร์ดส์ (Edwards) พบว่า มีอยู่ 9.4 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ ดิลและคนอื่น ๆ (Dill and others) พบว่า มีอยู่ 12.6 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ และริชชิ (Ricci) พบว่ามีอยู่ 7 ถึง 10.5 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ (Ricci. 1976 185)

ในการทำงานภายในร่างกาย ถ้ามีกรดแลคติกเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ เมื่อหายใจเอาออกซิเจนเข้าไป กรดแลคติกสามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้ เกิดในขบวนการเครับ (Kreb's cycle) ได้พลังงานมาเพื่อการหดตัวอีก ส่วนกรดแลคติกที่ไม่สามารถรวมตัวกับออกซิเจน จะซึมเข้าสู่กระแสโลหิตไปยังส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ไปที่ผิวหนังเพื่อขจัดออกมา ซึ่งพบว่า มีกรดแลคติกออกมาน้อยมาก ประมาณ 20 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์

2. ไปยังกล้ามเนื้อหัวใจ เพื่อกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อให้ทำงานเร็วขึ้น

3. ไปไต เพื่อขจัดออกมาในรูปของเกลือโซเดี่ยมแลคเตท ซึ่งจะพบเกลือชนิดนี้ในน้ำปัสสาวะหลังการออกกำลังกายแล้ว 30 - 50 นาที

4. ส่วนใหญ่ของกรดแลคติกไปตับ ซึ่งตับสามารถเปลี่ยนเป็นไกลโกเจนสะสมไว้และเปลี่ยนมาเป็นกลูโคสได้อีกเมื่อร่างกายต้องการใช้ (นิ่มนวล สกุลพานิช 2528 : 33)

ความเข้มข้นของ กรดแลคติกในเลือดในระยะเริ่มต้นของการออกกำลังกายยังคงมีค่าเท่ากับขณะที่พัก (Hermansen. 1971 401 - 407) คริสเตนเสน (Christensen. 1962 : 176 - 189) ได้อธิบายว่า ในการทำงานที่มีความหนักไม่ถึง 50 เปอร์เซนต์ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดต่อนาที จะไม่ทำให้เกิดการรบกวนความสมดุลย์ภายในร่างกายแม้จะทำงานถึง 1 ชั่วโมงก็ตาม แต่ถ้าน้ำหนักของงานเพิ่มขึ้นกว่า 50 เปอร์เซนต์ของการจับออกซิเจนสูงสุด ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดจะเพิ่มขึ้น คาร์สสัน (Karlsson. 1971 385 - 393) กล่าวว่า "เมื่อระดับความหนักของงานเพิ่มขึ้น 50 - 60 เปอร์เซนต์ของการจับออกซิเจนสูงสุด จะทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว" ในการทำงานที่ระดับความหนักของงาน 60 - 70 เปอร์เซนต์ ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในการทำงาน 10 นาทีแรก จะไม่มีแลคติกเกิดขึ้นในเลือด แต่เมื่อทำงานนานเกิน 10 นาที ไปแล้ว ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดจะเพิ่มขึ้น (Hermansen and Stensvold. 1972 191 - 201) ออสตราน (Astrand. 1970 : 300) อธิบายว่า เมื่อน้ำหนักของงานเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของกรดแลกติกในเลือด

ก็จะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งอาจจะเพิ่มขึ้นเกือบ 100 กรัม ภายใน 2 - 3 นาที ขณะเดียวกัน เฮอร์แมนเซน และสเตนโวลด์ (Hermansen and Stensvold. 1972 191 - 201) ได้กล่าวว่า ในการเปรียบเทียบปริมาณของแลคติกที่เกิดขึ้นในการทำงานอย่างเดียวกันและมีน้ำหนักของงานเท่ากันระหว่างผู้ที่ได้รับการฝึกมาอย่างดีกับผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกเลย พบว่า ในผู้ทดลองทั้งสองกลุ่มจะมีกรดแลคติกเกิดขึ้นเช่นเดียวกัน เพียงแต่ว่าผู้ที่ได้รับการฝึกจะมีปริมาณของกรดแลคติกในเลือดต่ำกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก

ในการทำงานสูงสุดในช่วงสั้น ๆ เช่น ในเวลาที่น้อยกว่า 10 นาที อัตราของการเกิดกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้น ยิ่งความหนักของงานเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดก็ยิ่งเกิดเร็วขึ้น จนถึงระดับที่ไม่สามารถทำงานได้ต่อไป (Hermansen. 1971 401 - 407) จากการทดลองของ ออสตราน (Astrand) ที่ทำการตรวจสอบตัวอย่างของกล้ามเนื้อและความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดในช่วงแรก ๆ ของการพักผ่อนหลังจากออกกำลัง จะพบว่า ปริมาณความเข้มข้นของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อที่ออกกำลังจะสูงกว่าในเลือด ขณะเดียวกัน ไดแมนท์ และคนอื่น ๆ (Diamant. 1968 : 588) พบว่า ในการออกกำลังอย่างหนัก เป็นเวลา 3 นาที เมื่อหยุดออกกำลังกายทันที ความเข้มข้นของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อจะสูงกว่าในเลือด แต่หลังจากออกกำลังกายแล้วชั่วครู่ ค่าของกรดแลกติกในเลือดจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงสุด ทำให้ค่าของปริมาณกรดแลคติกทั้งในกล้ามเนื้อและในเลือดจะมีปริมาณใกล้เคียงกัน (Astrand and Rodahl. 1970 300)

งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 1962 ออสตราน (Astrand) และคนอื่น ๆ ได้ทำการวิจัยกรดแลคติกในเลือดหลังจากออกกำลังกายอย่างหนักเป็นเวลานาน โดยใช้ผู้รับการทดลองซึ่งเป็นทีมนักสกีวิบากทีมชาติสวีเดน ชาย 18 คน และหญิง 6 คน เจ้าของเหรียญทอง 9 เหรียญ และเหรียญเงิน 3 เหรียญ จากการแข่งขันสกีชิงแชมป์โลกและโอลิมปิค ก่อนหน้านั้น 1 ปี รวมทั้งนักศึกษาชาย 4 คน อายุประมาณ 25 ปี ทำการสกีด้วย ระยะทาง 85 กิโลเมตร

ผู้รับการทดลองถูกเจาะเลือดที่ปลายนิ้วหลังจากทาการแข่งขันสกีระยะทาง 10 - 85 กิโลเมตร เสร็จสิ้นลง 1 - 3 นาที นาเลือดที่เจาะไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลกติกพบว่า หลังจากออกกำลังกายอย่างหนัก กรดแลกติกกลับลดลง เมื่อเวลานานขึ้น ในระยะทาง 10 กิโลเมตร ทาเวลาได้ 35 - 36 นาที ปริมาณกรดแลคติกเฉลี่ยเกิดขึ้น 139 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ในระยะทาง 30 กิโลเมตร ทาเวลาได้ 1 ชั่วโมง กับ 50 - 56 นาที กรดแลคติกเฉลี่ย 68 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ในระยะทาง 50 กิโลเมตร ทาเวลาได้ 3 ชั่วโมง กับ 6 - 18 นาที กรดแลกติกเฉลี่ย 39 มิลลิกรัม ต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ในระยะทาง 85 กิโลเมตร ทำเวลาได้ 5 ชั่วโมง ถึง 8 ชั่วโมง 30 นาที กรดแลกติกเฉลี่ย 23 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ก่าปริมาณของกรดแลคติกที่ต่างกัน แสดงถึงความเมื่อยล้าในหลายแบบหลายลักษณะ ซึ่งสรุปไม่ได้กระจ่างชัด ความต้องการออกซิเจนเฉลี่ย (Average VO_2) เท่ากับ 4.45 ลิตร/นาที (Astrand and others. 1963 619 - 622)

ในปี ค.ก. 1968 ไดแมนท์ (Diamant) คาร์สสัน (Karlsson) และซาลติน (Saltin) ได้ทำการศึกษาวิจัยกรดแลคติกในกล้ามเนื้อของคน หลังจากการออกกำลังกายสูงสุด โดยใช้ผู้รับการทดลองเป็นนักศึกษาวิชาพลศึกษา 4 คน ทำการวัดกรดแลคติกในกล้ามเนื้อขณะพัก และ 5 นาที หลังจากออกกำลังกายด้วยจักรยาน (Bicycle Ergometer) จนหมดแรงเป็นเวลา 3 นาที การหาความเข้มข้นของกรดแลคติกกระทำโดยการตัดชิ้นเนื้อต้นขา (Quadricep Femoris) 15 - 30 มิลลิกรัม ไปตรวจและทาการตรวจหากรดแลคติกในเลือดจากปลายนิ้ว พบว่าขณะที่พักกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ (เฉลี่ยเท่ากับ 3.0 มิลลิโมล) สูงกว่ากรดแลคติกในเลือด (เฉลี่ยเท่ากับ 1.4 มิลลิโมล) หลังจากออกกำลังสูงสุด ความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ เท่ากับ 19.1 มิลลิโมล ส่วนในเลือดเท่ากับ 12.5 มิลลิโมล จากการทดสอบกับผู้รับการทดลองคนหนึ่ง พบว่า การลดลงของความเข้มข้นของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ และในเลือดจะลดลงอยู่ในระดับใกล้เคียงกันเมื่อหลังจากออกกำลังกายแล้ว ความเข้มของกรดแลคติกในของเหลวนอกเซลกล้ามเนื้อ 20 เปอร์เซนต์ (Diamant Karlsson and Saltin. 1968 383 - 384)

ปี ค.ศ. 1970 จอร์เฟล์คท (Jorfeldt) ได้ทำการทดลองศึกษาเกี่ยวกับการสลายตัวของ ฟอสฟาเจน (ATP + CP) และการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อในการออกกำลังกายสูงสุด โดยให้ผู้รับการทดลองที่ได้รับการฝึกออกกำลังกาย 13 คน และผู้ไม่รับการฝึก 15 คน พบว่า มีการสลายตัวของ ครีเอทีนฟอสเฟตในการออกกำลังกายแบบเกือบจะสูงสุดทั้งสองกลุ่ม ในขณะเดียวกัน เอทีพี (ATP) ที่สะสมถูกใช้หมดไปในการออกกำลังกายอย่างหนัก การสะสมของกรดแลคติกจะเริ่มขึ้นเมื่อการออกกำลังกายมีระดับ 50 - 65 เปอร์เซนต์ ของสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดของแต่ละคนในกลุ่มกรดแลคติกขณะปกติจะไม่แตกต่างกัน แต่ในการออกกาลังกายตั้งแต่ 75 เปอร์เซนต์ของสมรรถภาพในการจับอ็อกซิเจนสูงสุดของแต่ละคน การสะสมกรดแลคติกของทั้งสองกลุ่มจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) คือ ผู้ไม่ได้รับการฝึกการสะสมกรดแลคติกจะสูงกว่า และพบว่าฟอสฟาเจนที่สะสมอยู่ในร่างกายถูกใช้หมดไป ในเวลาเดียวกันพลังงานจะถูกสร้างขึ้นทันทีจากอะนาโรบิคเมตาบอลิซึม แล้วจึงเกิดกรดแลคติกขึ้นและผู้วิจัยคนเดียวกันนี้ยังทำการศึกษาเกี่ยวกับการสะสมกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ ภายหลังการออกกำลังกายอย่างหมดแรง พบว่า การสะสมกรดแลคติกในกล้ามเนื้อขณะหมดแรงภายในระยะเวลาออกกาลังกาย 2 นาที ถึง 7 นาที ไม่แตกต่างกัน แต่หลังการออกกำลังกายอย่างหมดแรง ภายใน 10 นาที ถึง 20 นาที มีค่าน้อยกว่า (Jorfeldt. 1970 . 35 - 41)

ปี ค.ศ. 1971 การ์ลสัน (Karlsson) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เอทีพี, ซีพี และกรดแลคติก ของกล้ามเนื้อในการออกกำลังกายแบบก่อนสูงสุดและสูงสุด โดยใช้นักศึกษาพลศึกษาที่มีสุขภาพแข็งแรงหาค่าของกรดแลคติกในเลือดขณะพัก โดยการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วให้ออกกำลังกายโดยการถีบจักรยานและเจาะเลือดหลังออกกาลังกายจนหมดแรง คือ ไม่สามารถรักษาความถี่ 60 รอบ/นาที ได้ พบว่าในขณะที่พักความเข้มข้นของกรดแลคติกมีค่า 1.4 มิลลิโมล และจะไม่เพิ่มจนกว่าความหนักของงานจะมากกว่า 50 - 60 เปอร์เซนต์ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด เมื่อเกินขีดนี้ไปแล้วกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อถึงขีดสูงสุดของการออกกำลังกายค่าเฉลี่ยของกรดแลกติกจะเป็น 2.3 มิลลิโมล ทั้งในกล้ามเนื้อและในเลือด (Karlssor. 1971 383 - 386)

ผู้วิจัยคนเดียวกันนี้ได้ทำการวิจัยเรื่อง การขาดออกซิเจน เอทีพี, ซีพี และกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ โดยใช้ผู้เข้าทดลอง 3 คน ให้ออกกำลังกาย โดยการถีบจักรยานแต่ละคนต้องทำการทดสอบ 6 แบบ คือ 3 แบบแรก เป็นการออกกำลังกายจนหมดแรง ในงานหนัก 130 เปอร์เซนต์ 100 เปอร์เซนต์ และ 90 เปอร์เซนต์ ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด และใช้เวลา 2 นาที 7 นาที และ 16 นาที ตามลำดับ 3 แบบ ต่อมาเป็นการออกกำลังกายแบบสลับช่วงพักในแต่ละการทดลองจะหาผลรวมของการจับออกซิเจนและทำการตัดชิ้นกล้ามเนื้อ (Muscle Biopsy) หลังจากการออกกำลังกายพบว่า ช่วงเวลา 2 1/2 นาทีแรกของการทำงานมีการขาดออกซิเจน 2.6 ลิตร ในความหนักของงานต่ำสุด และ 4.9 ลิตร ในความหนักของงานสูงสุด กรดแลคติกในกล้ามเนื้อของงานต่ำสุด และ 4.9 ลิตร ในความหนักของงานสูงสุด กรดแลคติกในกล้ามเนื้อของงานต่ำสุดเป็น 8.5 มิลลิโมล และในงานสูงสุดเป็น 16.1 มิลลิโมล (Karlsson. 1971 387 - 392)

ในปี ค.ก. 1971 ดอว์สัน และคนอื่น ๆ (Dawson and others) ได้ทำการวิจัยเรื่องแลคเตทในเส้นเลือดแดงและกล้ามเนื้อของหนูขณะว่ายน้ำ โดยจับหนูไปว่ายน้ำที่มีอุณหภูมิ 22 °c และ 37 °c จนกระทั่งหมดแรง พบว่า หนูจะเหนื่อยหลังจากว่ายน้ำประมาณ 23 นาที ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 22 °c แต่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 37 °c หนูทั้งหมดจะสามารถว่ายน้ำได้นานถึง 30 นาที โดยไม่แสดงอาการเหนื่อย ในการว่ายน้ำที่มีอุณหภูมิ 37 °c แลคเตทในเลือดจะเพิ่มขึ้นจาก 1.8 เป็น 5.2 มิลลิโมล ใน 3 นาทีแรก แต่จะลดลงเป็น 3.3 และ 2.3 มิลลิโมล (mM.) หลังจากว่ายน้ำแล้ว 15 และ 30 นาที ตามลำดับ ความเข้มข้นของแลคเตทในกล้ามเนื้อและในเลือดจะใกล้เคียงกันในการว่ายน้ำที่อุณหภูมิ 22 °c แลคเตทในเลือดจะเพิ่มขึ้นประมาณ 10.5 มิลลิโมล (mM.) ในการว่ายน้ำ 3 นาทีแรก แต่จะลดลงในอัตราปริมาณที่เท่ากันของการว่ายน้ำ 37 °c แม้ว่าแลคเตทในกล้ามเนื้อจะสูงกว่าในเลือด ในน้ำอุณหภูมิ 22 °c แต่การเปลี่ยนแปลงของแลคเตทของกล้ามเนื้อและในเลือดในน้ำอุณหภูมิ 22 °c แต่การเปลี่ยนแปลงของแลคเตทของกล้ามเนื้อและในเลือดจะเท่ากัน และแลคเตททั้งในเลือดและกล้ามเนื้อจะลดลงเมื่อว่ายจนเหนื่อยในน้ำที่มีอุณหภูมิ 22 °c แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทางที่เพิ่มขึ้นของขบวนการเมตาบอลิซึมในการว่ายน้ำ

ที่อุณหภูมิ 22°C และในน้ำที่มีอุณหภูมิ 22°C และ 37°C ไพรูเวท (Pyruvate) ในเลือดแดงจะเพิ่มขึ้นในช่วง 3 นาทีแรก และต่อจากนั้นจะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยระดับกลูโคสในเลือดยังคงอยู่ในระดับเดิมตลอดการว่ายน้ำ (Dawson and others. 1971 322 - 327)

ในปีเดียวกัน คอสติลล์ และคนอื่น ๆ (Costill and others) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อในการออกกำลังระยะยาวหลายวันติดต่อกัน โดยให้ผู้เข้ารับการทดลองเพศชายจำนวน 5 คน ทำงานด้วยการวิ่งบนลู่กล (Treadmill) ที่ขนานกับพื้นระยะทาง 16.1 กิโลเมตร (10 ไมล์) ความหนักของงาน 80 เปอร์เซนต์ ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (max O_2 uptake) ของแต่ละคน โดยให้วิ่งทุกวันติดต่อกัน 3 วัน ในแต่ละวันใช้เวลาตั้งแต่ 60 - 80 นาที พบว่า การใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะมากในการวิ่งในวันแรกและจะค่อย ๆ ลดน้อยลงในการวิ่งวันที่สองและสาม การทำงานหนัก ๆ ในระยะเวลานานติดต่อกันทุกวันจะทำให้ความเข้มข้นของไกลโคเจนลดลง แลคเตทที่สะสมในขณะวิ่งจะลดลงในวันต่อ ๆ มา ในขณะที่ระดับซีรั่ม (Serum) ของกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) เพิ่มขึ้น (Costill and others. 1971 834 - 838)

ซัลติน (Saltin) และเอสเสน (Essen) ได้ทาการวิจัยเรื่องไกลโคเจน กรดแลคติก เอทีพี และซีพี ของกล้ามเนื้อในการออกกำลังกายแบบสลับช่วงพัก โดยใช้ผู้ทดลอง 3 คน ให้แต่ละคนทางานแบบสลับช่วงพัก 4 แบบ คืองาน 10 วินาที พัก 20 วินาที งาน 20 วินาที พัก 40 วินาที งาน 30 วินาที พัก 60 วินาที และงาน 60 วินาที พัก 120 วินาที การทางานแต่ละครั้งใช้เวลา 30 นาที อัตราส่วนของงานต่อการพัก เท่ากับ 1 : 2 ทำการตัดชิ้นกล้ามเนื้อหลังจากทางาน 5 นาที 15 นาที และ 30 นาที และหลังจากเสร็จสิ้นการทำงาน และสิ้นสุดระยะพัก วิเคราะห์ตามวิธีของโลว์รี่ (Lowry) พบว่า มีกรดแลคติกเกิดขึ้นในแต่ละช่วงของงานตลอดการทางานสลับช่วงพักในงานที่ทำ 60 วินาที พัก 120 วินาที พบว่ากรดแลคติกขณะสิ้นสุดการทางานสูงกว่าขณะสิ้นสุดการพัก ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเส้นเลือดดำจะสูงกว่าในเส้นเลือดแดงตลอดระยะเวลาการทำงานแบบสลับช่วงพัก (Saltin and Essen. 1971 · 419 - 424)

เอดเวอร์ดส์ และคนอื่น ๆ (Edwards and others) ได้ทำการวิจัยเรื่องความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบสลับช่วงพัก และแบบต่อเนื่องด้วยงานที่เท่ากัน โดยใช้ผู้เข้าทดลองอาสาสมัครชายที่มีสุขภาพแข็งแรง 3 คน ให้ออกกำลังกายด้วยการถีบจักรยานใช้ความถี่ 60 รอบ/นาที การทดลองประกอบด้วย การออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง 4 แบบ และสลับช่วงพัก 4 แบบ เจาะเลือดหลังจาก 6 นาที ของการทำงานเมื่อสิ้นสุด 1/3, 2/3 ของงาน เมื่อสิ้นสุดการทางานและหลังจากพัก 30 นาที นำตัวอย่างเลือดไปวิเคราะห์พบว่า การทำงานแบบต่อเนื่อง กรดแลคติกในเลือกจะสูงขึ้น ในเลือดของการทางานแบบสลับช่วงพัก จะสังเกตเห็นได้น้อยและจะไม่มีการเพิ่มอีกเมื่อการทำงานเหลือเพียง 10 นาที ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดของการทำงานแบบสลับช่วงพักจะสูงกว่าในการทำงานแบบต่อเนื่องเล็กน้อยในงานที่เท่ากัน (Edwards and others. 1971 425 - 428)

ปี ค.ศ. 1972 ฮับบาร์ก (Hubbard) ได้ศึกษาผลของการออกกาลังกายกับเมตาบอลิซึมของกรดแลคติก โดยใช้ผู้รับการทดลองอาสาสมัคร เป็นชาย 4 คน อายุเฉลี่ย 53 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 74 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 179 เซนติเมตร ทาการออกกำลังกายอย่างหนัก ประมาณ 62 - 72 เปอร์เซนต์ ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดของแต่ละคน (VO_2max) เป็นเวลา 40 - 50 นาที ผู้รับการทดลองถูกฉีดสารกัมมันตภาพรังสี โดยเกลือโซเดี่ยมแลคเตท จำนวน 5 ไมโครคูรี (5 Me $u^{-14}c$ Sodium L(+) - Lactate) เข้าเส้นเลือดดำที่แขน (Antecubital Vein) ผลปรากฏว่า หลังการออกกาลังกายกลูโคสในเลือดลดลงกว่าปกติ (ขณะพัก) และขณะออกกำลังกายกรดแลคติกจะเกิดขึ้นและถูกเมตาบอไลซ์ โดยในขณะออกกาลังกาย เมตาบอลิซึมจะเกิดเร็วมากในขณะออกกำลังกายเกือบจะสูงสุด (30 นาที ที่ 35 - 60 เปอร์เซนต์ VO_2max) ปรากฏว่า การผลิตกรดแลคติกไม่ได้เกิดเฉพาะช่วง 2 - 3 นาทีแรก ของการออกกำลังกายเท่านั้น เพราะจะเกิดกรดแลคติกตลอดเวลา แต่กรดแลคติกถูกสลายโดยขบวนการเมตาบอลิซึมไปด้วย ทำให้การผลิตและการสลายของกรดแลคติกอยู่ในภาวะคงที่ตลอด (Hubbard. 1973 1 - 18)

ในปีเดียวกันนั่นเอง เฮอร์แมนเซน (Hermansen)และสเตนสโวลด์ (Stensvold) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการผลิตและการสลายตัวของกรดแลคติกระหว่างการออกกำลังกาย โดยใช้ผู้รับการทดลองเป็นชาย 4 คน หญิง 3 คน โดยแต่ละคนผ่านการฝึกออกกำลังกายมาอย่างดี และวัดความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพักและระหว่างออกกำลังกาย ที่ระดับ 30 % 60 % 70 % และ 80 % ของสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดของแต่ละคน (VO_2max) โดยออกกำลังกายเป็นเวลา นาน 30 นาที ผู้รับการทดลองพักโดยนั่งเก้าอี้นวม และเมื่อลุกจากเก้าอี้ก็เริ่มออกกำลังกายทันที ปรากฏว่า กรดแลคติกในเลือดจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดที่ 60 - 80 เปอร์เซนต์ (VO_2max) ปริมาณกรดแลคติกขณะนั้นประมาณ 130 - 220 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร หลังจากออกกำลังกาย 30 นาที หยุดนั่งพักหรือวิ่งเบา ๆ ต่อไปเรื่อย ๆ กรดแลคติกในเลือดจะลดลงสู่ระดับปกติ และปรากฏว่าอัตราการสลายตัวของกรดแลคติกในเลือดต่อนาทีในขณะวิ่งไปเรื่อย ๆ เร็วกว่าการนั่งพัก อัตราการสลายตัวของกรดแลคติกสูงสุด เท่ากับ 8 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตรต่อนาทีที่ 63 เปอร์เซนต์ (VO_2max) โดยเฉลี่ย และสรุปว่า กล้ามเนื้อสามารถออกซิไดซ์กรดแลคติกได้ดีกว่าในพัก (Hermansen and Stensvold. 1972 . 191 - 201)

โทมัส (Thomas) ได้ทำการวิจัยเรื่องการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ระดับงานก่อนสูงสุดในผู้เข้ารับการทดลองที่มีสมรรถภาพสูงและปานกลาง โดยใช้ผู้เข้ารับการทดลองที่มีสมรรถภาพสูง 8 คน และสมรรถภาพปานกลาง 8 คน ออกกำลังกายโดยการถีบจักรยานเป็นเวลา 6 นาที ที่ความหนักของงาน 70 เปอร์เซนต์ 80 เปอร์เซนต์ และ 90 เปอร์เซนต์ ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดของแต่ละคน หลังจากงานสิ้นสุดลงทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ และเจาะตัวอย่างเลือดหลังการออกกำลังแล้ว 3 1/2 นาที เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของกรดแลคติก พบว่า กลุ่มที่มีสมรรถภาพสูงจะมีกรดแลคติกหลังการออกกำลังกายต่ำกว่ากลุ่มที่มีสมรรถภาพปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่มีสมรรถภาพทางกายสูงจะมีอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่ากลุ่มที่มีสมรรถภาพปานกลาง การที่ความหนักของงานเพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มของกรดแลคติกในเลือดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อนำเอาค่าของทั้งสองกลุ่มมารวมกัน (เทเวศร์ พิริยะพฤนท์ 2523 : 10 - 11 อ้างอิงมาจาก Thomas. 1974 : 3449-A)

เชส (Chase) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของอาหารที่แตกต่างกันและความหนักของการออกกาลังกายที่มีต่อระดับของกรดแลคติกในเลือด และระยะเวลาในการทำงานโดยใช้ผู้เข้าทดลอง 12 คน แต่ละคนต้องกินอาหาร 3 ชนิด คือ อาหารการ์โบไฮเดรทสูง และอาหารธรรมดาทั่ว ๆ ไป โดยกิน 1 ชนิดต่อสัปดาห์ เสร็จแล้วให้ออกกาลังโดยวิ่งบนลู่กล (Treadmill) ด้วยความหนัก 85 เปอร์เซนต์ 100 เปอร์เซนต์ และ 110 เปอร์เซนต์ ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ช่วงเวลาในการทางานแต่ละรอบใช้เวลา 5 นาที หรือจนกระทั่งเหนื่อย พบว่า ก่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดจะสูงที่สุดที่ระดับความหนักของงาน 110 เปอร์เซนต์ ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด โดยการกินอาหารที่มีการ์โบไฮเดรทสูงมีนัยสาคัญทางสถิติ ($F < .05$) ผู้ทดลองที่กินอาหารที่มีการ์โบไฮเดรทสูงจะทำงานได้นานที่สุดกว่าจะเหนื่อย (เทเวศร์ พิริยะพฤนท์ 2523 : 11 - 12 อ้างอิงมาจาก Chase. 1975 2700-A)

อนันต์ อัตชู ได้ทาการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกรดแลกติกในเลือดกับการออกกำลังกายแบบสลับช่วงพัก และแบบต่อเนื่อง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชายที่มีสมรรถภาพสมบูรณ์ 16 คน ออกกาลังกายโดยการถีบจักรยาน (Bicycle Ergometer) การออกกาลังกายมี 4 อนุกรม อนุกรมที่ 1 เป็นงานต่อเนื่องใช้เวลา 10 นาที ความหนัก 85 เปอร์เซนต์ ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด อนุกรมที่ 2 เป็นงานสลับช่วงพักมีอัตราการทางานต่อการพักเป็น 1 : 1 คือ ทำงาน 15 วินาที พัก 15 วินาที อนุกรมที่ 3 มีอัตราการทำงานต่อการพักเป็น 1 : 2 คือ ทำงาน 15 วินาที พัก 30 วินาที อนุกรมที่ 4 มีอัตราการทางานต่อการพักเป็น 1 : 1 คือ ทำงาน 30 วินาที พัก 30 วินาที ผลการวิจัยพบว่า การทำงานต่อเนื่อง 10 นาที มีกรดแลคติกในเลือดมากกว่าขณะพักผ่อน ค่ามัชฌิมเลขคณิตของกรดแลคติกในเลือด ในการทางานแบบสลับช่วงพักทุกอนุกรม มีมากกว่าขณะพักผ่อนการทางาน 15 วินาที พัก 15 วินาที กับการทำงาน 30 วินาที พัก 30 วินาที ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดมีปริมาณพอกับเมื่อเทียบกับกรดแลคติกของการทำงานแบบสลับช่วงพัก ทาให้คิดว่า กรดแลคติกไม่ใช่องค์ประกอบของความเหน็ดเหนื่อย ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดจะมีมากน้อยขึ้นอยู่กับความหนักเบาของงานและระยะเวลาในการทำงาน ความเข้มข้นของกรดแลคติกในการทำงาน

ชนิดสลับช่วงพักและชนิดต่อเนื่องเป็นอิสระซึ่งกันและกัน (เทเวศร์ ฟิริยะพฤนท์ 2523 : 12 - 13 อ้างอิงมาจาก Attachoo. 1975 2700 A)

งานวิจัยภายในประเทศที่เกี่ยวข้อง

ชวน สรณารักษ์ ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง กรดแลคติกในเลือด กับการวิ่งต่างระยะทาง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชาย วิทยาลัยพลศึกษาอ่างทอง จำนวน 22 คน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 59.5 กิโลกรัม และส่วนสูงเฉลี่ย 169 เซนติเมตร ทุกคนจะถูกเก็บตัวอย่างเลือดขณะที่พักผ่อนและหลังจากการวิ่งระยะทางต่าง ๆ ดังกล่าว เพื่อหาการวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด ผลการวิจัยปรากฏว่า อัตราการผลิตกรดแลคติกของการวิ่งระยะทาง 100 เมตร มากกว่าระยะทาง 200 เมตร มากกว่าการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ($P < .01$) อัตราการผลิตกรดแลคติกของการวิ่งระยะทาง 100 เมตร 200 เมตร และ 400 เมตร มากกว่าอัตราการผลิตกรดแลคติกของการวิ่งระยะทาง 800 เมตร 1,500 เมตร และ 5,000 เมตร ไม่แตกต่างกัน ($P > .10$) (ชวน สรณารักษ์ 2523 : บทคัดย่อ)

เกรียงศักดิ์ นกกระจิบ ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกรดแลคติกในเลือดกับการเหน็ดเหนื่อยของกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชาย ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 15 คน ทุกคนมีสมรรถภาพทางกายสมบูรณ์ มีอายุเฉลี่ย 21.53 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 57.73 กิโลกรัม มีส่วนสูงเฉลี่ย 166.73 เซนติเมตร ในการทำการวิจัย จะเก็บตัวอย่างเลือดผู้เข้ารับการทดลองทุก ๆ คน คนละ 5 ครั้ง คือ ขณะพักผ่อนและหลังจากทำงานที่ระดับความหนัก 70 เปอร์เซนต์ 90 เปอร์เซนต์ 110 เปอร์เซนต์ และ 130 เปอร์เซนต์ ของความสามารถสูงสุดในการจับออกซิเจน แล้วนำไปวิเคราะห์หากรดแลคติกในเลือด ผลจากการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพัก และในการทำงานที่ระดับความหนักของงาน แตกต่างกันทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และพบว่า อัตราการสะสมโดยเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดของผู้เข้ารับการทดลองแต่ละคนจะมีอยู่ต่ำในการทำงานที่มีระยะเวลานาน ส่วนการทำงานในช่วงเวลาสั้น ๆ อัตราการสะสมของกรดแลคติกในเลือดจะสูงกว่า (เกรียงศักดิ์ นกกระจิบ 2523 : บทคัดย่อ)

เทเวศร์ พิริยะพฤนท์ ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปริมาณของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในเลือดภายหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ล ในระยะทาง 100 เมตร 200 เมตร 400 เมตร และ 1,500 เมตร กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชายที่มีสมรรถภาพทางกายสมบูรณ์ จำนวน 20 คน ทุกคนเป็นนักกีฬาทางน้ำระดับคณะและมหาวิทยาลัยของจุฬาลงกรณ์ มีอายุเฉลี่ย 23.3 ปี ทุกคนจะต้องถูกเก็บตัวอย่างเลือดขณะพักผ่อนและหลังการว่ายน้ำในระยะทางต่าง ๆ ที่กำหนด เพื่อนำไปวิเคราะห์หากรดแลคติกในเลือด ผลการวิจัยปรากฏว่า ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพักผ่อน และหลังว่ายน้ำแบบครอว์ล ทั้ง 4 ระยะทางมีความแตกต่างกันที่ระดับความมีนัยสำคัญ .01 เมื่อทำการเปรียบเทียบรายคู่พบว่า ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดหลังว่ายน้ำ ระยะทาง 100 เมตร 200 เมตร และ 400 เมตร สูงกว่าขณะพักผ่อน ($P < .01$) ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดหลังว่ายน้ำ ระยะทาง 100 เมตร 200 เมตร 400 เมตร และ 1,500 เมตร ไม่แตกต่างกัน ($P > .01$) (เทเวศร์ พิริยะพฤนท์ 2523 : บทคัดย่อ)

สุรชา อมรพันธุ์ ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปริมาณการสะสมของกรดแลคติกในเลือดภายหลังการว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร ระหว่างการว่ายน้ำ 4 แบบ คือ ผีเสื้อ กรรเชียง กบ และครอว์ล และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการว่ายน้ำกับปริมาณการสะสมของกรดแลคติกในเลือดหลังการว่ายน้ำแต่ละแบบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชายชั้นปีที่ 1 - 2 ปีการศึกษา 2528 ซึ่งผ่านการเรียนว่ายน้ำ 1 มาแล้ว ของวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ จำนวน 20 คน ทุกคนจะถูกเก็บตัวอย่างเลือดขณะพักผ่อนและหลังการว่ายน้ำ 100 เมตร ในแบบต่าง ๆ ที่กำหนดเพื่อนำไปวิเคราะห์หากรดแลคติกในเลือด ผลการวิจัยปรากฏว่าความเข้มข้นต่าง ๆ มีความแตกต่างกันที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 และปริมาณความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดในการว่ายน้ำแบบต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน ($P > .05$) อัตราการเกิดก่อนาทีของปริมาณการสะสมของกรดแลคติกในเลือดในการว่ายน้ำแบบครอว์ล กับการว่ายน้ำแบบผีเสื้อกับกรรเชียงและกบ กรรเชียงกับกบ กบกับครอว์ลแตกต่างกัน ($P < .05$) เมื่อหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการว่ายน้ำแบบผีเสื้อ กรรเชียงและกบกับปริมาณการสะสมของกรดแลคติกในเลือด หลังการว่ายน้ำทั้ง 3 แบบ พบว่ามีความสัมพันธ์กันต่ำ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ห้องสมุดบัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แต่ในการว่ายน้ำแบบกรอว์ล มีความสัมพันธ์กันสูง ($P < .05$) เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการว่ายน้ำแบบกรอว์ลน้อยที่สุดรองลงไปคือ กบ กรรเชียง และผีเสื้อ ตามลาดับ (สุรชา อมรพันธ์ 2529 : บทคัดย่อ)

สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า

ปริมาณการสะสมสารแลคเตทในเลือดที่เกิดขึ้นหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร แตกต่างกัน

177961

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

ในการดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักศึกษาชายของวิทยาลัยพลศึกษา กรุงเทพ ชั้นปีที่ 1 - 2 ปีการศึกษา 2529 จำนวนทั้งหมด 20 คน ซึ่งได้มาโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีอายุ น้ำหนัก ความสูง และระดับสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตใกล้เคียงกัน ระดับสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตทดสอบโดยใช้แบบทดสอบ ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทส (Harvard Step Test)(รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข) และผู้เข้ารับการทดสอบทุกคนได้รับการตรวจสุขภาพจากแพทย์ก่อนการทดสอบ แบ่งกลุ่มผู้รับการทดสอบเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ผู้เข้ารับการทดสอบผ่านการเรียนวิชาว่ายน้ำ 1 มาแล้ว จำนวน 10 คน ให้ว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด

กลุ่มที่ 2 ผู้เข้ารับการทดสอบผ่านการเรียนวิชากรีฑา 1 มาแล้ว จำนวน 10 คน ให้วิ่งระยะทาง 400 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือทั่วไป

1. นาฬิกาจับเวลาแบบกดหยุด (Stop-Watch) ที่สามารถบอกเวลาได้ละเอียด 1/100 วินาที เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท SEIKO ประเทศญี่ปุ่น สำหรับใช้จับเวลาในการว่ายน้ำและการวิ่ง 3 เรือน ใช้ในการจับชีพจร 2 เรือน

2. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง ซึ่งใช้ชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงได้ในเครื่องเดียวกัน เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Detecto ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. ขวดขนาด 10 ซี.ซี. สำหรับใส่ตัวอย่างเลือด 50 ขวด

4. ไซริงก์ (Syring) ขนาด 10 ซี.ซี. และเข็มฉีดยา ขนาด 21 G x $1\frac{1}{2}$ (Disposable Needle) 50 ชุด

<u>เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เลือด</u>

1. เครื่องอ่านแสง (Spectrophotometer, Cuvette 10 mm. lightpath)
2. เครื่องชั่งสาร (Harvard Trip Balance) และเครื่องชั่ง (Mettler HIO TW)
3. เครื่องเขย่า (Thermolyne Maxi Mix In)
4. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter)
5. เตาไฟฟ้า (Hct Plate)
6. ตู้อบความร้อน (Memmert)
7. ตู้เย็นสำหรับเก็บน้ำยาและตัวอย่างเลือด
8. กระติกน้ำแข็งสำหรับเก็บน้ำยาและตัวอย่างเลือด
9. หลอดทดลอง (Test Tube) 80 หลอด
10. ไพเพท (Pipette) ขนาด 10 ซี.ซี. 20 อัน ขนาด 1 ซี.ซี. 30 อัน
11. กรวย 10 อัน
12. ขวด ขนาด 250 ซี.ซี. 10 ใบ
13. โถตวง (Flask) 250 ซี.ซี. 3 ใบ ถ้วยตวง (Beaker) 250 ซี.ซี. 3 ใบ กระบอกตวงขนาด 500 ซี.ซี. 1 ใบ 250 ซี.ซี. 1 ใบ
14. แท่งแก้ว 3 อัน
15. ช้อนตักสาร 5 คัน
16. กระดาษกรอง ฮวอทแมน (Whatman) 1 กล่อง

17. พาราฟิล์ม (Parafilm) 120 แผ่น

18. คีม (Forcep) จับขวก 2 อัน

19. ตะกร้าเหล็กไม่เป็นสนิม (Stainless) 1 ใบ

น้ำยาและสารเคมี

1. .05 M Glyzine 6 gm.

2. .04 M Hydrazine 10 gm.

3. Meta phosphoric acid 26 gm.

4. NAD Solution (20 mg/ml) 300 gm.

5. LDH Suspension (Cons. 25 Unit in 0.01 ml) 20 ml.
(LDH, rabbit muscle. Type II)

6. Citric acid 16.8 gm.

7. NaOH 50 gm.

8. NaF 4.2 gm.

9. EDTA (Ethylenediamine Tetra Acetic acid) 0.0054 M. 5 gm.

10. Cetavlon (Cethytrimethy Ammonium Bromide) 4 gm.

หมายเหตุ รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค

สถานที่ทดลอง

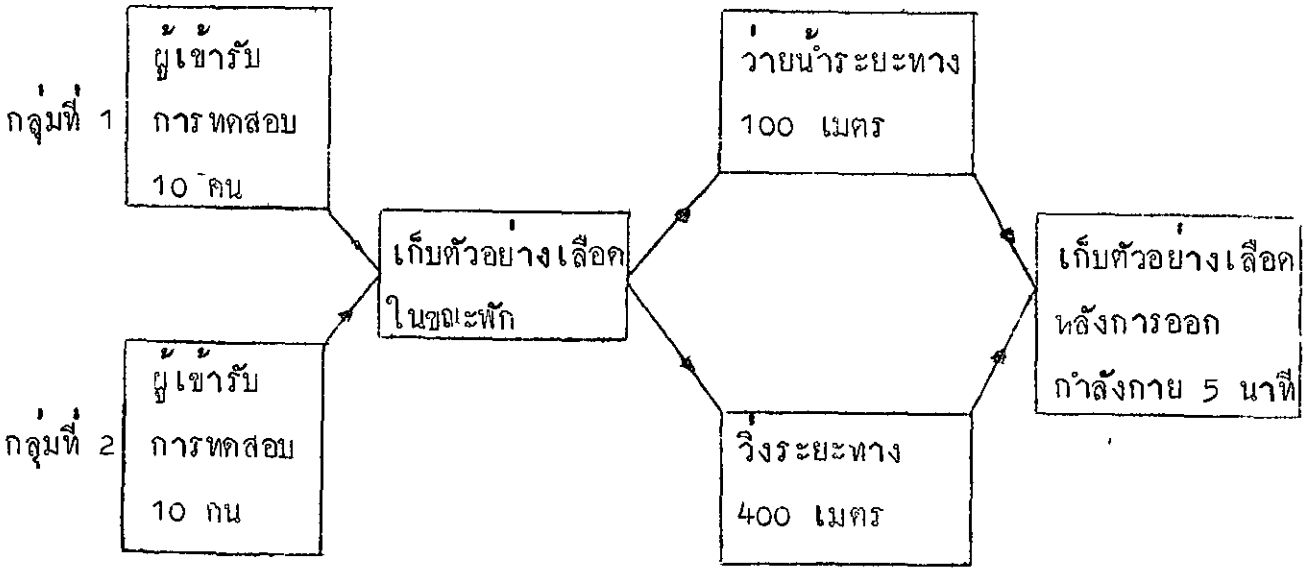
1. สถานที่ทดลอง คือ สระว่ายน้ำ ขนาด 12 x 25 เมตร และสนามกรีฑาของวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ

2. สถานที่เก็บตัวอย่างเลือดคือบริเวณขอบสระว่ายน้ำ และระเบียงตึกข้างสนามกรีฑา

3. สถานที่วิเคราะห์ตัวอย่างเลือด คือ ห้องปฏิบัติการทางชีวเคมี (เกี่ยวกับงานวิจัยพิเศษ) ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทย์ศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

วิธีดำเนินการทดลอง

การทดลองใช้เวลาทั้งสิ้น 2 วัน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2529 โดย วันที่ 1 ทำการเก็บตัวอย่างเลือด (Blood Sample) ขณะพัก (Rest) ของผู้เข้ารับการทดสอบกลุ่มที่ 1 โดยให้นั่งพักผ่อนก่อน 15 นาที ต่อจากนั้นให้ออกกำลังกายโดยการว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 100 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด หลังจากการว่ายน้ำสิ้นสุดลงแล้ว 5 นาที จึงทำการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือด วันที่ 2 ทำการเก็บตัวอย่างเลือดขณะนั่งพักแล้ว 15 นาที ของผู้เข้ารับการทดสอบกลุ่มที่ 2 ต่อจากนั้นให้ออกกำลังกายโดยการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด หลังจากการวิ่ง สิ้นสุดลงแล้ว 5 นาที จึงทำการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดต่อไป เหตุที่ทำการเจาะตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดหลังจากการว่ายน้ำและการวิ่งแต่ละคนสิ้นสุดแล้ว 5 นาที ก็เนื่องจากว่า ความเข้มข้นของสารแลกเตทในเลือดหลังจากออกกำลังกายแล้ว 5 นาที จะมีค่าเท่ากับความเข้มข้นของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ (Astrand and Rodahl. 1977 311) กระบวนการทดลอง มีดังนี้



การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัยติดต่อขอความร่วมมือจากกณบดีคณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดจากภาควิชาชีวเคมี และผู้อำนวยการวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ เพื่อทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างและขอใช้สถานที่ในการทดสอบ

2. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. อธิบายวิธีการทดสอบแก่ผู้ช่วยในการทดสอบ ผู้รับการทดสอบ เพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการทดสอบและรายละเอียดอื่น ๆ

4. ก่อนการทดสอบ ผู้วิจัยและผู้ช่วยทดสอบ ชี้แจงจุดประสงค์ของการทดสอบให้ผู้เข้ารับการทดสอบฟังจนเป็นที่เข้าใจ

5. บันทึกผลของการทดสอบของผู้เข้ารับการทดสอบเป็นรายบุคคล เมื่อได้ข้อมูลแล้วนำมาบันทึกในบันทึกรวม เพื่อหาค่าสถิติ แล้วทำการวิเคราะห์ สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะความคิดเห็นที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

การเก็บตัวอย่างเลือด

การเก็บตัวอย่างเลือดใช้เวลาทั้งสิ้น 2 วัน ซึ่งกระทำในวันที่ 25 - 26 กุมภาพันธ์ 2530 เวลา 10.00 - 12.00 น. โดยใช้ไซริงค์ ขนาด 10 ซีซี และเข็มฉีดยาขนาด 21G x $1\frac{1}{2}$ เจาะเส้นเลือดดำที่หน้าแขนดูดเลือดออกมา 5 ซีซี แล้วถ่ายใส่ขวดที่เตรียมน้ำยาไว้ การเก็บตัวอย่างเลือดในแต่ละวันมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

วันที่ 1 เป็นการเก็บตัวอย่างเลือดขณะพักของผู้เข้ารับการทดสอบกลุ่มที่ 1 จำนวน 10 คน และเก็บตัวอย่างเลือดภายหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร สิ้นสุดลง 5 นาที

วันที่ 2 เป็นการเก็บตัวอย่างเลือดขณะพักของผู้เข้ารับการทดสอบกลุ่มที่ 2 จำนวน 10 คน และเก็บตัวอย่างเลือดภายหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร สิ้นสุดลง 5 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. หาคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสารแลคเตทในเลือดขณะพักและหลังจากการว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

2. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดก่อนกับหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 100 เมตร และก่อนกับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สูตร t-test (Dependent)ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

3. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร กับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สูตร t-test (Independent) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการทางสถิติต่อไปนี้

1. หาคะแนนเฉลี่ยของระดับสารแลคเตทในเลือดขณะพักและหลังจากการว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สูตร (ล้วน สายยก และอังคณา สายยศ 2522 : 51)

$$\overline{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน คะแนนตัวกลางเลขคณิต

ΣX แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

N แทน จำนวนคนที่เข้ารับการทดลอง

2. หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสารแลคเตทในเลือดขณะพักและหลังจากการว่ายน้ำแบบกรอว์ล ระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}}$$

(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2522 : 100)

เมื่อ S.D. แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ΣX^2 แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$(\Sigma X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนคนที่เข้ารับการทดลอง

3. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย จากผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดก่อนกับหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 100 เมตร และก่อนกับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สูตร t-test (Dependent)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n-1}}}$$

$$df = n - 1$$

(ชูศรี วงศ์รัตนะ 2527 : 133)

เมื่อ D แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

ΣD แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคู่

ΣD^2 แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคู่ยกกำลังสอง

$(\Sigma D)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคู่ทั้งหมดยกกำลังสอง

df แทน ขั้นแห่งความเป็นอิสระ

4. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตท ในเลือดหลังการว่ายน้ำแบบกรอว์ล ระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่ง ระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สูตร t-test (Independent)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(N_1-1)\,S^2_1 + (N_2-1)\,S^2_2}{N_1 + N_2 - 2}\left[\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right]}}$$

$$df = N_1 + N_2 - 2$$

(ชูศรี วงศ์รัตนะ 2527 : 119)

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาความแตกต่าง

$\bar{X}_1$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1

$\bar{X}_2$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 2

N_1 แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

N_2 แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

S^2_1 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มที่ 1

S^2_2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มที่ 2

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 หาคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสารแลคเตท ในเลือดขณะพัก กับหลังการว่ายน้ำแบบกรอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

ตอนที่ 2 ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดก่อน กับหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และก่อนกับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สถิติแบบที (t-test Dependent) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตอนที่ 3 ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร กับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สถิติแบบที (t-test Independent) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

<u>สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล</u>

X	แทน คะแนนที่ได้จากการทดสอบ
$\overline{X}$	แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน
S.D.	แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
N	แทน จำนวนคนที่เข้ารับการทดสอบ
t	แทน ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย
D	แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

$\bar{X}_1$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1

$\bar{X}_2$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 2

N_1 แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

N_2 แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

S_1^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มที่ 1

S_2^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มที่ 2

ดังจะได้นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาเสนอดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสารแลกเตทในเลือดขณะพัก กับหลังการว่ายน้ำแบบกรอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

ตาราง 1 แสดงผลของคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสารแลกเตทในเลือดขณะพัก กับหลังการว่ายน้ำแบบกรอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมเปอร์เซนต์)

	N	$\bar{X}$		S.D.	
		ขณะพัก	หลังออกกาลังกาย	ขณะพัก	หลังการออกกำลังกาย
ว่ายน้ำ 100 เมตร	10	13.46	110.13	1.88	19.68
วิ่ง 400 เมตร	10	14.28	117.37	2.43	17.38

จากตาราง 1 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของระดับสารแลกเทในเลือดขณะพักของกลุ่มว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร มีค่าเท่ากับ 13.46 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ และของกลุ่มวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีค่าเท่ากับ 14.28 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ ระดับสารแลคเตทในเลือดหลังจากการออกกำลังกายของกลุ่มว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตรมีค่าเท่ากับ 110.13 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ มีค่าน้อยกว่าระดับสารแลคเตทในเลือดหลังจากการออกกาลังกายของกลุ่มวิ่งระยะทาง 400 เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 117.37 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสารแลคเตทในเลือดขณะพักของกลุ่มว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร มีค่าเท่ากับ 1.88 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ และของกลุ่มวิ่งมีค่าเท่ากับ 2.43 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ ระดับสารแลกเตทในเลือดหลังออกกาลังกายของกลุ่มว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร มีค่าเท่ากับ 19.68 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ และของกลุ่มวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีค่าเท่ากับ 17.38 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์

<u>ตอนที่ 2</u> ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดก่อนกับหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และก่อนกับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สถิติแบบที (t-test Dependent) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตาราง 2 แสดงการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากผลการวิเคราะห์ระดับสารแลกเตทในเลือดก่อนกับหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 100 เมตร และก่อนกับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมเปอร์เซนต์)

	N	ΣD	ΣD^2	t
ว่ายน้ำ 100 เมตร	10	966.69	96370.48	16.97*
วิ่ง 400 เมตร	10	1030.95	108335.88	21.60*

*$p < .05$ $(t = 2.26)$

จากตาราง 2 แสดงให้เห็นว่าระดับสารแลกเตทในเลือดก่อนกับหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และก่อนกับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

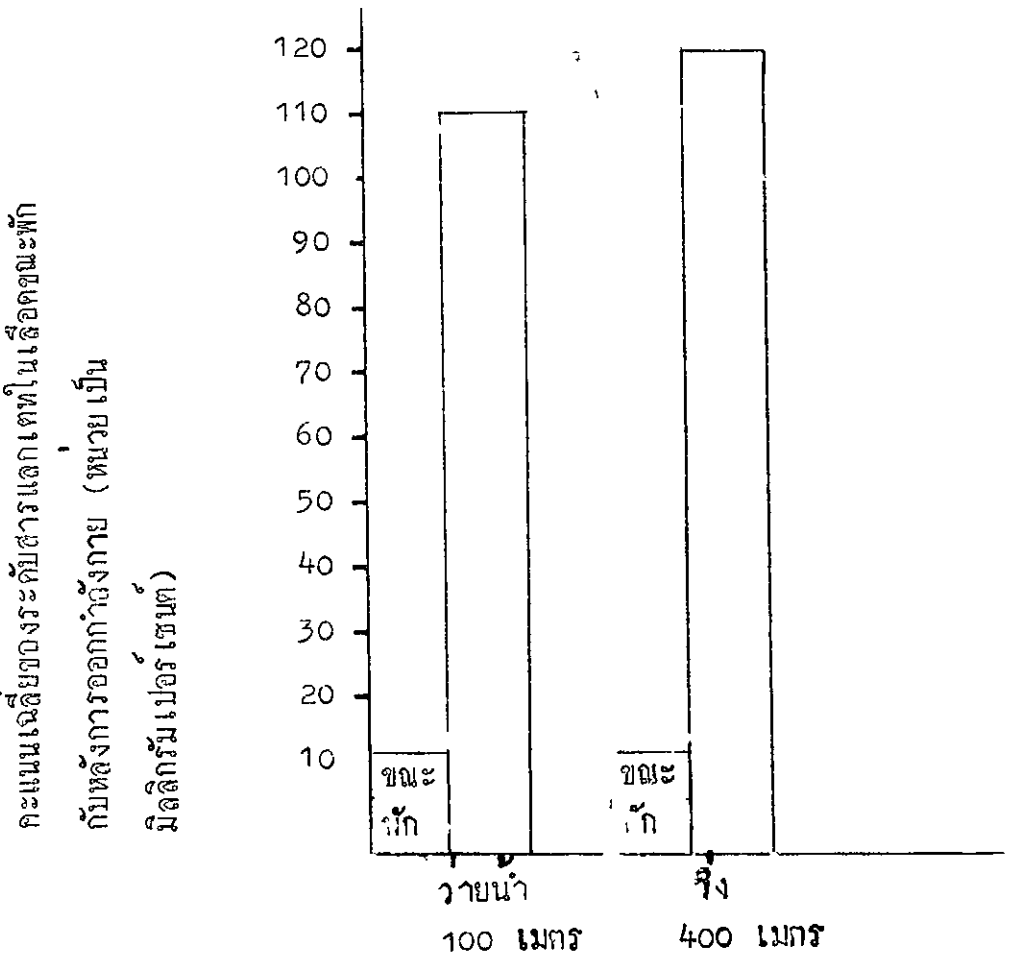
ตอนที่ 3 ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร กับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สถิติแบบที (t-test Independent) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตาราง 3 แสดงผลของคะแนนเฉลี่ยระหว่างระดับสารแลคเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำแบบกรอว์ลระยะทาง 100 เมตร กับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมเปอร์เซนต์)

	N	$\bar{X}$	S.D.	$S.D.^2$	t
ว่ายน้ำ 100 เมตร	10	110.13	19.68	387.30	.87
วิ่ง 400 เมตร	10	117.37	17.38	302.06	

$p > .05$ $(t = 2.101)$

จากตาราง 3 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของระดับสารแลกเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำ 100 เมตร มีค่าเท่ากับ 110.13 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ น้อยกว่าคะแนนเฉลี่ยของระดับสารแลกเตทในเลือดหลังการวิ่ง 400 เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 117.37 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสารแลกเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำ 100 เมตร มีค่าเท่ากับ 19.68 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ น้อยกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสารแลกเตทในเลือดหลังการวิ่ง 400 เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.38 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ผลว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพประกอบ 2 แสดงการเปรียบเทียบกราฟคะแนนเฉลี่ยของระดับสารแลกเทในเลือดขณะพักกับหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

จากภาพประกอบ 2 จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของระดับสารแลคเทในเลือดในขณะพัก ก่อน และหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 100 เมตร มีค่าเท่ากับ 13.46 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ และ 110.13 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ตามลำดับ และคะแนนเฉลี่ยของระดับสารแลคเทในเลือดในขณะพัก ก่อน และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีค่าเท่ากับ 14.28 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ และ 117.37 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อทราบระดับสารแลคเตทในเลือดภายหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และภายหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

2. เพื่อเปรียบเทียบระดับสารแลคเตทในเลือดระหว่างหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร กับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักศึกษาชายของวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ ชั้นปีที่ 1 - 2 ปีการศึกษา 2529 จำนวนทั้งหมด 20 คน ซึ่งได้มาโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีอายุ น้ำหนัก ความสูง และระดับสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตใกล้เคียงกัน ระดับสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตทดสอบโดยใช้แบบทดสอบฮาร์วาร์ด สเต็ป เทส (Harvard Step Test) (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข) และผู้เข้ารับการทดสอบทุกคนได้รับการตรวจสุขภาพจากแพทย์ก่อนการทดสอบ แบ่งกลุ่มผู้เข้ารับการทดสอบเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ผู้เข้ารับการทดสอบผ่านการเรียนวิชาว่ายน้ำ 1 มาแล้วจำนวน 10 คน ให้ว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด

กลุ่มที่ 2 ผู้เข้ารับการทดสอบผ่านการเรียนวิชากรีฑา 1 มาแล้วจำนวน 10 คน ให้วิ่งระยะทาง 400 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือทั่วไป

1. นาฬิกาจับเวลาแบบกดหยุด (Stop-Watch) ที่สามารถบอกเวลาได้ละเอียด 1/100 วินาที เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท SEIKO ประเทศญี่ปุ่น สำหรับใช้จับเวลาในการว่ายน้ำและการวิ่ง 3 เรือน ใช้ในการจับชีพจร 2 เรือน
2. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง ซึ่งใช้ชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงได้ในเครื่องเดียวกัน เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Detecto ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. ขวดขนาด 10 ซี.ซี. สำหรับใส่ตัวอย่างเลือด 50 ขวด
4. ไซริงก์ (Syring) ขนาด 10 ซี.ซี. และเข็มฉีดยา ขนาด 21G x $1\frac{1}{2}$ (Disposable needle) 50 ชุด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เลือด

1. เครื่องอ่านแสง (Spectrophotometer, Cuvette 10 mm, lightpath)
2. เครื่องชั่งสาร (Harvard Trip Balance) และเครื่องชั่ง (Mettler HIO Tw)
3. เครื่องเขย่า (Thermolyne Maxi Mix In)
4. เครื่องวัดกรวดเป็นกรด-ด่าง (ph meter)
5. เตาไฟฟ้า (Hot plate)
6. ตู้อบความร้อน (Memmert)
7. ตู้เย็นสำหรับเก็บน้ำยาและตัวอย่างเลือด
8. กระติกน้ำแข็งสำหรับเก็บน้ำยาและตัวอย่างเลือด
9. หลอดทดลอง (Test tube) 80 หลอด
10. ไพเพท (Pipette) ขนาด 10 ซี.ซี. 20 อัน ขนาด 1 ซี.ซี. 30 อัน
11. กรวย 10 อัน

12. ขวด ขนาด 250 ซี.ซี. 10 ใบ

13. โถตวง (Flask) 250 ซี.ซี 3 ใบ ถ้วยตวง (Beaker) 250 ซี.ซี. 3 ใบ กระบอกตวง ขนาด 500 ซี.ซี. 1 ใบ 250 ซี.ซี. 1 ใบ

14. แท่งแก้ว 3 อัน

15. ช้อนตักสาร 5 คัน

16. กระดาษกรอง ยี่ห้อแมน (Whatman)1 กล่อง

17. พาราฟิล์ม (Parafilm) 120 แผ่น

18. คีม (Forcep) จับขวด 2 อัน

19. ตะกร้าเหล็กไม่เป็นสนิม (Stainless) 1 ใบ

<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีลำดับขั้นดังต่อไปนี้

1. หาคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสารแลกเทในเลือดขณะพัก และหลังจากการว่ายน้ำแบบกรอวลระยะทาง 100 เมตร กับหลังจากการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

2. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเทท ในเลือดก่อนกับหลังการว่ายน้ำแบบกรอวลระยะทาง 100 เมตร และก่อนกับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สถิติแบบที (T-test Dependent) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

3. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเทท ในเลือดหลังการว่ายน้ำแบบกรอวลระยะทาง 100 เมตร กับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยใช้สถิติแบบที (T-test Independent) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

<u>สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล</u>

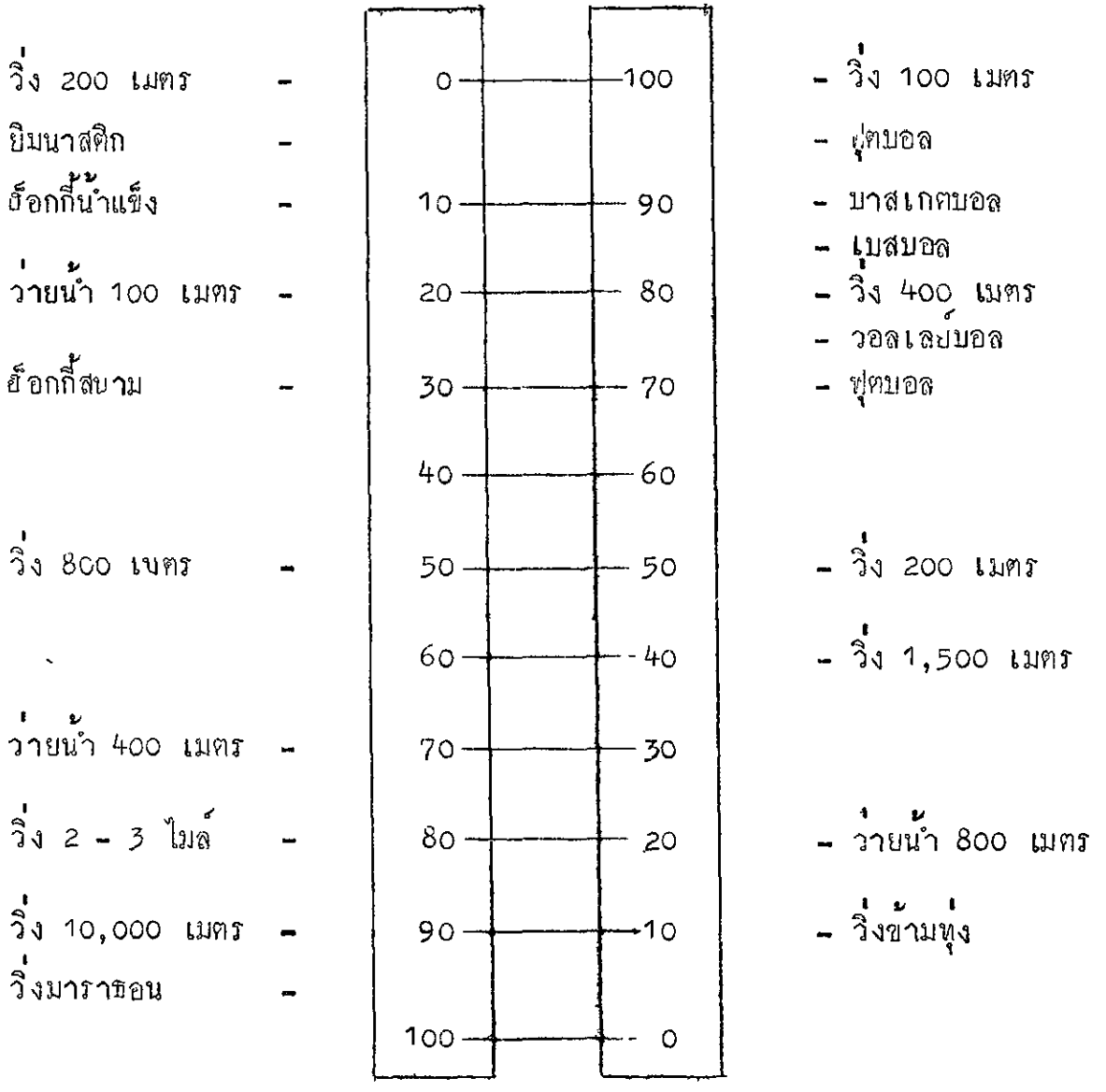
1. คะแนนเฉลี่ยของระดับสารแลกเทในเลือดขณะพัก กับหลังการว่ายน้ำแบบกรอวล ระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างผลการวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร กับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ผลการวิจัยปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

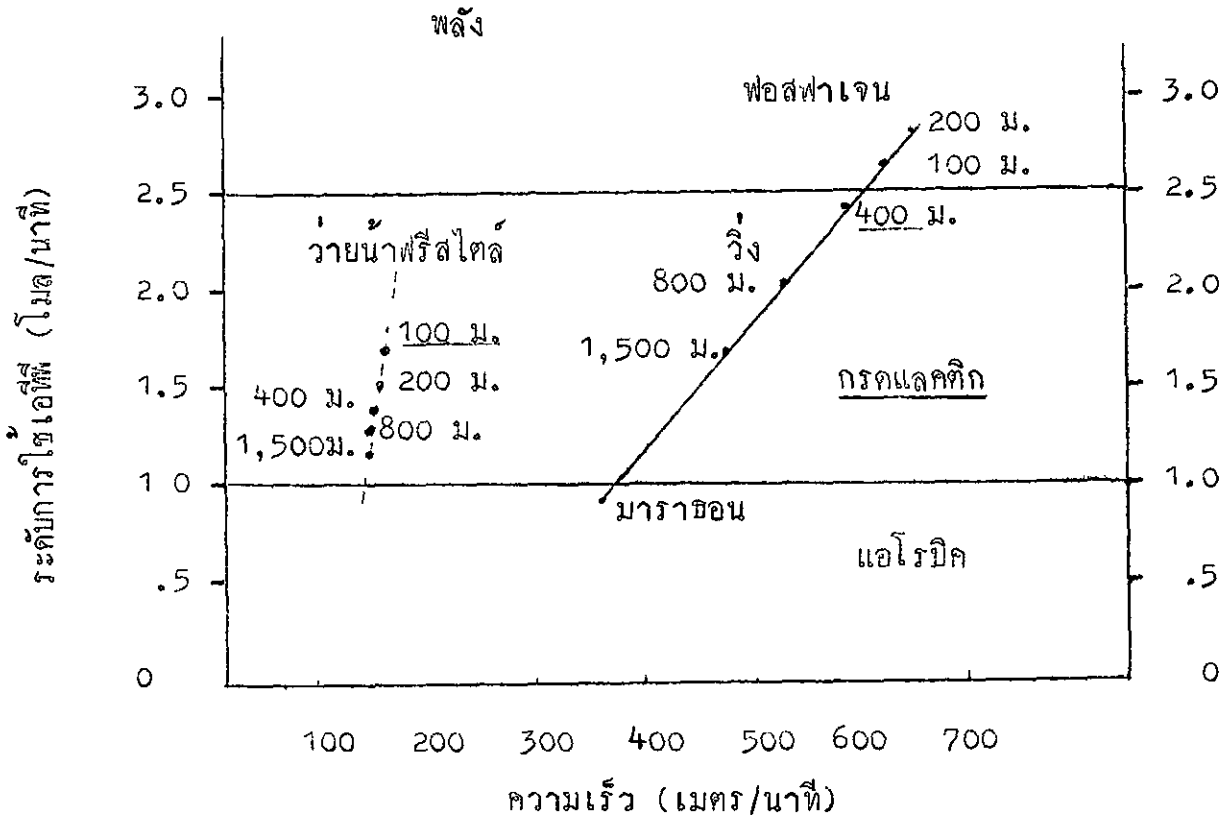
1. จากผลการวิจัยพบว่า ระดับสารแลคเตทในเลือดขณะพักกับหลังจากการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังจากการวิ่ง 400 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า เมื่อมีการออกกำลังกายเกิดขึ้นจะทำให้ระดับสารแลคเตทในเลือดเพิ่มมากขึ้นกว่าขณะพัก ซึ่งทั้งนี้ก็เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของขบวนการทางเคมี เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานที่จะใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะปฏิกริยาเคมีจากขบวนการกลัยโคลิซิส ซึ่งจะทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้นในเซลล์ของกล้ามเนื้อที่มีการหดตัว และกรดแลคติกนี้จะแพร่เข้าสู่กระแสโลหิต จนมีปริมาณการสะสมของกรดแลคติกทั้งในกล้ามเนื้อและในเลือดใกล้เคียงกัน หลังจากหยุดออกกำลังกายไปแล้ว 5 นาที (Astrand and Rodahl. 1977 311) จากผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ เทเวศร์ พิริยะพฤนท์ (เทเวศร์ พิริยะพฤนท์ 2523 : บทคัดย่อ) พบว่า ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพักผ่อนและหลังว่ายน้ำแบบครอว์ลทั้ง 4 ระยะทางมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ชวน สรฆารักษ์ (ชวน สรฆารักษ์ 2523 : 31 - 32) พบว่า ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดหลังจากการวิ่งระยะทาง 100 เมตร 200 เมตร 400 เมตร 800 เมตร 1,500 เมตร และ 5,000 เมตร สูงกว่าความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเกรียงศักดิ์ นกกระจิบ (เกรียงศักดิ์ นกกระจิบ 2523 : บทคัดย่อ) พบว่า ความเข้มข้นของกรดแลกติกในเลือดขณะพักและในการทำงานที่ระดับความหนักของงานแตกต่างกันทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. จากผลการวิจัยพบว่า การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างผลวิเคราะห์ระดับสารแลคเตทในเลือดหลังการว่ายน้ำแบบกรอว์ลระยะทาง 100 เมตร กับหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ที่ว่า ปริมาณการสะสมสารแลคเตทในเลือดที่เกิดขึ้นหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากว่ากิจกรรมทั้งสองชนิดนี้เป็นกิจกรรมการออกกำลังกายอยู่ในระดับงานเดียวกัน ดังนั้นปริมาณการสะสมสารแลคเตทในเลือดที่เกิดขึ้นหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร และหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร จึงมีความแตกต่างกันไม่มากนัก ดังภาพประกอบ 3 (Fox. 1984 : 31)



ภาพประกอบ 3 พลังงานที่ใช้ในกีฬาประเภทต่าง ๆ

จากภาพประกอบ 3 แสดงให้เห็นว่า การว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร และการวิ่งระยะทาง 400 เมตร จัดอยู่ในระดับงานเดียวกัน ซึ่งใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิค และพลังงานแบบแอโรบิก ในอัตราส่วน 80 : 20 กรดแลกติกจะถูกสร้างขึ้นมาอย่างมาก ในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิค โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอ (ประทุม ม่วงมี 2527 : 26) แต่ถ้าดูจากคะแนนเฉลี่ยของปริมาณการสะสมสารแลคเตทในเลือดที่เกิดขึ้นหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ลระยะทาง 100 เมตร มีค่าเท่ากับ 110.13 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของปริมาณการสะสมสารแลคเตทในเลือดที่เกิดขึ้นหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีค่าเท่ากับ 117.37 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ เนื่องมาจากระดับการใช้เอทีพี่ ในการทำงานและความสามารถในการใช้งานของการว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร มีน้อยกว่าของการวิ่งระยะทาง 400 เมตร และปริมาณการสะสมกรดแลกติกของการว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร ต่ำกว่าของการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ดังจะเห็นได้จากภาพประกอบ 4 (Fox. 1984 29)



ภาพประกอบ 4 แสดงระดับการใช้เอทีพีในการว่ายน้ำกับการวิ่งระยะต่าง ๆ และบริเวณที่เกิดกรดแลคติก

จากภาพประกอบ 4 แสดงให้เห็นว่าใน 1 นาที การว่ายน้ำฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร ใช้เอทีพีเท่ากับ 1.7 โมล แต่การวิ่งระยะทาง 400 เมตร ใช้เอทีพีเท่ากับ 2.3 โมล และปริมาณการสะสมกรดแลคติกของการว่ายน้ำฟรีสไตล์ 100 เมตร ต่ำกว่าของการวิ่ง 400 เมตร แสดงให้เห็นว่าการว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร ใช้พลังงานน้อยกว่าการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ดังนั้นปริมาณการสะสมกรดแลคติกที่เกิดขึ้นหลังการว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร จึงมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณการสะสมกรดแลคติกที่เกิดขึ้นหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

3. จากการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของการว่ายน้ำและการวิ่ง โดย ปีเตอร์ และเอินส์ โจค์ล (Peter and Ernst Jokl. 1977 : 213) ได้พบว่า ในขณะที่ร่างกายลอยตัวอยู่ในน้ำนั้นน้ำจะช่วยเสริมสภาพไร้น้ำหนัก เพราะน้ำมีแรงพยุง หัวใจจะขยายใหญ่ขึ้น การบีบตัวเป็นจังหวะของหัวใจจะสามารถสูบฉีดโลหิตออกมามากขึ้น เนื่องจากว่านักว่ายน้ำมีลักษณะลำตัวอยู่ในแนวนอน ดังนั้นความสามารถในการสูบฉีดโลหิต ของหัวใจจึงมีมากยิ่งขึ้น และสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิเย็นทำให้โลหิตจากเส้นโลหิตใต้ผิวหนัง ไหลกลับไปสู่หัวใจได้ดีขึ้น จากเหตุผลเหล่านี้จึงอาจจะเป็นข้อสันนิษฐานได้ว่า เนื่องจากปริมาณ โลหิตที่ไปสู่หัวใจมีมากขึ้น ดังนั้นจึงมีปริมาณออกซิเจนมากขึ้นด้วยซึ่งช่วยทำให้กรดแลคติกเกิดช้า กว่าปกติได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมสารแลกเตทในเลือดหลัง การว่ายน้ำ และหลังการวิ่งโดยใช้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวปฏิบัติทั้งสองกิจกรรม เพื่อดูว่าจะมี ความแตกต่างกันอย่างไร

2. ควรทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมสารแลคเตทในเลือดหลัง การว่ายน้ำ และหลังการวิ่งในระยะทางอื่น ๆ ว่าจะมีความแตกต่างกันอย่างไร

3. ควรทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมสารแลคเตทในเลือดหลัง การออกกำลังกายในกีฬาประเภทอื่น ๆ

4. ควรทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมสารแลคเตทในเลือดหลัง การออกกำลังกายทั้งชายและหญิงในระดับต่าง ๆ หรือสถาบันต่าง ๆ

5. ผลการวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในสาขาพลศึกษาต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ นกกระจิบ กรดแลคติกในเลือดกับการเหน็ดเหนื่อยของกล้ามเนื้อ วิทยานิพนธ์ ค.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2523, 72 หน้า อัดสำเนา

จรวยพร ธรณินทร์ กายวิภาคและสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย พิมพ์ครั้งที่ 2 ไทยวัฒนาพานิช 2525, 385 หน้า

ชวน สรณารักษ์ กรดแลคติกในเลือดกับการวิ่งต่างระยะทาง วิทยานิพนธ์ ค.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2523, 56 หน้า อัดสำเนา

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ สรีรวิทยา ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล 2520, 492 หน้า

ชูศรี วงศ์รัตนะ สถิติเพื่อการวิจัย พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์เจริญผล 2527, 370 หน้า

เทเวศร์ พิริยะพฤนท์ กรดแลกติกในเลือดกับการว่ายน้ำแบบครอว์ล วิทยานิพนธ์ ค.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2523, 49 หน้า อัดสำเนา

ธนิต ขำวัฒนพันธ์ "ฝึกซ้อมกรีฑา" พลศึกษาสาร โรงพิมพ์โรงเรียนการช่างวุฒิศึกษา 23 พฤศจิกายน 2517, 18 หน้า

นิ่มนวล สกุลพานิช เอกสารประกอบการเรียน สรีรวิทยาของการออกกาลังกาย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา 2528, 112 หน้า อัดสำเนา

ประทุม ม่วงมี รากฐานทางสรีรวิทยาของการออกกาลังกายและการพลศึกษา พิมพ์ครั้งที่ 1 บูรพาสาส์น 2527, 372 หน้า

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ สถิติวิทยาทางการศึกษา พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช 2522, 276 หน้า

สมคิด บุญเรือง การวัดผลในวิชาพลศึกษา โรงพิมพ์โรงเรียนสตรีเนติศึกษา 2521, 203 หน้า

สุรชา อมรพันธุ์ กรดแลกติกในเลือดกับการว่ายน้ำแบบต่าง ๆ ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2528, 78 หน้า อัดสำเนา

/อนันต์ อัศชู สรีรวิทยาการออกกำลังกาย แผนกวิชาพลศึกษา คณะกรุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2520, 124 หน้า อัดสำเนา

Astrand, Per-Olof Inger Halloank, Rune Hodman and Bengt Saltin et al. "Blood Lactate after Prelonged Severe Exercise," Journal of Applied Physiology. 18(3) (May 1963) 672 p.

Astrand, Per-Olof. and Kaare Rodahl. Textbook of Work Physiology. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc. 1977. 2nd ed., 681 p.

Christensen, Hohwii E. Muscular as a Tissue. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1962. 584 p.

Costill and others "Muscle Glycogen Utilization during Prelonged Exercise on Successive Days," Journal of Applied Physiology. Vol 31, No 6, (December 1971) p. 834 - 838.

David R. Lamb. Physiology of Exercise. New York, Macmillan Pubishing company, 1984, p. 46.

Dawson and others. "Arterial Blood and Muscular Lactate during Swimming in the Rat," Journal of Applied Physiology. Vol 30 No. 3 (March 1971) p. 322 - 327

De Vries, Herbert A. Physiology of Exercise for Physical Education and Athletics. Dubuque, Iowa, WM.C.Brown Company, 1974. 515 p.

Diamant Bertil, Jan Karlsson and Bengt Saltin. "Muscle Tissue Lactate after Maximal Exercise in Man," Acta Physiologica Scandinavica. (March 1968) 588 p.

Dick, James Gardiner Analytical Chemistry Sir George Williams University, McGraw-Hill Kogakusha, L.T.D. 1973, 698 p.

Edwards, R.H.T. and others. Advance in Experimental Medicine and Biology. Vol. 11 ed. Bengt Pernow and Bengt Saltin New York Plenum Press Company, 1971, p. 425 - 428

Fox, Edward. Sports Physiology. CBS College Publishing, Holt, Rinehart and Winston, 1980. 418 p.

Hadjivassilion, A,G., and Reider, S.U. The Enzymatic Assay of Pyruvic Acid and Lactic Acid. A definitive Procedure. Clin. Chem. Acta. 19, 1968. unpaged

/Hermansen, Lars. Muscular During Exercise. ed. Bengt Pernow and Bengt Saltin (New York Plenum Press, 1971) p. 782

Hermansen, Lars. and Inger Stensvold. "Production and Romoval of Lactate during Exercise in Man" Acta Physiologica Scandinavica. 86 (January 1972) p. 191 - 201, 631 p.

Hubbard, Judith I. "The Effect of Exercise on Lactate Metabolism," Journal of Physiology. Cambridge University press (London) 231 (May 1973) 696 p.

Jokl, Peter and Ernst. "Variety Running and Swimming world recoras," Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. Vol. 17 1977. p. 231 - 217

Jorfeldt, L. "Lactate Accumlation and Phosphagen Depletion with Submaximal and Maximal Exercise," Acta Physiologica Scandinavica. 338 (1970) 631 p.

Karlsson, J. Muscular During Exercise. New York, Plenum Press, 1971. 783.

_____ Advance in Experimental Medicine and Biology. Vol. 11 ed. Bengt Pernow and Bengt Saltin(New York Plenum Press Co., 1971) p. 387 - 392.

Mc Ardle, William D. and Other. Exercise Physiology. Philadelphia, Lea & Febiger, 1981. 508 p.

Ricci, Benjamin. Physiological Basic of Human Performance. Philadelphia Lea and Febriger, 1976

Saltin, A and Essen, B. Advance in Experimental Medicine and Biology. Vol. 11, ed. Bengt Pernow and Bengt Saltin (New York Plenum Press Co., p. 419 - 424.

Shaver, Larry G. Essentials of Exercise Physiology. Minneapolis, Minnesota, Burgess Publishing Company, 1981. 310 p.

Taber's Cyclopedic Medical Dictionary. Philadelphia, F.A. Davis Company, 1977. unpaged.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตาราง 4 สมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตของผู้เข้ารับการทดสอบ โดยวิธี ฮาร์วาร์ด สเตป เทส กลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มทำการทดสอบว่ายน้ำแบบกรอว์ล ระยะทาง 100 เมตร ผู้เข้ารับการทดสอบผ่านการเรียนวิชาว่ายน้ำ 1 มาแล้ว จำนวน 10 คน

ลำดับที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (ก.ก.)	ความสูง (ซ.ม.)	ชีพจรขณะพัก (ครั้ง/นาที)	เวลาของการออกกำลัง (วินาที)	ชีพจรเมื่อพักหลังออกกำลัง 1 นาที (ครั้ง/30 วินาที)	ดรรชนีของประสิทธิภาพทางกาย
1	23	57	167	78	300	68	80.21
2	20	59	161	78	300	66	82.64
3	23	52.5	162	72	300	64	85.23
4	20	57	167	64	300	63	86.58
5	20	58	168	76	300	65	83.92
6	20	56.5	163	76	300	65	83.92
7	20	64	175	80	300	67	81.41
8	23	54.5	166	66	300	66	82.64
9	21	58.5	168	64	300	64	85.23
10	21	66	166	66	300	66	82.64
เฉลี่ย	21.1	58.63	166.3	72	300	65.4	83.44

ตาราง 5 สมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตของผู้เข้ารับการทดสอบ โดยวิธี ฮาร์วาร์ด สเตป เทส กลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มทดสอบวิ่งระยะทาง 400 เมตร ผู้เข้ารับการทดสอบผ่านการเรียนวิชากรีฑา 1 มาแล้ว จำนวน 10 คน

ลำดับที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (ก.ก.)	ความสูง (ซ.ม.)	ชีพจรขณะพัก (ครั้ง/นาที)	เวลาของการออกกำลัง (วินาที)	ชีพจรเปอร์เซ็นต์หลังออกกำลัง 1 นาที (ครั้ง/30 วินาที)	ดรรชนีของประสิทธิภาพทางกาย
1	20	58	171	78	300	64	85.23
2	22	61.5	169	70	300	66	82.64
3	20	61	162	60	300	66	82.64
4	21	62	164	70	300	67	81.41
5	20	56	168	66	300	65	83.92
6	22	56.5	167.5	78	300	65	83.92
7	20	57	154	70	300	68	80.21
8	20	60	165	60	300	64	85.23
9	22	58	167	70	300	64	85.23
10	23	60	168	72	300	67	81.41
เฉลี่ย	21	59	165.5	69.4	300	65.6	83.18

ตาราง 6 เวลาที่ใช้ในการว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 100 เมตร (หน่วยเป็นนาที)

ลาดับที่	เวลา	หมายเหตุ
1	1.25	
2	1.26	
3	1.30	
4	1.30	
5	1.29	
6	1.28	
7	1.14	
8	1.30	
9	1.30	
10	1.30	
เฉลี่ย	1.27	

ตาราง 7 เวลาที่ใช้ในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (หน่วยเป็นนาที)

ลาดับที่	เวลา	หมายเหตุ
1	1.11	
2	.59	
3	1.12	
4	1.11	
5	1 10	
6	1.10	
7	1.10	
8	1.04	
9	1.06	
10	1.02	
เฉลี่ย	1.04	

ตาราง 8 ระดับสารแลกเทในเลือดของผู้เข้ารับการทดสอบในขณะพักและหลังการว่ายน้ำแบบครอวล์ระยะทาง 100 เมตร (หน่วยเป็นมิลลิโมล/ลิตร และมิลลิกรัมเปอร์เซนต์)

ลำดับที่	ขณะพัก		หลังการว่ายน้ำ	
	(มิลลิโมล/ลิตร)	(มิลลิกรัม %)	(มิลลิโมล/ลิตร)	(มิลลิกรัม %)
1	1.91	17.19	14.60	131.4
2	1.68	15.12	14.52	130.68
3	1.64	14.76	14.34	129.06
4	1.56	14.04	13.67	123.03
5	1.50	13.5	12.72	114.48
6	1.46	13.14	12.42	111.78
7	1.36	12.24	12.11	108.99
8	1.32	11.88	9.62	86.58
9	1.31	11.79	9.23	83.07
10	1.22	10.98	9.14	82.26
เฉลี่ย	1.50	13.46	12.24	110.13

ตาราง 9 ระดับสารแลคเตทในเลือดของผู้เข้ารับการทดสอบในขณะพักและหลังการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (หน่วยเป็นมิลลิโมล/ลิตร และมิลลิกรัมเปอร์เซนต์)

ลำดับที่	ขณะพัก		หลังวิ่ง	
	(มิลลิโมล/ลิตร)	(มิลลิกรัม %)	(มิลลิโมล/ลิตร)	(มิลลิกรัม %)
1	1.98	17.82	15.53	139.77
2	1.94	17.46	14.80	133.2
3	1.87	16.83	14.73	132.57
4	1.62	14.58	14.04	126.36
5	1.62	14.58	13.55	121.95
6	1.51	13.59	13.54	121.86
7	1.45	13.05	12.50	112.5
8	1.37	12.33	11.13	100.17
9	1.30	11.7	10.99	98.91
10	1.21	10.89	9.61	86.49
เฉลี่ย	1.59	14.28	13.04	117.37

ภาคผนวก ข

การทดสอบสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิต
โดยวิธี ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ (Harvard Step Test)

เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสภาวะของหัวใจและหลอดเลือดโดยการให้ก้าวขึ้นลงบนม้าหรือยกพื้นเป็นเวลา 5 นาที แบบทดสอบนี้ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อวัดสมรรถภาพการทำงานของกล้ามเนื้อและความสามารถที่จะฟื้นตัว (Recovery) หลังจากออกกำลังแล้ว

เครื่องมือเครื่องใช้ ได้แก่ นาฬิกาที่บอกเวลาได้ถึงวินาที ม้าหรือยกพื้นสูง 20 นิ้ว เครื่องให้จังหวะ (Metronome) ถ้ามี ถ้าไม่มีใช้เคาะจังหวะก็ได้ นับก็ได้

วิธีทดสอบ

สามารถทดสอบเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม ผู้เข้าทดสอบแต่ละคนจะมีผู้สังเกต และวัดชีพจรเช่นเดียวกับแบบทดสอบอื่น ๆ ต้องวัดชีพจรก่อนทดสอบ เพื่อหาชีพจรขณะพัก (Resting Pulse Rate) แล้วจึงให้ผู้เข้ารับการทดสอบมายืนอยู่หน้ายกพื้น หรือเก้าอี้เตรียมพร้อมตามลำดับดังต่อไปนี้

1. ผู้เข้าทดสอบยืนอยู่หน้าม้าหรือเก้าอี้ หันหน้าเข้าหาเก้าอี้ ต้องอธิบายถึงการก้าวเท้าขึ้นลงให้เป็นที่เข้าใจกันเสียก่อนว่าการก้าวเท้ามี 4 จังหวะ คือ 1. ก้าวเท้าข้างหนึ่งขึ้นบนเก้าอี้โดยเหยียบให้เต็มฝ่าเท้า ขาไม่เลยออกมา 2. ก้าวเท้าอีกข้างหนึ่งขึ้นไปเหยียบบนเก้าอี้หรือบนยกพื้นให้เต็มเท้าเช่นเดียวกัน 3. ก้าวเท้าในจังหวะ 1 ลงจากม้า ต้องไม่กระโดก จังหวะ 4 ก้าวเท้าอีกข้างหนึ่งลงมา อาจนับเป็นจังหวะ 1-2-3-4 ก็ได้ ผู้เข้ารับการทดสอบต้องหายใจให้เต็มที่และเป็นจังหวะเข้าถึงบนม้า ต้องก้าวให้ได้ 30 ก้าวต่อนาที หรือก้าวละ 2 วินาที ถ้ามีเครื่องให้จังหวะจะแน่นอนยิ่งขึ้น อาจเคาะให้จังหวะก็ได้หรือให้นับก็ได้ (นับในใจหรือนับดัง ๆ เป็นจังหวะตามการก้าวเท้า คือ 1-2-3-4)

2. เริ่มต้นโดยให้คำบอกว่า "ระวัง" "เริ่ม" แล้วทำไปจนครบ 5 นาที หรือจนผู้ถูกทดสอบหมดแรงไม่อาจคุมจังหวะได้

3. เมื่อครบเวลา 5 นาที ให้คำบอกว่า "หยุด" แล้วให้นั่งลงบนเก้าอี้ทันที

4 เมื่อนั่งครบ 1 นาที จับชีพจร 30 วินาที จนถึงนาทีที่ 2 (อีก 30 วินาที) จับชีพจร 30 วินาที และวับชีพจร 30 วินาที ในนาทีที่ 3 จดบันทึกไว้ทั้งหมด

การคิดคะแนน

ใช้สูตรในการคำนวณโดยรวมชีพจรทั้ง 3 ครั้งเข้าด้วยกัน และเวลาของการออกกำลังกาย (อาจมีบางคนหาได้ไม่ครบก็เอาเวลาที่หาได้ใกล้ครบก็ใช้ 5 นาที) สูตรที่ใช้คือสูตรหาดรรชนีประสิทธิภาพทางกาย (Index of Physical Efficiency (IPE)

สูตร

$$\text{ดรรชนีประสิทธิภาพทางกาย (Index of P.E.)} = \frac{100 \times \text{เวลาที่ออกกำลัง (เป็นวินาที)}}{2 \times \text{ผลรวมของชีพจรรวม 3 ครั้ง}}$$

ตัวเลขจากการคำนวณได้มาเท่าใด ต้องเอาไปเทียบกับเกณฑ์ดังนี้

สภาพทางกาย (Physical Condition)	ดรรชนีของประสิทธิภาพทางกาย
ยอดเยี่ยม	90 ขึ้นไป
ดี	80 - 90
ปานกลาง	65 - 79
อ่อน	55 - 64
อ่อนมาก	54 ลงไป

ดอมา วอห์นสัน และโรบินสัน (Johnson and Robinson) (สมคิด บุญเรือง 2521 : 68) ได้คิดสูตรแบบสั้นขึ้นโดยคิดเวลาในการออกกำลังและการจับชีพจรครั้งเดียว เมื่อพักหลังออกกำลัง 1 นาที จับชีพจร 30 วินาที แล้วคำนวณจากสูตรดังนี้

สูตร

$$\text{ดรรชนีประสิทธิภาพทางกาย (IPE)} = \frac{100 \times \text{เวลาที่ออกกำลัง (เป็นวินาที)}}{5.5 \times \text{ชีพจรเมื่อพักหลังการออกกำลัง 1 นาที}}$$

แล้วนำตัวเลขที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดังนี้

สูงกว่า 80	สมรรถภาพทางกายดี
50 - 80	สมรรถภาพทางกายปานกลาง
ต่ำกว่า 50	สมรรถภาพทางกายอ่อน

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์หาระดับสารแลกเตทในเลือด
โดยวิธี Enzymatic Assay of Lactic Acid

วัสดุ

1. สารเคมี และ Reagents

1.1 สารละลาย Metaphosphoric acid (Ricden-De-Haen) : 5 % เตรียมโดยละลายสาร m - Phosphoric acid จำนวน 5 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นเพื่อทำให้เจือจางได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1.2 สารละลาย Metaphosphoric acid (Ricdel-De-Haen) . 5 % เตรียมโดยละลายสาร m - Phosphoric acid จำนวน 3 กรัม โดยใช้น้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นเพื่อทำให้เจือจางจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1.3 Glycine - Hydrazine Buffer, pH 9.5 ประกอบด้วย

- Glycine	0.5	โมลา (ของ BDH-Chemicals)
- Hydrazine hydrate	0.4	โมลา (ของ BDH-Chemicals)
- EDTA disodium salt	0.0054	โมลา (ของ BDH-Chemicals)

เตรียมโดยละลาย glycine 37.54 กรัม และ EDTA 2 0 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เสร็จแล้วเติม hydrazine hydrate 20 มิลลิลิตร ลงไปผสมให้เข้ากัน แล้วนำสารละลายทั้งหมดนี้ไปปรับให้มี pH 9.5 จากนี้เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

การละลาย Buffer นี้ ควรจะเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อรักษาสภาพ

1.4 การละลาย Nicotinamide adenine dinucleotide, beta form (NAD ของ Sigma Chemicals) grade III 27 มิลลิลิตร เตรียมโดยละลายสาร NAD กับน้ำกลั่นแล้วทำให้สารละลายมีความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

1.5 Lactic acid dehydrogenase(Crystalline LDH - Type III ของ Sigma Chemicalsจากหัวใจวัว 10 มิลลิลิตร เอนไซม์โปรตีน/มิลลิลิตร 500 ยูนิต/มิลลิกรัม) เจือจาง LDH ด้วย 85 % (w/v) ของ NaCl เพื่อที่จะให้ได้ความเข้มข้นของสารเท่ากับ 25 หน่วย ในปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร

2. Spectro-photometer ของ Perkin-Elmer Coleman55 ซึ่งสามารถใช้กับ cuvette 10 mm. light path เพื่อวัดกรดแลคติกในงานวิจัยนี้

วิธีการ

1 การเก็บเลือดตัวอย่าง

การเก็บเลือดเพื่อตรวจหากรดแลกติกต้องใช้วิธีพิเศษเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของกรดแลกติกในระหว่างเจาะเลือด เช่น ไม่ใช้ tourniquet หรือหลีกเลี่ยงการใช้ tourniquet รัดนานเกินไป หลังจากเจาะเลือดได้มาแล้วจาเป็นต้องกาจัดโปรตีนในตัวอย่างเลือดทันทีด้วยการตกตะกอนโปรตีนด้วยกรดทางที่สะดวกสาหรับการเก็บคือ stabilize ใน Stabilizing agent of Long's mixture

การเตรียม Long's mixture จะเตรียมได้ดังนี้ คือ

นา Citric acid monohydrate16.8 กรัม ละลายในน้ากลั่น 80 มิลลิลิตร แล้วปรับให้ได้ pH เท่ากับ 4.0 ด้วย 40 % NaOH แล้วเติม Sodium fluoride4.2 กรัม Cetyl trimethyl ammonium bromide (cetrimide) 4.0 กรัม เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติมน้ากลั่นาให้ได้ปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร แล้วแบ่งของผสมที่ได้นา 0.25 มิลลิลิตร ใส่ขวดอบจนแห้ง

2. การตกตะกอนโปรตีน (Deproteinization)ปล่อย Long's Mixture Specimen จานวน 1 มิลลิลิตร ลงใน tube ที่มีสารละลาย 5% ของ m-Phosphoric acid ที่เย็นใน tube ซึ่งมีปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน กรอง deproteinized blood ผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 จะได้น้าใสและเก็บไว้ในที่เย็น

3. การวัดค่ากรดแลคติก

การวัดจะทำที่ 25°c โดยใช้วิธีการ Hedjıvassılıon และ Reıder

ใน square quartz cuvette จะประกอบด้วย 1 มิลลิลิตร ของ glycıne hydrazıne buffer pH9.5 0.05 มิลลิลิตร ของสารละลายใสที่กรองได้ (blood fıltrate) และ 0.1 มิลลิลิตร ของสารละลาย NAD ส่วนใน blank จะใช้ 0.05 มิลลิลิตร ของ 3 % m-Phosphoric acıd แทนสารละลายที่กรองได้ ส่วน ınıtıal absorbance วัดที่ 350 mm โดยใช้น้ำเป็น bland ต่อมาเติม 0.05 มิลลิลิตร ของ suspensıon LDH 25 หน่วย ลงในแต่ละ cuvette ทิ้งไว้ 20 นาที แล้วจึงนำมาวัด โดย Spectrophotometer หา absorbance จากกรดแลคติกจะหาได้โดยการลบค่า absorbance sample ด้วยค่า absorbance ของ blank ปริมาณของกรดแลกติกคำนวณได้โดยใช้สูตร

$$As\ (final\text{-}ınıtıal) - Ab\ (final\text{-}ınıtıal) \times \frac{1.2 \times 4}{6.22 \times 0.05}$$

ซึ่งค่าที่คำนวณได้คือ กรดแลกติก มีหน่วยเป็นมิลลิโมล

Ab = Absorbance of Blank

As = Absorbance of Sample

1.2 = total volume of assay mıxture

4 = dılutıon Factor

6.22 = mM extınctıon coefficıent for NADH

0.05 = volume of fıltrate used

การหาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยความเข้มข้นมิลลิโมล/ลิตร กับปริมาณร้อยละโดยมิลลิกรัม/มิลลิลิตร (มิลลิกรัมเปอร์เซนต์, mg %)

นิยาม ปริมาณของสาร 1 โมล มีมวลเท่ากับมวลโมเลกุลของสารนั้นที่มีหน่วยเป็นกรัม ปริมาณของสาร 1 มิลลิโมล มีมวลเท่ากับมวลโมเลกุลของสารนั้นที่มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม เช่น กรดแลกติก 1 มิลลิโมลจะมีมวลเท่ากับมวลโมเลกุลของกรดแลกติกที่มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 90 มิลลิกรัม

ตัวอย่าง การเปลี่ยนหน่วยมิลลิโมลเป็นมิลลิกรัม เช่น กรดแลคติก 1.91 มิลลิโมลจะมีมวลเท่ากับกี่มิลลิกรัม

วัตราส่วนระหว่างจำนวนมิลลิโมลต่อมิลลิกรัม $= \frac{1 \text{ มิลลิโมล}}{90 \text{ มิลลิกรัม}}$

$= \frac{1 \text{ มิลลิโมล} \times 1.91}{90 \text{ มิลลิกรัม} \times 1.91}$

$= \frac{1.91 \text{ มิลลิโมล}}{171.9 \text{ มิลลิกรัม}}$

สูตรการหามวลของกรดแลกติก = จำนวนมิลลิโมล x มวลของแลกติกในมิลลิโมล

นิยาม ความเข้มข้นของสารละลาย 1 มิลลิโมล/ลิตร หมายถึง ปริมาณของสารตัวถูกละลาย จำนวน 1 มิลลิโมลที่อยู่ในสารละลาย 1 ลิตร หรือ 1000 มิลลิลิตร เช่น สารละลายกรดแลกติก 1 มิลลิโมล/ลิตร หมายถึง กรดแลคติกจำนวน 1 มิลลิโมลที่อยู่ในสารละลาย 1 ลิตร หรือ 1000 มิลลิลิตร

การเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลาย มิลลิโมลต่อลิตรหรือมิลลิโมลต่อมิลลิลิตร เป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรได้ดังนี้

$$\frac{\text{มิลลิโมล}}{1000 \text{ มิลลิลิตร}}$$

เราให้ความเข้มข้นอยู่ในหน่วยเปอร์เซนต์โดยมวล (มิลลิกรัม) ต่อปริมาตร (มิลลิโมล) หมายถึง มวลของสารตัวถูกละลาย (มิลลิกรัม) ในสารละลาย 100 มิลลิลิตร

$$\frac{\text{มิลลิโมล}}{1000 \text{ มิลลิลิตร}} = \frac{\text{มิลลิโมล} \times \frac{1}{10}}{1000 \text{ มิลลิลิตร} \times \frac{1}{10}} = \frac{\frac{\text{มิลลิโมล}}{10}}{100 \text{ มิลลิลิตร}}$$

$$\frac{\frac{1}{10} \text{ มิลลิโมล}}{100 \text{ มิลลิลิตร}} = \frac{\frac{1}{10} (\text{จำนวนมิลลิโมล} \times \text{มวลมิลลิกรัมใน 1 มิลลิโมล})}{100 \text{ มิลลิลิตร}}$$

สูตรในการคำนวณหา มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ คือ

$\frac{1}{10}$ (จำนวนมิลลิโมล/ลิตรที่หาได้ x มวลมิลลิกรัมใน 1 มิลลิโมล)

ตัวอย่าง กรดแลคติกเข้มข้น 1.91 มิลลิโมล/ลิตร จะมีความเข้มข้นเป็นมิลลิกรัมเปอร์เซนต์เท่ากับเท่าใด

มิลลิกรัมเปอร์เซนต์ = $\frac{1}{10}$ (จำนวนมิลลิโมล/ลิตร ที่หาได้ x มวลมิลลิกรัมใน 1 มิลลิโมล)

$= \frac{1}{10} (1.91 \times 90)$

= 17.19 มิลลิกรัมเปอร์เซนต์

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อผู้วิจัย นางฉวีวรรณ วีระเดโช

ภูมิลาเนา 788 ม.1 ต.บางมด เขตราษฎร์บูรณะ จ.กรุงเทพมหานคร

การศึกษา ปีการศึกษา 2509 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียน
โกวิทยำรง เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร

ปีการศึกษา 2512 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียน
มัธยมสาธิตวิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร
กรุงเทพมหานคร

ปีการศึกษา 2514 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนมัธยมสาธิตวิทยาลัยวิชาการศึกษา
ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร

ปีการศึกษา 2518 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี กศ.บ.(พลศึกษา)
จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา
กรุงเทพมหานคร

ปีการศึกษา 2529 สำเร็จการศึกษาระดับการศึกษามหาบัณฑิต กศ.ม.
(พลศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
กรุงเทพมหานคร

หน้าที่ราชการ 2519 - ปัจจุบัน โรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร สังกัดฝ่ายมหาวิทยาลัย
กรุงเทพมหานคร