

ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา
สถาบันการพลศึกษาวิทยาเขตชลบุรี



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา
มิถุนายน 2555

ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา
สถาบันการพลศึกษาวิทยาเขตชลบุรี



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา
มิถุนายน 2555
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา
สถาบันการพลศึกษาวิทยาเขตชลบุรี



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา
มิถุนายน 2555

นริรัตน์ บุตรบุญปิ่น. (2555). ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา

สถาบันการพลศึกษาวิทยาเขตชลบุรี. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ:

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม:

ดร.พัชรชศักดิ์ ธัญประจันบาน, รองศาสตราจารย์สุกัญญา พานิชเจริญนาม.

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาศาสนาการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาศาสนาการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ปีการศึกษา 2552 จำนวน 191 คน ได้มาจากการสุ่มแบบอาสาสมัคร (Volunteer Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีปั่นจักรยานของออสตรานด์ – ไรห์มิง (Astrand – Ryhming) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยการหาค่าที่ (t-test Independent) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One - Way Analysis of Variance: ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี (LSD method)

ผลการวิจัยพบว่า

1. ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชาย สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.89 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.98 มล./กก./นาที ซึ่งส่วนใหญ่มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดอยู่ในเกณฑ์ดี และพบว่า นักศึกษาหญิง สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.05 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.13 มล./กก./นาที ซึ่งส่วนใหญ่มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

2. จากการเปรียบเทียบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาศาสนาการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี พบว่า

2.1 นักศึกษาชายและหญิง สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ไม่แตกต่างกัน

2.2 นักศึกษาศาสนาการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ชั้นปีที่ 1 - 4 พบว่า นักศึกษาหญิง ชั้นปีที่ 1- 4 มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ไม่แตกต่างกัน และ นักศึกษาชาย ชั้นปีที่ 1- 4 มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.5

LEVEL OF MAXIMAL OXYGEN CONSUMPTION OF STUDENTS
FROM INSTITUTE OF PHYSICAL EDUCATION CHONBURI CAMPUS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Physical Education
at Srinakharinwirot University

June 2012

Nareerat Bootboonpun. (2012). Level of Maximal Oxygen Consumption of Students from Institute of Physical Education Chonburi Campus. Master thesis, M.Ed. (Physical Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Phatchasak Thanprachanban, Asst. Prof. Sukanya Panitchareonnam.

The purpose of this research was to studied and compares the maximum oxygen consumption ($VO_2\max$) of students from Institute of Physical Education Chonburi Campus. The subjects were 191 students from Institute of Physical Education Chonburi Campus they were Volunteer Sampling. They were tested by Astrand – Ryhming test. Data were analyzed by using mean, standard deviation, independent t-test, One Way Analysis of Variance: (ANOVA) and with multiple comparisons testing by LSD method.

The results were as follows:

1. The maximum oxygen consumption ($VO_2\max$) of male students from Institute of Physical Education Chonburi Campus, the mean was 49.89 ml/kg/min and standard deviation was 10.98 ml/kg/min. The most of maximum oxygen consumption ($VO_2\max$) were good. The maximum oxygen consumption ($VO_2\max$) of female students from Institute of Physical Education Chonburi Campus, the mean was 51.05 ml/kg/min and standard deviation was 16.13 ml/kg/min. The most of maximum oxygen consumption ($VO_2\max$) were very good.

2. The mean of the maximum oxygen consumption ($VO_2\max$) of students from Institute of Physical Education Chonburi Campus:

- 2.1 The mean of the maximum oxygen consumption ($VO_2\max$) of male and female students from Institute of Physical Education Chonburi Campus were not different.

- 2.2 The results of the first-fourth year from Institute of Physical Education Chonburi Campus, the femean of the maximum oxygen consumption ($VO_2\max$) of the first-fourth year female students from Institute of Physical Education Chonburi Campus were not different, the mean of the maximum oxygen consumption ($VO_2\max$) of the first-fourth year male students from Institute of Physical Education Chonburi Campus were different at the significant level of .05.

ปริญญาบัตร

เรื่อง

ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา

สถาบันการพลศึกษาวิทยาเขตชลบุรี

ของ

นริรัตน์ บุตรบุญปิ่น

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ เดือน พ.ศ. 2554

คณะกรรมการควบคุมปริญญาบัตร

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน

.....ประธาน

(อาจารย์ ดร.พัชรชศักดิ์ รัชฎประจันบาน)

(อาจารย์ ดร.พิมพ์ ม่วงศิริธรรม)

.....กรรมการ

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์สุกัญญา พานิชเจริญนาม)

(อาจารย์ ดร.พัชรชศักดิ์ รัชฎประจันบาน)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์สุกัญญา พานิชเจริญนาม)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จได้เนื่องด้วยความอนุเคราะห์อย่างสูงจาก อาจารย์ ดร.พัชรชศักดิ์ ฐัญประจันบาน ประธานควบคุมปริญญาโท รองศาสตราจารย์สุกัญญา พานิชเจริญนาม กรรมการควบคุมปริญญาโท อาจารย์ ดร.พิมพ์มา ม่วงศิริธรรม และอาจารย์ ดร. ไหวพจน์ จันท์เสม ประธานและคณะกรรมการในการสอบปากเปล่า และคณะกรรมการสอบเค้าโครงปริญญาโท ปริญญาโท ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา ในความเอาใจใส่ และขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ วัฒนา สุทธิพันธ์ อาจารย์ปรึกษา ที่คอยให้คำแนะนำและเสียสละเวลาอันมีค่าตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัย และอาจารย์ ครู ผู้ให้ความช่วยเหลือและแนะนำสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ทั้งเป็นผู้ให้โอกาสทางการศึกษา จนจบปริญญาโท ได้แก่ คณะผู้บริหาร คณะอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะศึกษาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ครอบครัวที่ให้การสนับสนุนในการช่วยเหลือ แนะนำ สั่งสอน และคอยให้กำลังใจ ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี จนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
ความสำคัญของการวิจัย	2
ข้อตกลงเบื้องต้น	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	2
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	3
ตัวแปรที่ศึกษา.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
สมรรถภาพทางกาย	5
องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายและความหมายของสมรรถภาพทางกาย.....	5
ความสำคัญของสมรรถภาพทางกาย.....	10
ประโยชน์ของสมรรถภาพทางกาย	10
การใช้ออกซิเจนสูงสุด	10
ความหมายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด.....	10
ปัจจัยที่กำหนดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด	13
ความสำคัญของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจที่มีต่อความสามารถ ในการใช้ออกซิเจนสูงสุด.....	16
การวัดสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด	18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	37
งานวิจัยในต่างประเทศ.....	37
งานวิจัยในประเทศ.....	38

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	41
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	41
การเก็บรวบรวมข้อมูล	42
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	42
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	43
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	43
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	44
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	53
สรุปผลการวิจัย.....	53
อภิปรายผล	54
ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	55
บรรณานุกรม.....	56
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก.....	60
ภาคผนวก ข.....	63
ภาคผนวก ค.....	65
ภาคผนวก ง	74
ประวัติย่อผู้วิจัย	77

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ตารางเปรียบเทียบการใช้ลู่กลวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด กับ อุปกรณ์ชนิดต่างๆ (ลู่กล = 100%)	18
2 ค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอายุ (Age Factor) เพื่อทำนายความสามารถในการใช้ ออกซิเจนสูงสุดของ Astrand และ Rhyming	26
3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลพื้นฐาน	44
4 อายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จำแนกเป็นเพศชายและเพศหญิง.....	45
5 อายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จำแนกเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1, 2, 3 และ 4	46
6 ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษชาย สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี	47
7 ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี	48
8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ระหว่างเพศชายกับเพศหญิง	49
9 ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จำแนกตามระดับชั้นปี.....	50
10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ระหว่างนักศึกษาแต่ละชั้นปี.....	51
11 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของ นักศึกษชาย สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ระหว่างนักศึกษาแต่ละชั้นปี ...	52
12 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของนักศึกษชาย.....	66
13 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของนักศึกษหญิง.....	72
14 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณไขมันในร่างกาย และสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทย เพศชาย ระหว่าง 17 – 19 ปี	75
15 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณไขมันในร่างกาย และสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทย เพศหญิง ระหว่าง 17 – 19 ปี	75
16 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณไขมันในร่างกาย และสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทย เพศชาย ระหว่าง 20 – 29 ปี	76

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
17 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณไขมันในร่างกาย และสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทย เพศหญิง ระหว่าง 20 – 29 ปี	76



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การออกกำลังกาย เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งที่เป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะมีผลทำให้ร่างกายแข็งแรง ช่วยให้อุดและหัวใจดีขึ้น ระบบต่าง ๆ มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยวัตถุประสงค์เพื่อสมรรถภาพทางกายที่ดี เพราะสมรรถภาพทางกายของแต่ละบุคคลเป็นสิ่งที่แสดงถึงขีดความสามารถในการออกกำลังกายหรือการปฏิบัติกิจกรรม ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายสูงจะประสบความสำเร็จในการฝึกกิจกรรมหรือการแข่งขันในกีฬาประเภทต่าง ๆ สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ความสามารถในการควบคุมการทำงานของร่างกายได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้เป็นระยะเวลานานๆ โดยไม่เสื่อมประสิทธิภาพทางกาย องค์ประกอบที่สำคัญเพื่อมีสุขภาพที่ดี ได้แก่ ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular strength and endurance) ส่วนประกอบของร่างกาย (Body composition) ความอ่อนตัว (Flexibility) และที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ความอดทนของระบบหายใจและไหลเวียนเลือด (Cardiorespiratory endurance) (ราตรี เรื่องไทย. 2545: 27) ซึ่งเป็นการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ที่มีระดับความหนักปานกลาง ถึงระดับความหนักสูงสุดในระยะเวลาที่ยาวนานต่อเนื่อง (American College of Sports Medicine. 2000)

ขณะออกกำลังกายเป็นเวลานานผู้ที่มีระดับสมรรถภาพการทำงานของระบบหายใจและการหายใจที่ดีกว่าจะสามารถนำออกซิเจนเข้าสู่เนื้อเยื่อได้ดีกว่าคนที่มีความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจไม่ดี การนำเอาออกซิเจนเข้าสู่เนื้อเยื่อหัวใจต้องสูบฉีดมากกว่า ดังนั้น การส่งออกซิเจนและความสามารถในการใช้ออกซิเจน (Oxygen uptake or consumption) ที่สูง จะแสดงถึงประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจที่ดี (Hoeger. 2002: 144)

วิธีการฝึกการออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันที่มีการให้ความสนใจมากขึ้น ได้แก่ การปั่นจักรยาน ๆ เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถพัฒนาระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ โดยปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้กับจักรยานวัดงาน (Stationary Bicycle Ergometer) มีการทดสอบหลายวิธี อาทิ การทดสอบด้วยการปั่นจักรยาน วัดงานของ วาย เอ็ม ซี เอ (Cycle Ergometer Protocol YMCA Fitness Test) การทดสอบโดยใช้วิธีของ ACSM (ACSM cycle tests) รวมทั้งการทดสอบด้วยวิธีการทดสอบของออสตรานด์ และไรห์มิง (Astrand – Ryhming Test) ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ยิยมใช้ในการทดสอบในปัจจุบัน เช่นกัน (Ted; & Jackson. 1999: 258)

จากความสำคัญที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำค่าที่ได้จากการทดสอบค่าสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Vo_2 Max) โดยวิธีการทดสอบของ ออสตรานด์ ไรห์มิง (Astrand – Ryhming) ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน ที่จะช่วยให้ผู้ได้รับการทดสอบทราบถึงระดับ

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยเฉพาะนักศึกษาสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี อันเป็นช่วงที่มีทั้งการแข่งขันและการเรียนภาคปฏิบัติซึ่งต้องอาศัยความอดทนของระบบไหลเวียน การทราบถึงผลที่ออกมาแล้วนักศึกษาจะได้นำผลที่ได้ไปพัฒนา ความสามารถในการใช้ออกซิเจน สูงสุด และแต่ละชั้นปีมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดแตกต่างกันอย่างไร ประกอบกับยังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบัน การพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาถึงระดับและเพื่อเป็นการส่งเสริมให้มี การพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา ต่อไป

ความมุ่งหมายในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของนักศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จาก การทดสอบด้วยวิธีของออสตรานด์-ไรห์มิง (Astrand – Ryhming)
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของนักศึกษา สถาบันการ พลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ตั้งแต่ชั้นปีที่ 1 - 4 ที่ได้จากการทดสอบออสตรานด์ – ไรห์มิง (Astrand – Ryhming)

ความสำคัญของการวิจัย

ทำให้ทราบถึงผลการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและเปรียบเทียบ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของนักศึกษาสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ทั้ง 4 ชั้นปี โดยใช้การทดสอบออสตรานด์-ไรห์มิง ว่ามีความแตกต่างหรือไม่อย่างไร

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การวิจัยในครั้งนี้ทำการวิจัยกับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 - 4 สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขต ชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552
2. ผู้เข้ารับการทดสอบทุกคนปฏิบัติตามภารกิจประจำวันตามปกติ ไม่ควบคุมอาหาร
3. ในการทดสอบความสามารถสูงสุด กลุ่มตัวอย่างจะต้องปฏิบัติด้วยความสามารถสูงสุด
4. ผู้เข้ารับการทดสอบต้องมีสภาพร่างกายที่สมบูรณ์ ปกติ ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็น อุปสรรคในการทดสอบ

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ครั้งนี้เป็นนักศึกษาสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ที่ศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จาก นักศึกษาชั้นปีที่ 1-4 ทั้งหมด 338 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ที่ศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ที่ได้มาจากการประมาณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มตัวอย่างแบบอาสาสมัคร (Volunteer Sampling) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จำนวน 191 คน โดยจำแนกนักศึกษาออกเป็นชั้นปี ดังนี้ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 57 คน, ชั้นปีที่ 2 จำนวน 53 คน, ชั้นปีที่ 3 จำนวน 37 คน และชั้นปีที่ 4 จำนวน 44 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่

1.1 เพศ แบ่งออกเป็น

1.1.1 เพศชาย

1.1.2 เพศหญิง

1.2 ชั้นปี (Level)

1.2.1 ชั้นปีที่ 1

1.2.2 ชั้นปีที่ 2

1.2.3 ชั้นปีที่ 3

1.2.4 ชั้นปีที่ 4

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

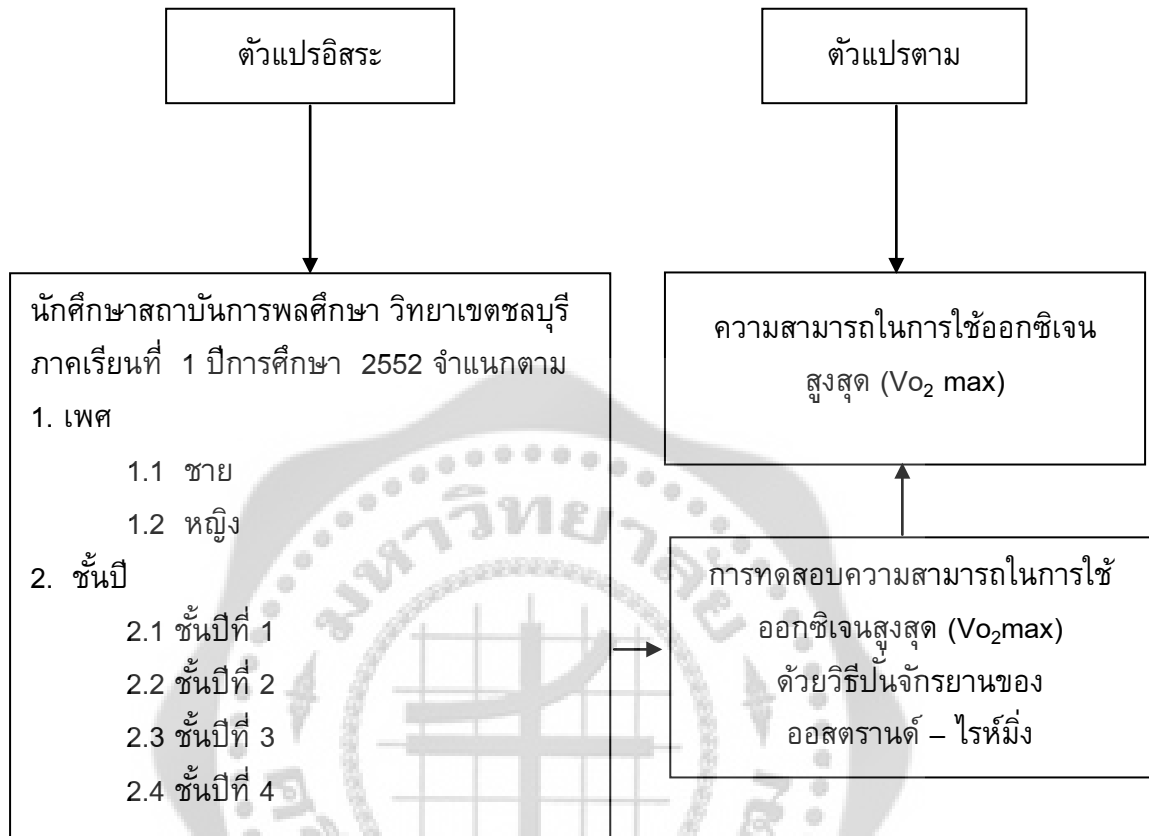
นิยามศัพท์เฉพาะ

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum Volume of Oxygen Consumption หรือ Vo_2max) หมายถึง ปริมาณสูงสุดของปริมาณออกซิเจน ที่ร่างกายสามารถสกัดมาใช้ได้ใน 1 นาที ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยมีหน่วยวัดเป็น มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที (ml./kg./min.)

วิธีการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Vo_2max) ด้วยวิธีปั่นจักรยานของ ออสตรานด์ – ไรมิ่ง (Astrand – Ryhming) หมายถึง การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Vo_2max) ด้วยการปั่นจักรยานกับที่ โดยกำหนดงานในระดับเกือบสูงสุดแบบคงที่ (Sub maximum exercise)

นักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี หมายถึง นักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ชั้นปีที่ 1 - 4

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำเสนอตามหัวข้อดังนี้

1. สมรรถภาพทางกาย
 - 1.1 ความหมายและองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายของสมรรถภาพทางกาย
 - 1.2 ความสำคัญของสมรรถภาพทางกาย
 - 1.3 ประโยชน์ของสมรรถภาพทางกาย
2. ความหมายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
 - 2.1 ความหมายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
 - 2.2 ปัจจัยที่กำหนดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
 - 2.3 ความสำคัญของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจที่มีต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
3. การวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สมรรถภาพทางกาย

1.1 ความหมายและองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายของสมรรถภาพทางกาย

สมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness) หมายถึง ความพร้อมทางด้านร่างกายของนักกีฬา ซึ่งสามารถที่จะเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สมชาย ประเสริฐศิริพันธ์. 2536: เลขหน้า)

สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ความสามารถในการประกอบกิจกรรมประจำวันด้วยความกระฉับกระเฉงว่องไว ปราศจากความเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้า และมีพลังเหลือที่จะนำไปใช้ในการประกอบกิจกรรมบันเทิงในเวลาว่าง และเตรียมพร้อมที่จะเผชิญภาวะฉุกเฉินได้ดี (มงคล แฝงสาเคน. 2541: เลขหน้า)

เป็นปริมาณออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร) ที่ร่างกายสามารถใช้ได้ภายใน 1 นาที/น้ำหนักของร่างกาย (กิโลกรัม) ขณะออกกำลังกายที่ความหนักสูงสุดซึ่งจะมีปริมาณแตกต่างกันระหว่างนักกีฬาแต่ละคนและประเภทกีฬา นักกีฬาประเภทอดทนจะมีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด สูงกว่านักกีฬาประเภทอื่นๆ และนักกีฬาที่จะประสบผลสำเร็จในประเภทแข่งขันที่ใช้ความอดทน (Endurance Event) จะต้องมีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดน้อยกว่า 70 ม.ล/กก./นาที ขณะที่เพศชายจะมีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดกว่าเพศ หญิง 10 เปอร์เซ็นต์ นักกีฬาวัยน้ำและนักกีฬาจักรยานปกติจะมีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่ำกว่านักกีฬาวิ่ง เนื่องจากกลุ่มกล้ามเนื้อเกี่ยวข้องกับการทำงานน้อยกว่าจึงใช้ออกซิเจนน้อยกว่า (สนธยา สีละมาต. 2547: 346)

เนื่องจากความสำคัญของระบบหายใจและระบบการไหลเวียนโลหิตนี้เองที่เป็นเครื่องชี้ให้เห็นถึงสมรรถภาพทางกายมากน้อยเพียงใด ดังนั้นจึงได้มีผู้คิดค้นวิจัยอย่างกว้างขวางในการที่จะวัดสมรรถภาพและการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิตให้ออกมาเป็นปริมาณที่เปรียบเทียบได้อันจะเป็นประโยชน์ในการบอกความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ละบุคคล ซึ่งก็พบว่า การวัดสมรรถภาพในการจับออกซิเจนเป็นเกณฑ์วัดที่ดีที่สุด เพราะว่า สมรรถภาพในการจับออกซิเจนนี้มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับขนาดของร่างกาย จำนวนกล้ามเนื้อความสามารถของระบบไหลเวียนโลหิตและกระบวนการเมตาโบลิซึมของเซลล์ (เอมอร์ เอี่ยมสำอางค์. 2532: 5); (The Committee on Exercise. 1972: 1–3)

ความอดทนของหัวใจและปอด (Cardiorespiratory Endurance) เพื่อให้หัวใจปอดและระบบไหลเวียนเลือด สมบูรณ์แข็งแรงเป็นผลทำให้ร่างกายเมื่อเคลื่อนไหวนาน ๆ ซ้ำ ๆ กันจะทำให้ไม่เหนื่อยง่ายจึงสามารถป้องกันและรักษาโรคหัวใจขาดเลือดได้

ความอ่อนตัวหรือความยืดหยุ่นของข้อต่อและเอ็นที่ยึดข้อ (Flexibility) เพื่อให้ร่างกายเคลื่อนไหว โดยใช้ข้อต่อที่ทำมุมกว้าง จึงสามารถป้องกันการติดยึดของข้อต่อ และภาวะข้อต่อเสื่อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเข้าสู่วัยกลางคนและสูงอายุ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength) เพื่อให้ร่างกายเคลื่อนไหวโดยใช้กล้ามเนื้อให้มีแรงพลังในชีวิตประจำวันและเมื่อมีเหตุการณ์ฉับพลันที่ต้องใช้แรงกล้ามเนื้อเป็นพิเศษ

ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Endurance) เพื่อให้กล้ามเนื้อทำงานนาน ๆ ซ้ำ ๆ กันโดยไม่มีอาการเมื่อยล้าง่าย

สัดส่วนของร่างกาย (Body Composition) เป็นสมรรถภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งเพื่อให้ร่างกายมีขนาด รูปร่างสัดส่วนที่เหมาะสมตามต้องการเพื่อช่วยส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคต่าง ๆ คือ น้ำหนักตัว

นอกจากนี้ยังมีนักวิชาการ อีกหลายท่านที่ให้ความหมายของสมรรถภาพทางกาย เช่น

สมรรถภาพทางกายมีองค์ประกอบและความหมายดังนี้

1. ศักยภาพหรือความสามารถของระบบหายใจและระบบไหลเวียนเลือด (Cardio – Respiratory Capacity) หรือ ความอดทนของระบบไหลเวียนเลือด (Cardio – Respiratory or Cardiovascular Endurance)

ศักยภาพหรือความสามารถของระบบหายใจและระบบไหลเวียนเลือด เรียกอีกอย่างว่า ความอดทนของระบบไหลเวียนเลือด หมายถึง คุณสมบัติที่สามารถอดทนต่อการปฏิบัติกิจกรรมหนักได้เป็นระยะเวลาสั้น ๆ หรืออาจกล่าวได้ว่า สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือด (Cardio – Respiratory Fitness) หมายรวมอยู่ในกิจกรรมที่ต้องการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ของร่างกายเป็นจำนวนมาก เช่น วิ่ง ว่ายน้ำ ขี่จักรยาน ทั้งนี้เพราะกิจกรรมเหล่านี้กระตุ้นหัวใจและระบบการไหลเวียนเลือดกับระบบหายใจได้ทำงานในระดับสูงขึ้นกว่าปกติอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Endurance)

ความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง คุณสมบัติที่บุคคลสามารถเพียรพยายามทำงาน ในกิจกรรมที่ต้องใช้กลุ่มกล้ามเนื้อกลุ่มเดียวกันเป็นระยะเวลาสั้น ๆ เช่น ดึงข้อ ดันพื้น ลูกนั่ง

3. ความแข็งแรง (Strength)

ความแข็งแรง หมายถึง ความสามารถในการใช้แรงสูงสุดในการทำงานเพียงครั้งเดียว มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

3.1 ความแข็งแรงแบบอยู่กับที่ (Isometric or Static Strength) หมายถึง ลักษณะของการใช้แรงจำนวนสูงสุดครั้งเดียว ที่บุคคลสามารถกระทำต่อแรงต้านทานชนิดอยู่กับที่ ในขณะที่กล้ามเนื้อทั้งหมดกำลังหดตัว

3.2 ความแข็งแรงแบบไม่อยู่กับที่ (Isotonic or Dynamic Strength) หมายถึง จำนวนความต้านทานที่บุคคลสามารถกระทำให้ผ่านพ้นไปได้ระหว่างการใช้แรงในขณะมีการเคลื่อนที่อย่างเต็มแรงของข้อต่อเฉพาะแห่งหรือข้อต่อหลาย ๆ แห่งของร่างกายรวมอยู่ด้วย เช่น การงอแขนยกบาร์เบล

ดังนั้น ความแข็งแรงจึงเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนหรือเฉพาะกลุ่ม ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของแรงต้านทาน (หมายถึง แรงต้านทานแบบอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่)

4. ความยืดหยุ่น (Flexibility)

ความยืดหยุ่นหรือความอ่อนตัว หมายถึง ศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานของข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้ตลอดระยะเวลาของการเคลื่อนที่ตามปกติ ความยืดหยุ่นจึงค่อนข้างเจาะจงลงที่ข้อต่อ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของกล้ามเนื้อและเอ็น (Musculature and Connective Tissue) รอบ ๆ ข้อต่อนั้นมากกว่าโครงสร้างของกระดูกข้อต่อเอง (ยกเว้นกรณีที่เป็นโรคกระดูกเสื่อมหรือไม่สามารถทำงานได้) การเคลื่อนที่ของข้อต่อที่มากกว่าปกติ คือความสามารถพิเศษที่เกิดจากการฝึกฝนของแต่ละคน เช่น ท่าทางต่าง ๆ ของนักกายกรรม หรือนักยิมนาสติก ซึ่งเป็นการกระทำที่คนปกติทำไม่ได้

5. องค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition)

องค์ประกอบของร่างกายจัดเป็นส่วนหนึ่งของสมรรถภาพทางกาย เพราะในปัจจุบันมีหลักฐานยืนยันได้ว่า ไขมันส่วนเกินที่เก็บเอาไว้ในร่างกายมีความเกี่ยวข้องกับ ข้อจำกัดของสุขภาพและสมรรถภาพทางกาย การวัดองค์ประกอบของร่างกายจึงวัดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%fat) (วาสนา คุณาอภิสิทธิ์. 2541: 15)

สมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness) เป็นศักยภาพของร่างกายในการปฏิบัติกิจกรรมหนัก ๆ และมีความสำคัญต่อคุณภาพของสุขภาพส่วนบุคคลตลอดจนความเป็นอยู่ที่ดี

ส่วนองค์ประกอบของความสามารถทางกลไกมีความสำคัญต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของบุคคลที่เป็นนักกีฬา กลุ่มนี้จำเป็นต้องออกกำลังกายเพื่อเพิ่มศักยภาพในการทำงานมากกว่าบุคคลทั่วไปที่ไม่ใช่กีฬา ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า คนที่เป็นนักกีฬาต้องทำการพัฒนาทั้งองค์ประกอบของสมรรถภาพ ทางกาย (5 ข้อ) เนื่องจากต้องใช้ในการเล่นกีฬาแต่ละชนิดที่เรียกว่าเป็น สมรรถภาพทางกายพิเศษ (Special Physical Fitness)

โดยเฉพาะนักกีฬาเพื่อสมรรถภาพทางกายพิเศษจึงเป็นสมรรถภาพทางกายที่เฉพาะเจาะจงที่นักกีฬาจะต้องมีโดยเฉพาะนักกีฬาเพื่อการแข่งขัน เช่น นักกีฬาวัยน้ำ จะต้องมีสมรรถภาพทางกายพิเศษแตกต่างจากนักฟุตบอลและนักกรีฑา ในการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายพิเศษต้องมีการฝึกนอกเหนือจากการฝึกสมรรถภาพทางกายโดยทั่วไปเช่น นักฟุตบอล ต้องฝึกกำลังกล้ามเนื้อขา ไหล่ และลำตัวเป็นพิเศษ นักมวยต้องฝึกกำลังกล้ามเนื้อแขน ไหล่ ออก ขา และลำตัวเป็นต้น กีฬาบางชนิดต้องการกล้ามเนื้อมาก แต่ต้องการความอดทนน้อย บางชนิดต้องการสมรรถภาพทางกายหลาย ๆ ด้าน กีฬาชนิดที่ไม่ต้องใช้เทคนิคในการแข่งขันมากผลการแข่งขันจะขึ้นอยู่กับสมรรถภาพทางกายเป็นส่วนใหญ่ แต่ถ้าเป็นกีฬาชนิดที่ต้องใช้เทคนิคหรือทักษะมากการมีสมรรถภาพทางกายดีจะช่วยให้ นักกีฬาสามารถปฏิบัติตามเทคนิคที่ฝึกมาได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

1.1 เพราะเหตุใดจึงต้องการทดสอบสมรรถภาพทางกาย

การมีสุขภาพร่างกายที่ดีนั้นประกอบด้วย ความสมบูรณ์ของระบบไหลเวียน หายใจ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อและข้อต่อต่างๆ และส่วนประกอบต่างๆ ของร่างกาย เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง เบอริเซ็นต์ไขมัน การพัฒนาเสริมสร้างร่างกายควรเริ่มตั้งแต่วัยเด็กโดยเฉพาะการเรียนพลศึกษาในโรงเรียน จะเห็นได้ว่าในโรงเรียนจะต้องมีการวัดและทดสอบสมรรถภาพทางกายด้านต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนหรือนักเรียนมีการพัฒนาหรือไม่อย่างไร ยิ่งกว่านั้นผลจากการทดสอบจะนำไปใช้ในการพัฒนา ทั้งในกลุ่มคนที่ เป็น สมรรถภาพของแต่ละคนได้เป็นอย่างดี

1.2 ทดสอบสมรรถภาพทางกายมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1.2.1 แบ่งกลุ่มระดับสมรรถภาพทางกายเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง
- 1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ผลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย
- 1.2.3 ใช้ในการประเมินให้คำแนะนำการออกกำลังกาย
- 1.2.4 ใช้ในการประเมินโปรแกรมการออกกำลังกาย
- 1.2.5 เพื่อจัดระดับสมรรถภาพทางกายจะได้จัดโปรแกรมได้ถูกต้อง
- 1.2.6 เป็นแรงจูงใจหรือแรงกระตุ้นให้อยากทราบระดับสมรรถภาพของตนเอง และ การออกกำลังกายต่อไป
- 1.2.7 ใช้ในการคาดคะเนความเหมาะสมกับการออกกำลังกาย
- 1.2.8 เป็นเครื่องมือสอนเกี่ยวกับสุขภาพและสมรรถภาพทางกายได้อีกวิธีการหนึ่ง
- 1.2.9 ใช้ในการวิจัย เช่น เปรียบเทียบโปรแกรมการออกกำลังกาย หรือระดับสมรรถภาพทางกายด้านต่างๆ ในแต่ละกลุ่ม เป็นต้น

1.3 ข้อควรปฏิบัติในการทดสอบสมรรถภาพทางกาย

- 1.3.1 การแต่งกายด้านความคล่องแคล่วว่องไวควรคำนึงถึง
 - 1.3.1.1 เสื้อผ้าขนาดพอเหมาะกับร่างกาย
 - 1.3.1.2 ทรงผมจัดให้เรียบร้อย

- 1.3.1.3 รองเท้าไม่มีสันที่สูง (รองเท้าผ้าใบสวมถุงเท้าทุกครั้ง)
- 1.3.2 การแต่งกายด้านความอดทนควรคำนึงถึง
- 1.3.2.1 เสื้อแขนยาว ผ้าใยเทียม ทำให้การระบายความร้อนยาก (เสียเหงื่อมาก)
- 1.3.2.2 ผ้าสีที่ดูดความร้อนได้มากกว่าสีอ่อน
- 1.4 หลักปฏิบัติในการทดสอบสมรรถภาพทางกาย
- 1.4.1 วันก่อนทดสอบ
- 1.4.1.1 อาหารประจำวันไม่เปลี่ยนแปลงให้ผิดไปจากเดิมมากนัก
- 1.4.1.2 งดการออกกำลังกายหนัก
- 1.4.1.3 หลีกเลี่ยงการใช้ความคิดหนัก
- 1.4.1.4 งดกินยาที่ออกฤทธิ์ระยะนาน
- 1.4.1.5 พักผ่อนให้เพียงพอ
- 1.4.2. วันที่ทดสอบ
- 1.4.2.1 อาหารควรรับประทานอย่างน้อย 1 – 2 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ
- 1.4.2.2 งดกินยาหรือสิ่งกระตุ้น (บุหรี่ยา กาแฟ)
- 1.4.2.3 เตรียมเครื่องแต่งกายให้พร้อม
- 1.4.3. การทดสอบ
- 1.4.3.1 ถ้ารู้สึกว่าจะไม่สบายให้หยุดหรือแจ้งเจ้าหน้าที่ทันที
- 1.4.3.2 อย่าหยอกล้อกันตั้งใจทดสอบอย่างเต็มที่
- 1.5 ข้อห้ามในการทดสอบสมรรถภาพทางกาย
- 1.5.1 แพทย์ไม่อนุญาตให้ออกกำลังกายมากเกินไป
- 1.5.2 อุณหภูมิร่างกายเกิน 37 องศาเซลเซียส
- 1.5.3 อัตราการเต้นของหัวใจเกินกว่า 100 ครั้งต่อนาที
- 1.5.4 มีอาการที่แสดงว่าหัวใจทำงานผิดปกติ
- 1.5.5 อยู่ในระยะที่มีการติดเชื้อ
- นักกีฬามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความสุขภาพที่ดี มีสมรรถภาพทางกายที่ดี สมรรถภาพทางกายที่สำคัญประกอบด้วย
- ความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและหายใจ
 - ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
 - ความอดทนของกล้ามเนื้อ
 - พลังกล้ามเนื้อ
 - ความเร็ว
 - ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อและข้อต่อต่างๆ
 - ส่วนประกอบต่างๆ ของร่างกาย

- ความคล่องแคล่วว่องไว
- ความแม่นยำ
- ความสมดุลของการทรงตัว เวลาปฏิบัติกริยาการตอบสนองของร่างกาย
- การประสานสัมพันธ์ของประสาทกล้ามเนื้อ

สมรรถภาพทางกายด้านต่าง ๆ นี้มีความจำเป็นและสำคัญแตกต่างกันออกไปตามแต่ชนิด กีฬา ฉะนั้นการทดสอบสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา ก็เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ นำผลที่ได้ไปปรับปรุงรูปแบบในการพัฒนานักกีฬาต่อไป

1.2 ความสำคัญของสมรรถภาพทางกาย

ในการประเมินความแข็งแรงสมบูรณ์ของร่างกาย สามารถทำได้โดยการทดสอบสมรรถภาพทางกาย สำหรับกลุ่มนักกีฬาก็ทำการทดสอบสมรรถภาพ เพื่อให้ทราบระดับความสมบูรณ์ของร่างกายทั้งในขณะฝึกซ้อม ก่อนแข่งขัน และหลังแข่งขัน เพื่อพัฒนาความสามารถในการเล่นกีฬา สำหรับแข่งขันให้สูงขึ้นมากที่สุดสำหรับบุคคลธรรมดา ควรทำการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ให้ทราบระดับความสามารถของร่างกาย เพื่อเป็นแนวทางสำหรับเลือกกิจกรรมการออกกำลังกายที่เหมาะสมให้กับตนเอง และพัฒนาขีดความสามารถให้สูงขึ้น และมีความพร้อมต่อการออกกำลังกาย และการปฏิบัติงานในชีวิตประจำวัน

1.3 ประโยชน์ของสมรรถภาพทางกาย

ทำให้ทราบระดับความสามารถของตนเองหรือผู้ที่ถูกทดสอบว่าระดับสมรรถภาพทางกายที่ทดสอบนั้นอยู่ในระดับดีมากน้อยเพียงเมื่อเทียบเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้ทราบถึงการพัฒนาของสมรรถภาพทางกายและสามารถนำไปปรับปรุงยุคต่อไปแกรมการฝึกหรือการออกกำลังกายได้

สมรรถภาพทางกายเป็นตัวชี้วัดอีกด้านในการคัดเลือกนักกีฬาของผู้ฝึกสอน ระดับสมรรถภาพทางกายที่ได้จากการทดสอบจะเป็นตัวกำหนดหรือข้อพิจารณาในการเลือกกิจกรรมการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ

2. ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด

2.1 ความหมายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Oxygen Consumption : VO2)

หมายถึง อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของร่างกายในขณะใดขณะหนึ่ง โดยก๊าซออกซิเจนถูกนำไปสันดาปกับกลูโคส ไขมัน โปรตีน เพื่อให้พลังงาน ATP (Adenosine Triphosphate) ซึ่งถูกเซลล์นำไปใช้ ดังนั้น ถ้าเซลล์มี การเผาผลาญสูง (Metabolism) อัตราการใช้ออกซิเจนก็จะสูงขึ้นด้วย หน่วยที่ใช้แสดงอัตราการใช้ออกซิเจนมี 2 หน่วย ได้แก่ หน่วยสมบูรณ์ (Absolute unit)

แสดงเป็นลิตรต่อนาที (L/min) หรือมิลลิลิตรต่อนาที (ml/min) และหน่วยสัมพัทธ์ (Relative unit) แสดงเป็นลิตรต่อนาที ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (ml/min/kg)

ร่างกายใช้ออกซิเจนในระยะพักประมาณ 250 ml/min/kg อัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกายจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับความสามารถของระบบในร่างกายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

ระบบหายใจ ในการบีบเลือด (Pump Generator) เพื่อนำก๊าซและสารอาหารไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

ระบบหายใจ ในการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Gas Exchange) อย่างเพียงพอสำหรับความต้องการของเซลล์

ระบบเลือด ที่มีหน้าที่จับรวมตัวกับนำก๊าซออกซิเจนและนำไปสู่เซลล์ (Oxygen Carrying Capacity or Oxygen Transportation)

ระบบกล้ามเนื้อ ที่เป็นระบบปลายทาง และสกัดเอาก๊าซออกซิเจนไปใช้ (Oxygen Extraction Capacity) เซลล์ทุกเซลล์ในร่างกายไม่ว่าจะเป็นกล้ามเนื้อหรือไม่ ต้องมี Metabolism ทั้งสิ้นทุกเซลล์จึงมีส่วนต่ออัตราการใช้ออกซิเจน แต่ระบบกล้ามเนื้อมีส่วนการใช้ออกซิเจนมากกว่าระบบอื่น ๆ ทั้งในระยะพักและออกกำลังกาย

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีความสัมพันธ์ในทางกายประเทอดทน เริ่มมีการศึกษาอย่างจริงจังราวศตวรรษที่ 18 และในศตวรรษนี้ Priestly และ Scheele ได้ค้นพบออกซิเจน ต่อจากนั้น ลาวอซิแอร์ (Lavoisier) ได้ทำการทดลองด้านการเผาผลาญ กับ สัตว์ และพืช ขึ้นที่มหานครปารีส ประเทศฝรั่งเศส การศึกษาและการทดลองครั้งนี้เป็นต้นกำเนิด ของการวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจน โดย ลาวอซิแอร์ (Lavoisier) และเพื่อร่วมงาน เซกวิน (Seguin) ได้ทดลองโดยให้คนใช้ทำเหยียบน้ำหนักเป็นเวลา 15 นาที ได้งานเป็นฟุต – ปอนด์ และทำการวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนเป็นหน่วยลูกบาศก์นิ้ว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวเลขในปัจจุบัน ผู้ถูกทดลองครั้งนั้น ได้ทำงานที่ระดับความหนักที่ระดับ 100 kpm ต่อนาที ใช้ออกซิเจนประมาณ 1.0 ลิตร และผู้ถูกทดลองใช้ออกซิเจนขณะพักที่ระดับ 0.4 ลิตรต่อวินาที ลาวอซิแอร์ (Lavoisier) จึงได้ชื่อว่าเป็นบิดาแห่งสรีรวิทยาการทำงานของร่างกาย (Work Physiology)

จากศตวรรษที่ 18 ได้มีการศึกษาและทดลองเกี่ยวกับ การวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนมาโดยตลอด จนกระทั่งในช่วง 50 ปีสุดท้าย ของศตวรรษที่ 19 กระบวนการวัดวิธีการวัด และเครื่องมือที่ใช้ วัดความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจน ได้รับการพัฒนาให้มีความเจาะจง เฉพาะทาง และละเอียดมากยิ่งขึ้น โดยใช้เครื่องมือประเภท จักรยานตั้งอยู่กับที่ (Bicycle Ergometer) และลูกล (Motor driven treadmill) อีกทั้งมี นักสรีรวิทยาการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้น และมีชื่อเสียงจากเยอรมัน หลายท่าน อาทิ เพอเรนคอฟเฟอร์ (Perrenkofer) วอยท์ (Voit) ซันท์ซ (Zuntz) และเกปเพิท (Geppert) ส่วนในประเทศฝรั่งเศส ชูว์วาร์ (Chauveau) และทิสซอท (Tissot) รวมทั้ง ซอนเดน (Souden) และทีเกอร์สเทดท์ (Tigerstedt) ของสวีเดน ก็ทำการศึกษาอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องมือ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่เน้น

การศึกษา ระบบการเผาผลาญ โดยเฉพาะซูว์วัวร์ (Chauveau) ได้ใช้การก้าวขึ้นลงบันได เป็นเครื่องมือในการทำวิจัย (สมหมาย แดงสกุล. 2545: 1-9)

จากศตวรรษที่ 19 เป็นต้นมาได้มีการศึกษา และพัฒนาวิธีการวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจน อย่างมากมาย จนมาถึงช่วง ค.ศ. 1960 – 1970 ได้มีการศึกษาลึกลงไปจนถึงระดับเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ และเซลล์

โดยในปี ค.ศ. 1960 – 1970 เทคนิคการเจาะสกัดกล้ามเนื้อ (Muscle and Organ biopsies) ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ซึ่งได้รับการบุกเบิก จากนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน อาทิ เบอร์กสตอม และฮัสท์แทน

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 จนถึงปัจจุบัน ได้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างมากในหลายๆ ส่วนของโลก อาทิ ทวีปยุโรป อเมริกา เอเชีย และออสเตรเลีย ซึ่งได้หันมาศึกษากันอย่างจริงจัง โดยมีลักษณะการวิจัยในลักษณะการศึกษาผลกระทบการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นที่ระดับเซลล์ (Studies at Cellular Level) และการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งร่างกาย (Studies of the Whole-Body System) (สมหมาย แดงสกุล. 2545: 1-9)

สมรรถภาพการทำงานของระบบหายใจ และไหลเวียนเลือด เป็นปัจจัยสำคัญที่บอกระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกาย ซึ่งการมีสมรรถภาพการจับออกซิเจนที่ดีแสดงถึงความสมบูรณ์ของหัวใจในการสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ได้อย่างมีประสิทธิภาพเซลล์ต่างๆ ของกล้ามเนื้อสามารถนำออกซิเจนไปสร้างพลังงานได้ดี ร่างกายมีการประสานงานกันเป็นอย่างดีของระบบหายใจ และไหลเวียนเลือด จึงส่งผลให้สุขภาพดี (Foss; & Keteyian. 1998) ผู้สามารถลำเลียงออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ได้มากในขณะที่ออกกำลังกาย แสดงว่าเป็นผู้มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูง (Maximum Oxygen Consumption : VO_2 max)

ทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ศึกษาได้จากการทำงานของระบบหายใจ และไหลเวียนเลือด และความสามารถในการเคลื่อนไหวของกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำงานได้อย่างสัมพันธ์กันเป็นอย่างดีที่ระดับความหนักปานกลางจนถึงระดับความหนักสูงสุดในระยะเวลาที่ยาวนานต่อเนื่องกัน (American College of Sports Medicine. 2000) ซึ่งผู้ที่มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่าจะเป็นเครื่องแสดงถึงความสมบูรณ์ของหัวใจในการสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปอดสามารถรับอากาศได้มาก เซลล์กล้ามเนื้อสามารถรับเอาออกซิเจนไปสร้างเป็นพลังงาน และกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีเช่นกัน (ประทุม ม่วงมี. 2527)

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum Oxygen Consumption หรือ VO_2 max) หมายถึง ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถใช้ได้ต่อนาที และเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงขีดความสามารถสูงสุด หรือสมรรถนะของคนในการสร้างพลังงานแบบแอโรบิก (Maximum Aerobic Power หรือ Maximum Exercise Capacity) ซึ่งเป็นความสามารถของร่างกายที่จะออกซิเจนที่หายใจเข้าไปในปอด เข้าไปใช้สร้างพลังงานในเซลล์ได้มากที่สุดในช่วง

ที่ร่างกายออกกำลังกายอย่างเต็มที่ หน่วยที่ใช้อัตราการใช้ออกซิเจน (VO_2) สามารถวัดออกมาได้ทั้งหน่วยที่เป็นค่าสมบูรณ์ (Absolute) คือ ลิตร/นาที ($L \cdot \text{min}^{-1}$) หรือ มิลลิลิตร/นาที ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$) และหน่วยที่เป็นค่าสัมพัทธ์ (Relative) คือ มิลลิลิตร/กิโลกรัม (ของน้ำหนักตัว) ต่อนาที ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) และหน่วยที่เป็นการเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนระหว่างบุคคลหน่วยที่ใช้จะเป็นค่าสัมพัทธ์ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการใช้ออกซิเจนจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของร่างกาย ในส่วนของหน่วยปริมาตร การใช้ออกซิเจนอาจจะนำน้ำหนักที่ปราศจากไขมัน (Fat - Free Mass) ซึ่งหาได้จากการนำน้ำหนักตัวที่เป็นไขมันในร่างกายออกไป (Fat Mass) มาใช้แทนก็ได้ ดังนั้นหน่วยที่ใช้ คือ มิลลิลิตร/น้ำหนักตัวของมวลกล้ามเนื้อที่ปราศจากไขมัน : กิโลกรัม/นาที ($\text{ml} \cdot \text{kg} : \text{FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) (McArdle; et al. 2000) โดยเฉลี่ยคนทั่วไปขณะพักในท่านั่งอัตราการใช้ออกซิเจนจะมีค่าประมาณ 200 - 300 มิลลิลิตร/นาที หรือ 3.5 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ค่า VO_2 ขณะพักนี้เรียกว่า 1 metabolic equivalent หรือ MET

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะแตกต่างกันไปตามสถานะ ได้แก่ อายุ เพศ ขนาดรูปร่าง และสมรรถภาพทางกาย ซึ่งจะเพิ่มตามอายุ โดยจะสูงสุดเมื่ออายุ 20 - 25 ปี ในเพศหญิง และอายุ 25 - 30 ปี ในเพศชาย จากนั้นจะค่อยๆ ลดต่ำลง (American College of Sports Medicine. 2000) ค่า $VO_2 \text{ max}$ เป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการวัดความสมบูรณ์ของระบบหัวใจไหลเวียนเลือด สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นสิ่งที่ได้จากปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกไปในเวลา 1 นาที (Cardiac Output: CO) มีหน่วยเป็นลิตร/นาที ซึ่งสามารถขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อมากขึ้น และความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนในเส้นเลือดแดงกับเส้นเลือดดำ ($a - VO_2$ difference) มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรออกซิเจน/ลิตร จะขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนสูงสุดในเส้นเลือดแดงในการดึงเอาออกซิเจนออกจากเลือดของเซลล์กล้ามเนื้อที่กำลังทำงานอยู่ และปริมาณออกซิเจนน้อยสุดในเส้นเลือดดำ (เพ็ญพิมล ธรรมรัต. 2532)

ผู้ที่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะเป็นผู้ที่มีความสามารถในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ได้เป็นเวลานาน ไม่เหน็ดเหนื่อย เพราะมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนที่ดี เนื่องจากในร่างกายมีหัวใจ และหลอดเลือดที่แข็งแรง ปอดมีพื้นที่สำหรับแลกเปลี่ยนก๊าซมากขึ้น ทำให้มีประสิทธิภาพในการลำเลียงออกซิเจนสูงขึ้นตามด้วย

2.2 ปัจจัยที่กำหนดความสามารถในการใช้ออกซิเจน

การทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกายที่มีต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อันดับแรกคือ ระบบหายใจและไหลเวียนเลือด การทำงานของหัวใจ ปอด และหลอดเลือด ต้องมีความเพียงพอ ในการเอาอากาศจากสิ่งแวดล้อมเข้าไปกับเนื้อเยื่อต่าง ๆ อันดับที่สองจากเซลล์เม็ดเลือดแดง (Red Blood Cell) หัวใจต้องทำงานเป็นปกติ ซึ่งการทำงานของหัวใจ ปริมาณเลือด จำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง และความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ต้องสามารถเคลื่อนย้ายเลือดจากเนื้อเยื่อที่ไม่ทำงานไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานอยู่ อันดับที่สาม คือ

ความสามารถในการขนส่งออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้ามเนื้อ โดยปกติจะขึ้นอยู่กับกระบวนการเผาผลาญพลังงาน และหน้าที่การทำงานของไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) ซึ่งประสิทธิภาพการทำงานของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ความดันเลือด (Blood Pressure) ปริมาณเลือดที่ส่งออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac Output) หรือปริมาณเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้ง (Stroke Volume) ขึ้นอยู่กับการทำงานของหัวใจ และหลอดเลือด เช่นเดียวกัน ถ้ามีประสิทธิภาพการทำงานดีเท่าใด การลำเลียงอาหาร ออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อ และการนำของเสียออกจากกล้ามเนื้อก็จะมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย ออกซิเจนจะถูกส่งไปให้กล้ามเนื้อใช้ได้มากน้อยเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 4 อย่าง คือ

1. ปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ปอด (Minute Ventilation) เมื่ออากาศเข้าสู่ปอดมาก ในขณะที่อกกำลังกายหรือมีความจุปอด (Vital Capacity) เพิ่มขึ้นจะทำให้ความดันของออกซิเจนภายในปอดมีมากขึ้น การฟุ้งกระจาย การไหลของก๊าซสู่ระบบการไหลเวียนสะดวกยิ่งขึ้นออกซิเจนเข้าสู่ภายในเซลล์มากขึ้น

2. ความสามารถของเลือดที่จะรับออกซิเจนเข้าไปได้ ตัวการสำคัญในการจับออกซิเจนเข้าสู่กระแสเลือด คือ (Hemoglobin) หากมีจำนวนมากก็สามารถพาออกซิเจนไปใช้ได้มาก

3. ความต้องอากาศออกซิเจนของเนื้อเยื่อ หมายถึง ความจำเป็นที่จะต้องสร้างพลังงานโดยใช้ออกซิเจนในกิจกรรมที่ต้องออกแรงติดต่อกันเป็นเวลานาน ร่างกายใช้ออกซิเจนจึงต้องมีการนำเอาออกซิเจนจากบรรยากาศมาทดแทนออกซิเจนที่เสียไป

4. ปริมาณเลือดที่ฉีดออกจากหัวใจในเวลา 1 นาที (Cardiac Output) หากหัวใจฉีดเลือดออกจากหัวใจมากเท่าใด การใช้ออกซิเจนจะมากไปด้วย (ประทุม ม่วงมี. 2527)

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดถูกกำหนดโดยความสามารถของระบบไหลเวียนที่จะนำออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อที่กำลังทำงาน อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะขึ้นกับปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจได้สูงสุดในหนึ่งนาที (Maximal Cardiac Output : max CO) และความแตกต่างสูงสุดระหว่างปริมาณออกซิเจนในเลือดแดงกับเลือดดำผสม (Maximum Arteriovenous O₂ Difference : max a - v O₂ Diff) (เพ็ญพิมล ชัมมรัคคิต. 2532)

$$VO_2^{\max} = \max CO \times \max a - v O_2 \text{ diff}$$

โดยที่ VO_2^{\max} = ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
หน่วยเป็นมิลลิลิตร / กิโลกรัม / นาที

Max CO = ปริมาณเลือดสูบฉีดออกจากหัวใจได้สูงสุดใน 1 นาที

Max a - v O₂ diff = ความแตกต่างสูงสุดระหว่างปริมาณออกซิเจนในเลือดแดงกับเลือดดำผสม

แต่ปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจหนึ่งนาที (Cardiac Output : CO) มีหน่วยเป็น ลิตร/นาที เท่ากับผลคูณของปริมาณเลือดสูบฉีดออกจากหัวใจในแต่ละครั้ง (Stroke Volume : SV) และอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate : HR) ค่า CO จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนสัมพันธ์กับ อัตราการใช้ออกซิเจน และปริมาณงานที่กระทำ เพราะกล้ามเนื้อที่ทำงานหนักมากขึ้นจะเพิ่มอัตรา การใช้ออกซิเจน จะมีผลในการขยายตัวของหลอดเลือดในกล้ามเนื้อ การออกกำลังกายเป็นการ เพิ่มจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้ขนาดเส้นเลือดเพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณเลือดที่ไหลกลับสู่หัวใจ (Venous Return) จะเพิ่ม ทำให้ SV เพิ่ม CO จึงเพิ่มขึ้นด้วย ขณะที่ความแตกต่างสูงสุดระหว่าง ปริมาณออกซิเจนในเลือดแดง และความสามารถสูงสุดในการดึงออกซิเจนออกจากเลือดของเซลล์ กล้ามเนื้อที่กำลังทำงาน ซึ่งพิจารณาได้จากปริมาณน้อยที่สุดของออกซิเจนในเลือดดำผสม (เพ็ญ พิมล รัชมรรค์คิด. 2537)

จึงสรุปได้ว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะมีค่าน้อยเพียงใดต้องขึ้นอยู่กับ ปัจจัยด้านสรีรวิทยา ได้แก่ หน้าที่การทำงานของหัวใจในการบีบตัวเพื่อฉีดเลือดแดงไปให้อวัยวะ ต่าง ๆ ของร่างกาย การหายใจนำเอาออกซิเจนเข้าสู่ปอด ความแข็งแรงของหลอดเลือด และ การทำงานของกล้ามเนื้อ ถ้าร่างกายมีสมรรถภาพทางกายดีจะทำให้ความสามารถในการทำงาน ของระบบต่าง ๆ ในร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สิ่งที่เป็นข้อจำกัด ที่มีผลทำให้การขนส่งออกซิเจนไปสู่ปลายทางล่าช้าหรือหยุดลง มีความเป็นไปได้จากความบกพร่องของระบบใดระบบหนึ่งต่อไปนี้

1. ระบบหายใจ หากการไหลเวียนอากาศในปอดไม่ดี เช่น มีเสมหะคั่งค้าง (Secretion) หรือถุงลมปกติดีแต่เส้นเลือดฝอยที่ปอดไหลเวียนไม่สะดวก ฯลฯ เหล่านี้ล้วนทำให้การแลกเปลี่ยน อากาศในปอดลดลง จึงไม่สามารถเติมเต็มก๊าซออกซิเจนให้แก่เลือดที่ฟอกได้

2. ระบบหัวใจ หากหัวใจทำงานบกพร่อง เช่นการบีบตัวลดลงจากกล้ามเนื้อหัวใจตาย ไปบางส่วน หรือบีบตัวช้าลง (Bradycardia) จากการนำสัญญาณประสาทบกพร่อง ฯลฯ จะทำให้ ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจลดลง

3. ระบบเลือด ค่าปกติของเม็ดเลือดต่อน้ำเลือด (Hematocrit) เท่ากับ 40 – 45 % ทำให้ความสามารถในการขนส่งออกซิเจน (Oxygen Carrying Capacity) เป็น 100 % ในกรณี ที่เสียเลือดจะเป็นการสูญเสียเม็ดเลือดไปด้วยจะทำให้ค่า Hematocrit ลดลง ดังนั้น Oxygen Carrying Capacity จึงลดลง

4. ระบบกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ใช้ออกซิเจนมากกว่ากล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็ก ดังนั้น คนที่เคยเป็นนักกีฬาแล้วหยุดการฝึกในร่างกายในช่วง Detraining การใช้ออกซิเจน จะลดลง เนื่องจากความสามารถของเอนไซม์และไมโทคอนเดรีย ลดลง

5. ขนาดร่างกาย คนที่รูปร่างใหญ่จะมีการใช้ออกซิเจนมากกว่าคนที่รูปร่างเล็ก $VO_2 \max$ ในผู้หญิงจึงน้อยกว่าในผู้ชาย เพราะประมาณว่าคนที่รูปร่างใหญ่จะมีปริมาณกล้ามเนื้อ มากกว่าด้วย

2.3 ความสำคัญของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจที่มีต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ระบบไหลเวียนเลือด กับ การออกกำลังกาย มีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง กลไกการทำงานของร่างกายของคนเราขณะออกกำลังกายจะต้องอาศัย พลังงานจากการเผาผลาญสารอาหาร โดยมีระบบไหลเวียนเลือดเป็นตัวกลาง ในการลำเลียงออกซิเจน และสารอาหารต่างๆไปกับเลือด เข้าสู่เซลล์และขับถ่ายของเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากขบวนการ รวมทั้งคาร์บอนไดออกไซด์ ออกจากเซลล์ รวมทั้ง การระบายความร้อน และรักษาสมดุล กรด – ด่าง ของร่างกายให้เกิดสมดุล

เมื่อกกล้ามเนื้อมีการเคลื่อนไหว ระบบไหลเวียนเลือดจะต้องเพิ่มการทำงานเพื่อสร้างพลังงานที่จะนำมาใช้ให้เพียงพอต่อความต้องการของกล้ามเนื้อ (วุฒิปงษ์ ปรมัตถการ; และ อารี ปรมัตถการ. 2542: 25-26)

ปกติร่างกายจะมีเลือดประมาณ 5,645 มิลลิลิตร โดยอยู่ในห้องหัวใจประมาณ 1,016 มิลลิลิตร ซึ่งเป็น 18% ของเลือดทั้งหมดในร่างกาย อยู่ในห้องหัวใจ ประมาณ 677 มิลลิลิตร ซึ่งเป็น 12% ของเลือดทั้งหมดในร่างกาย และอยู่ในระบบไหลเวียนเลือดประมาณ 3,952 มิลลิลิตร ซึ่งเป็น 70% ของเลือดทั้งหมดในร่างกาย (รัชชชัย กาญจนะทวีกุล. 2541: 10)

ส่วนประกอบของเลือดสามารถแยกออกเป็น 3 ชนิด ชนิดแรก คือ เม็ดเลือดแดง (Red Blood Cell) มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) เมื่อรวมตัวกับออกซิเจน จะเรียกว่า ออกซิฮีโมโกลบิน (Oxyhemoglobin) ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างพลังงานของกล้ามเนื้อ เม็ดเลือดแดงมีอายุประมาณ 90-120 วัน และจะถูกทำลายที่ตับและม้าม ชนิดที่สอง คือ เม็ดเลือดขาว (White blood cell) จะมีขนาดใหญ่กว่าเม็ดเลือดแดงทำหน้าที่ป้องกันเชื้อโรค และซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ถูกทำลาย จากนั้นจะถูกทำลายที่ตับ และชนิดสุดท้ายคือ เกล็ดเลือด (Blood platelets) จะมีขนาดเล็กกว่าเม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่ทำให้เลือดแข็งตัว โดยสาร ไฟบริโนเจน (Fibrinogen) เกลือแคลเซียม (Calcium Salt) และโปรทรอมบิน (Prothrombin) โดยสาร ไฟบริโนเจน จะเปลี่ยนเป็น ไฟบริน ประกอบกันเป็นร่างแหจับตัวกันเป็นก้อน

อวัยวะที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งคือหัวใจ ๑ เป็นกล้ามเนื้อที่ ต่างไปจากกล้ามเนื้อเรียบและกล้ามเนื้อลาย ซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัว หัวใจทำงานอยู่นอกเหนืออำนาจจิตใจ มีกล้ามเนื้อ เรียกว่า กล้ามเนื้อหัวใจ หรือ มัยโอคาร์เดียม (Myocardium) (เกิดแก้ว. 2543: 37)

หัวใจแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ขวาและซ้าย หัวใจห้องบนขวาและห้องล่างขวา (The right heart) ทำงานร่วมกันเพื่อนำเลือดจากหลอดเลือดดำใหญ่ไปสู่ระบบไหลเวียนปอด (Pulmonary circulation) ขณะที่หัวใจห้องบนซ้ายและห้องล่างซ้าย (The left heart) ทำงานร่วมกันเพื่อส่งเลือดจากหัวใจไปสู่ระบบไหลเวียนของร่างกาย (Systematic Circulation) (รัชชชัย กาญจนะทวีกุล. 2541: 12)

หลอดเลือดเป็นส่วนที่ใช้ในการลำเลียงเลือด จากหัวใจไปสู่อวัยวะต่างๆ และนำเลือดกลับสู่หัวใจ สามารถแบ่งได้สองประเภทคือ หลอดเลือดแดง (Arteries) เป็นหลอดเลือดที่นำเลือดออก

จากหัวใจไปสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยปลายของเส้นเลือดจะแยกแขนงออกเป็น หลอดเลือดฝอย (Capillaries) ส่งเลือดเข้าสู่เนื้อเยื่อต่างๆ ในร่างกาย และ หลอดเลือดดำ (Veins) เป็นหลอดเลือดที่รับโลหิตที่ใช่แล้วจากเวนนูลัส (Venules) จากเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย ส่งไปยังหัวใจเพื่อส่งให้ปอดฟอก กลับเป็นเลือดที่มีออกซิเจนสูง (พีระพงศ์ บุญศิริ. 2538: 87)

ระบบหายใจ เป็นระบบการทำงานอย่างใกล้ชิดกับ ระบบไหลเวียนโลหิต เพราะจุดประสงค์ของการหายใจก็คือการขนส่งออกซิเจนให้แก่ร่างกายเพื่อที่จะนำไปใช้ในกระบวนการการเผาผลาญ และถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ และของเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสร้างพลังงานออกจากร่างกาย

อวัยวะที่ประกอบขึ้นเป็นระบบหายใจนั้น ได้แก่ จมูก (Nose) ลำคอ (Pharynx) กล่องเสียง (Larynx) หลอดลม (Trachea) หลอดลมซี่ปอด (Bronchium) หลอดภายในปอด (Bronchioles) ถุงลมในปอด (Alveoli) และปอด (Lung) อวัยวะที่เป็นส่วนประกอบของระบบหายใจข้างต้นอวัยวะที่สำคัญคือปอด (Lung) เนื่องจากปอดเป็นอวัยวะที่ใช้ในการฟอกเลือดหรือเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่เลือดที่ส่งมายังปอด

ใน 1 นาที จะมีอากาศผ่านปอดประมาณ 6 ลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการเต้นของหัวใจด้วยสำหรับอัตราการหายใจ ของผู้ใหญ่โดยเฉลี่ย จะอยู่ระหว่าง 16-18 ครั้ง/นาที และปริมาณอากาศที่หายใจ จะเปลี่ยนไปตามกิจกรรมของแต่ละบุคคล เช่น นอน นั่ง เดิน วิ่ง และการออกกำลังกาย (วุฒิพงษ์ ปรมัตถการ; และ อารี ปรมัตถการ. 2542: 29-30)

ปริมาตรการหายใจออกปกติ (Tidal Volume) มีปริมาตรประมาณ 500 มิลลิลิตร ปริมาตรหายใจเข้าสำรอง (Inspiratory Reserve Volume) มีปริมาตร 2,500-3,500 มิลลิลิตร ปริมาตรหายใจออกสำรอง (Expiratory Reserve Volume) มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ปริมาตรค้างอยู่ในปอด (Residual Volume) มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และความสามารถในการหายใจเต็มที (Vital Capacity) มีปริมาตร 5,000 มิลลิลิตร (จรรยาพร ธรณินทร์. 2521: 170-173)

อัตราการหายใจเข้าออกถูกควบคุมโดยสมองส่วนหน้า เรียกว่า Medulla oblongata และ Pons จากสมองส่วนนี้จะมีเส้นประสาท เข้าสู่ส่วนต่างๆ เพื่อควบคุมกล้ามเนื้อที่ใช้สำหรับการหายใจออก

ลักษณะของการหายใจมี 3 ลักษณะ ได้แก่ การหายใจภายนอก (External Respiration) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายนอกปอด เป็นการแลกเปลี่ยนก๊าซ ระหว่างเลือด และปอด คือ ออกซิเจนจะเคลื่อนที่จากปอดไปสู่เลือด และคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ จะเคลื่อนที่จากเลือดไปสู่ปอด การหายใจ ลักษณะที่สองได้แก่ การหายใจภายใน (Internal Respiration) เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซ ที่เกิดขึ้นภายในเนื้อเยื่อ โดยคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์ จะเปลี่ยนกับออกซิเจนจากเลือดและสุดท้าย ก็คือ หายใจระดับเซลล์ (Cellular Respiration) เป็นกระบวนการทางเคมีโดยเป็นการทำปฏิกิริยาเคมีกับอาหารและปล่อยออกมา เป็นพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต (Carola; Harley; & Noback. 2000: 12)

ระบบไหลเวียนเลือด กับการออกกำลังกายมีความสัมพันธ์อย่างยิ่ง กลไกการทำงานของร่างกายของคนเราขณะออกกำลังกายจะต้องอาศัยพลังงานจากการเผาผลาญสารอาหาร

โดยมีระบบไหลเวียนเป็นตัวกลาง ในการลำเลียงออกซิเจน และสารอาหารต่างๆ ไปกับเลือด เข้าสู่เซลล์ และขับถ่ายของเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากขบวนการ รวมทั้งคาร์บอนไดออกไซด์ ออกจากเซลล์ รวมทั้ง การระบายความร้อน และรักษาสมดุล กรด - ด่าง ของร่างกาย ให้เกิด สมดุล

3. การวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การทดสอบหาค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดนี้กระทำได้ 2 วิธี คือ

3.1 วิธีวัดโดยตรง (Direct Method) จากเครื่องมือ ซึ่งมีอุปกรณ์ประกอบด้วย ลู่วิ่ง (Treadmill) จักรยานวัดงาน (Bicycle ergometer) เครื่องวัดและแสดงปริมาณอากาศ (Gasometer) เครื่องวิเคราะห์อากาศ (Ges - analyzer) เครื่องกำหนดจังหวะ (Metronome) และนาฬิกาจับเวลา (Stopwatch) วิธีนี้ออกจากเครื่องเก็บอากาศ ซึ่งมีทั้งแบบวงจรเปิดและวงจรปิด และวิเคราะห์อัตราส่วนของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศที่หายใจเข้าออก เพื่อ คำนวณหาจำนวนออกซิเจนที่ร่างกายจับได้ในแต่ละนาทีแต่วิธีนี้ไม่สะดวกที่ต้องทดลองในห้อง ปฏิบัติการ วิธีการยุ่งยากซับซ้อนและเสียเวลานานในการทดลอง

ในปี 1996 บุคส์ ฟาเฮย์ และ ไวท์ (Books; Fahey; & White. 1996) ได้กล่าวว่า วิธีการ วัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทดสอบได้โดยใช้ลู่วิ่ง (Treadmill) จักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer) การก้าวขึ้นลงบันได (Bench Stepping Test) หรือการทดสอบภาคสนาม (Field Test) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การทดสอบด้วยลู่วิ่ง (Treadmill Test) ลู่วิ่งเป็นอุปกรณ์ที่ดีที่สุดสำหรับการวัด ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นอุปกรณ์ที่มีความแม่นยำในการทดสอบ ซึ่งการทดสอบ มีความคล้ายคลึงกับการเดินหรือวิ่ง นักวิจัยและแพทย์นิยมนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการเพราะได้ค่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่าอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ตารางเปรียบเทียบการใช้ลู่วิ่งวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด กับ อุปกรณ์ ชนิดต่างๆ (ลู่วิ่ง = 100%)

การทดสอบ	ชาย (%)	หญิง (%)
Bicycle Ergometer (Seated)	93	91
Bicycle Ergometer (Reclining)	90	88
Arm Ergometer	88	85
Bench Stepping Test	96	98

(Books; Fahey; & White. 1996)

จากตาราง 1 การทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได (Bench Stepping) สามารถวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ใกล้เคียงกับลู่วิ่ง (Treadmill) ในผู้ชาย 96% และผู้หญิง 98% จึงน่าจะเป็นอุปกรณ์ทดสอบที่สามารถใช้แทนลู่วิ่งได้ ข้อเสียเปรียบเทียบกับลู่วิ่งประกอบด้วย ราคาที่ค่อนข้างสูง ขนาดใหญ่ การเคลื่อนย้ายไม่สะดวก มีความยุ่งยากในการวัดความดันเลือด หรือคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และไม่สามารถทดสอบกับบุคคลที่มีความพิการเดินไม่ได้ เช่น อัมพาตครึ่งท่อน หรือบุคคลที่ควบคุมระบบประสาทไม่ได้ ความหลากหลายของวิธีการทดสอบด้วยลู่วิ่ง สามารถทดสอบที่ความหนักระดับสูงสุด หรือที่ความหนักระดับเกือบสูงสุด โดยทั่วไปนิยมทดสอบด้วยวิธีของ Bruce, Balke, Naughton และ Ellestad ในแต่ละวิธีทดสอบมีความหลากหลายโดยใช้การเปลี่ยนแปลงของความเร็ว ความชันในแต่ละวิธีการทดสอบ ระดับความหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องกัน จะไม่มีการพักในแต่ละช่วงของการทดสอบ ผู้ใช้ต้องมีการปรึกษาหารือในการพิจารณาเลือกวิธีการทดสอบให้เหมาะสม

2) การทดสอบด้วยจักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer Test) จักรยานวัดงานเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการ ข้อดีของจักรยานวัดงาน คือ ราคาถูก เคลื่อนย้ายสะดวก ผู้ทดสอบจะให้ความร่วมมือมากกว่าการใช้ลู่วิ่ง และยังสามารถนำจักรยานวัดงานที่มีลักษณะแบบตั้งตรง (Upright) หรือแบบเอนนอน (Supine) มาทำการทดสอบได้ ส่วนข้อเสียเปรียบในการทดสอบพบในผู้หญิง ผู้สูงอายุ และผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับการปั่นจักรยาน การปั่นจักรยานทำให้เกิดความหนักกับกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) จึงเกิดความล้าต่อกล้ามเนื้อ และจำกัดสมรรถภาพของระบบไหลเวียนก่อนจะถึงระดับสูงสุด โดยทั่วไปการใช้จักรยานวัดงานในการทดสอบจะขึ้นอยู่กับแรงจูงใจของผู้ทดสอบ ถ้าจำนวนรอบในการปั่นลดลงจะส่งผลต่อการใช้ออกซิเจนลดลงด้วย ความล้าของผู้ทดสอบจะมีผลทำให้หยุดการทดสอบก่อนถึงเวลาที่กำหนด และจะทำให้การประเมินค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนต่ำไปด้วย

การทดสอบด้วยจักรยานวัดงานประกอบด้วยตัวบ่งชี้แรงต้าน และจำนวนรอบในการปั่นนาที (rpm) การเริ่มต้นของระดับความหนักในการทดสอบ (Power Output) การเพิ่มขึ้นของ power output จะใช้ผลของอัตราการเต้นของหัวใจที่สะท้อนกลับมา โดยทั่วไปวิธีที่นิยมในการทดสอบด้วยจักรยานวัดงานประกอบด้วยวิธีของ Astrand – Rhyming, Fox, McArdle, ACSM และ YMCA (Heyward. 2002) ผู้ทดสอบมีสุขภาพดีเริ่มต้นจากระดับความหนักที่ 50 วัตต์สำหรับผู้หญิง และ 100 วัตต์สำหรับผู้ชาย และเพิ่มระดับความหนักที่ 25 – 30 วัตต์ทุกๆ 2 – 3 นาที ให้ผู้ป่วยระดับความหนักควรเริ่มต้นจาก 25 – 50 วัตต์ และเพิ่มระดับความหนักที่ 5 - 25 วัตต์ในแต่ละช่วงของการทดสอบ

3) การทดสอบด้วยการก้าวขึ้นลงบันได (Bench Stepping Test) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยส่วนใหญ่ในแต่ละวิธีการทดสอบ จะจับชีพจรในระยะพักขึ้นมาทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพราะการจับชีพจรขณะออกกำลังกายในการทดสอบเป็นเทคนิคที่ยากกว่าการใช้ชีพจรในระยะพักฟื้น ข้อดี จากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได ได้แก่ อุปกรณ์ราคาค่อนข้างถูก เคลื่อนย้ายสะดวก และเทคนิคในการปฏิบัติง่าย

จึงสามารถนำมาใช้นอกห้องปฏิบัติการ เช่น ในชั่วโมงเรียนพลศึกษา เพราะสามารถดำเนินการทดสอบกับกลุ่มประชากรที่มีจำนวนมากได้ ในเวลาค่อนข้างน้อย ส่วนข้อเสีย จากการทดสอบ เกิดจากการก้าวเร็ว หรือช้าเกินไป ไม่ตรงตามเครื่องกำหนดจังหวะ หรือความสูงของอุปกรณ์ ถ้ามีระดับความสูงมาก ต้องใช้ทดสอบในเด็กวัยรุ่น หรือผู้มีสุขภาพดี สำหรับคำแนะนำเพื่อความปลอดภัย ถ้าทดสอบในผู้สูงอายุไม่ควรใช้อุปกรณ์สูงมาก และไม่ควรถดสอบกับผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับกระดูกหรือระบบประสาท ส่วนประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดจะมีความถูกต้อง และแม่นยำ ผู้ทดสอบต้องยืนในแนวตั้งตรง และไม่เอียงลำตัวไปข้างหน้ามากเกินไปขณะก้าวขึ้นบนอุปกรณ์ทดสอบ อีกทั้งค่าที่ได้จากการประเมินต่ำกว่าการทดสอบด้วยลู่วิ่งประมาณ 5-7% (Books; Fahey; & White. 1996)

การทดสอบด้วยการก้าวขึ้นลงบันไดจะใช้เครื่องตั้งจังหวะ (Metronome) รักษาจังหวะในการก้าวขึ้นลง ซึ่งจังหวะการก้าวขึ้นลง 1 รอบ ให้ปรับเครื่องกำหนดจังหวะ 4 จังหวะต่อรอบ ผู้ทดสอบยืนอยู่ด้านหน้าของอุปกรณ์ทดสอบ จังหวะที่ 1 ก้าวเท้าซ้ายขึ้นบนอุปกรณ์ จังหวะที่ 2 ก้าวเท้าขวาขึ้นตาม จังหวะที่ 3 ก้าวเท้าซ้ายลงสู่พื้น จังหวะที่ 4 ก้าวเท้าขวาลงตามสู่พื้น ในตำแหน่งเดิม (American College of Sport Medicine. 2000)

4) การทดสอบภาคสนาม (Field Test) เป็นการทดสอบภาคสนามที่ใช้กับคนกลุ่มใหญ่ หรือใช้เมื่อมีข้อจำกัดของเวลาหรืออุปกรณ์ การทดสอบในภาคสนามที่ใช้กันแพร่หลายมีดังนี้ (Heywaed. 1998)

4.1 การทดสอบโดยวิธีการวิ่ง

4.1.1 การทดสอบโดยวิธีการวิ่ง 12 นาที (Twelve – Minute Run Test) เป็นการทดสอบวิ่งให้ได้ระยะมากที่สุด หรือวิ่งให้เร็วที่สุดในเวลาที่กำหนดคือ 12 นาที เมื่อสิ้นสุดการทดสอบให้วัดระยะทางเป็นเมตร และคำนวณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากสมการ

$$\text{Run VO}_2 \text{ max (ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = [\text{Distance (meter)} - 504.9] / 44.73$$

4.1.2 การทดสอบโดยวิธีการวิ่งระยะทาง 1.5 ไมล์ (One –Half mile Run Test) เป็นการทดสอบวิ่งในระยะทาง 1.5 ไมล์ โดยใช้เวลาน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เมื่อสิ้นสุดการทดสอบให้จับเวลาเป็นนาที ถ้ามีส่วนวินาที ให้ทำเป็นนาทีโดยหารด้วย 60 และ คำนวณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากสมการ

$$\text{VO}_2 \text{ max (ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 88.02 - [0.1656 \times \text{BW}] - [2.76 \times \text{time}] + [3.716 \times \text{Gender}]$$

โดยที่ BW = น้ำหนักตัว หน่วยเป็นกิโลกรัม

Time = เวลาที่วิ่งได้ หน่วยเป็นนาที

Gender = เพศ ; ชาย = 1 หญิง = 2

4.1.3 การทดสอบโดยวิธีการวิ่งเหยาะๆ 1 ไมล์ (One - Mile Jogging) การทดสอบนี้ให้ผู้ทดสอบเลือกการก้าววิ่งเหยาะๆที่สะดวกที่สุด ก่อนทดสอบให้อบอุ่นร่างกายโดยการวิ่งเหยาะๆ 2 - 3 นาที และหลังการทดสอบจะวัดอัตราการเต้นของหัวใจทันที เวลาที่ใช้สำหรับการวิ่งเหยาะๆ 1 ไมล์ควรเป็นอย่างน้อย 8 นาทีในเพศชาย และ 9 นาทีสำหรับเพศหญิง ชีพจรหลังการทดสอบไม่ควรเกิน 180 ครั้ง/นาที คำนวณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากสมการดังนี้

$$\text{VO}_2 \text{ max (ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 100.5 - [0.1636 \times \text{BW}] - [1.438 \times \text{Time}] - [0.1928 \times \text{HR}] + (8.344 \times \text{Gender})$$

โดยที่ BM = น้ำหนักตัว หน่วยเป็นกิโลกรัม

Time = เวลาที่ใช้วิ่งเหยาะๆ หน่วยเป็นนาที

HR = ชีพจรหลังจากสิ้นสุดการทดสอบ หน่วยเป็นครั้ง/นาที

Gender = เพศ ; ชาย = 1 หญิง = 0

4.2 การทดสอบโดยวิธีการเดิน

การทดสอบโดยวิธีการเดิน 1 ไมล์ของ Rockport เป็นวิธีการทดสอบภาคสนามวิธีหนึ่ง เพื่อประมาณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด จุดประสงค์ของการทดสอบให้เดินเป็นระยะทาง 1 ไมล์ โดยใช้เวลาน้อยที่สุด อุปกรณ์ที่ใช้คือ นาฬิกาจับเวลา และสนามลู่กลม วิธีการทดสอบมีดังนี้คือ

4.2.1 ชั่งน้ำหนักผู้ถูกทดสอบ (กิโลกรัม)

4.2.2 กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบต้องเดินด้วยความเร็วมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ครบ 1 ไมล์ หลังการทดสอบจัดชีพจรทันทีในเวลา 15 นาที (นำจำนวนครั้งที่นับได้คูณด้วย 4 จะได้อัตราชีพจรมีหน่วยเป็นครั้ง/นาที) นำเวลาที่ทำได้ไปคำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{Vo}_2 \text{ max (ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 132.853 + 6.31 (\text{Gender}) - 0.3877 (\text{age}) - 0.1692 (\text{wt}) - 3.2649 (\text{Time}) - 0.1565 (\text{HR})$$

โดยที่ BM = น้ำหนักตัว หน่วยเป็นกิโลกรัม

Age = อายุ หน่วยเป็นปี

Time = เวลาที่ใช้วิ่งเหยาะๆ หน่วยเป็นนาที

HR = ชีพจรหลังจากสิ้นสุดการทดสอบ หน่วยเป็นครั้ง/นาที

Gender = เพศ ; ชาย = 1 หญิง = 0

ในปี 1985 พิตเซทท์ ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการทำนายค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการทดสอบที่ระดับความหนักต่ำกว่าสูงสุดโดยใช้จักรยานวัดงาน และจากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะทำการทดสอบโดยการเพิ่มระดับความหนักของงาน (Progression) ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ และทดสอบโดยให้ระดับความหนักของงานคงที่ (Steady Stage) ทดสอบโดยใช้จักรยานวัดงาน และจากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได ทำการศึกษาในผู้ชายที่มีสุขภาพดีจำนวน 12 คน อายุระหว่าง 23 – 58 ปี โดยใช้ชีพจรเป็นตัวทำนายค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผลการวิจัยพบว่า ค่าที่ได้จากการทดสอบ โดยให้ระดับความหนักของงานคงที่จะประเมินค่าได้ต่ำกว่าการทดสอบโดยการเพิ่มระดับความหนักของงานต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.13 – 0.55 ลิตร/นาที และค่าที่ได้จากการทดสอบในแต่ละวิธีการมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงสรุปผลการวิจัยว่าการทดสอบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการเพิ่มระดับความหนักของงานต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ โดยใช้จักรยานวัดงาน หรือการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดจะเกิดความผิดพลาดน้อยกว่าการทดสอบโดยให้ระดับความหนักของงานคงที่

ในปี 1992 ฟรานซิส และ บรัลเชอร์ (Francis; & Brasher. 1992) ได้ทำการศึกษาการกำหนดความสูงของอุปกรณ์ทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได เพื่อทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเที่ยงตรงของค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในผู้ชายจำนวน 33 คน อายุ 18 – 47 ปี (ค่าเฉลี่ยอายุของผู้ทดสอบ 28 ปี) โดยการทดสอบครั้งนี้ใช้การก้าวขึ้นลงบันได ความสูงของอุปกรณ์กำหนดจากการให้ผู้ทดสอบยกสะโพกที่มุม 73.3 องศา ความสูงของอุปกรณ์ทดสอบอยู่ในช่วงระหว่าง 32 – 36 เซนติเมตร จังหวะการก้าวขึ้นลง 22, 26 และ 30 รอบ/นาที ระยะเวลาทดสอบ 3 นาที จีบชีพจรในระยะพักพื้น 15 วินาที เว้นระยะเวลาในการทดสอบในแต่ละวิธีการ 24 - 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการทดสอบโดยการเดินบนลู่วิ่ง ด้วยวิธีการของ (Bruce Protocol Treadmill Test) ทดสอบจนถึงระดับความสามารถสูงสุดวัดโดยตรงด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ความเร็วในการทดสอบเริ่มต้นที่ 1.7 ไมล์/ชั่วโมง และระดับความชัน 10% มีการเพิ่มระดับความหนักของการทดสอบทุก ๆ 3 นาที โดยการเพิ่มความเร็ว 0.8 ไมล์ต่อชั่วโมง และเพิ่มระดับความชัน 2 % ทดสอบต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จนกว่าผู้ทดสอบ 1) ไม่สามารถควบคุมความเร็วให้สม่ำเสมอในแต่ละช่วงของการทดสอบ 2) อัตราส่วนระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ถูกใช้ไป (Respiratory Exchange หรือ RER) มีค่ามากกว่า 1.1 และ 3) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดถึง 90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ซึ่งคำนวณจาก 220 - อายุ (ปี) ผลการวิจัยพบว่าจากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดจังหวะการก้าวขึ้นลง 22, 26 และ 30 รอบ/นาที มีความสัมพันธ์กับค่าที่วัดได้ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.56 และ 0.557 ตามลำดับ ซึ่งจังหวะการก้าวขึ้นลง 26 รอบ/นาที มีค่าความสัมพันธ์มากที่สุด ส่วนจังหวะการก้าวขึ้นลง 22 และ 30 รอบ/นาที มีค่าความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับจังหวะการก้าวขึ้นลง 26 รอบ/นาที ผู้วิจัยจึงสรุปผลการวิจัยว่า

ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายต่ำควรใช้จังหวะการก้าวขึ้น 22 รอบ/นาที และในผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายสูงสามารถเลือกใช้จังหวะการก้าวขึ้นลง 26 หรือ 30 รอบ/นาที จากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดเพื่อประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Francis; & Brasher. 1992)

การเลือกใช้วิธีการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผู้วิจัยต้องศึกษาให้เข้าใจในขั้นตอน และวิธีการทดสอบ การเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับผู้ทดสอบ พื้นฐานสมรรถภาพทางกายได้แก่ อายุ เพศ หรือข้อจำกัดของโรคบางชนิด เช่น โรคหัวใจ เป็นต้น ซึ่งค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ได้จากการทดสอบด้วยลู่วิ่ง (Treadmill Test) กับการทดสอบภาคสนาม (Field Test) จะได้ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดตรงกับความสามารถของผู้ทดสอบมากที่สุด เพราะทดสอบด้วยการเดิน หรือวิ่ง แต่การทดสอบด้วย ลู่วิ่ง จะมีการเพิ่มระดับความหนักไปเรื่อย ๆ จนสิ้นสุดการทดสอบ ฉะนั้นการทดสอบภาคสนามจึงเหมาะกับผู้สูงอายุ ส่วนการทดสอบด้วยจักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer Test) ค่าที่ได้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากความจริง เนื่องจากผู้ทดสอบไม่สามารถควบคุมจำนวนรอบในการปั่นจนสิ้นสุด การทดสอบด้วยการก้าวขึ้นลงบันได (Bench Stepping Test) ผู้ทดสอบต้องควบคุมจังหวะในการก้าวขึ้นลงให้คงที่ ให้ตรงกับเครื่องกำหนดจังหวะการก้าว (Metronome) ถ้าไม่สามารถควบคุมจังหวะการก้าวให้สม่ำเสมอจะต้องหยุดการทำสอบทำให้ค่าที่เกิดความคลาดเคลื่อนไปมาก อีกทั้งยังความชำนาญ และประสบการณ์ในการจับชีพจรในขณะออกกำลังกาย หรือในระยะพักฟื้น เพื่อจะนำจำนวนครั้งที่จับชีพจรได้มาคำนวณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่อไป

การทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได

การทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดที่ความหนักระดับสูงสุด

การทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดที่ความหนักระดับสูงสุด (Bench Stepping Maximal Exercise Test) โดยทั่วไปนิยมวิธีการทดสอบของ Nagle, Balke และ Naughton ซึ่งจะกำหนดจังหวะการก้าว 30 รอบ/นาที หรือปรับเครื่องกำหนดจังหวะ 120 ครั้งต่อนาที ความสูงของอุปกรณ์เริ่มต้นจาก 2 เซนติเมตรถึง 50 เซนติเมตร ซึ่งจะค่อยๆ เพิ่มความสูงครั้งละ 2 เซนติเมตร ทุกๆ นาทีของการทดสอบ และจะสิ้นสุดการทดสอบเมื่อผู้ทดสอบเกิดการล้าของกล้ามเนื้อ หรือไม่สามารถควบคุมจังหวะในการก้าวขึ้นลงให้คงที่ หลังจากนั้นสามารถคำนวณพลังงานที่ใช้ไปในการเผาผลาญโดยใช้สมการเผาผลาญของ ACSM (ACSM Stepping Equation) คำนวณความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับการที่ได้กำหนดความสูงของอุปกรณ์ทดสอบและจังหวะในการก้าวขึ้นลง วิธีการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดที่ความหนักระดับสูงสุด (Bench Stepping Maximal Exercise Test) โดยที่สามารถกำหนดความสูงของอุปกรณ์ทดสอบ จำนวนครั้งของการก้าวขึ้นลงบันได ความหนักของงานและระยะเวลาของการทดสอบ (Heyward. 1998)

สมการดังนี้คือ

$$\text{Work (kg. m. min}^{-1}\text{)} = \text{step height (m)} \times \text{body weight (kg)} \times \text{stepping rate}$$

$$\text{Step height (m)} = \text{work (kg. m. min}^{-1}\text{)} / \text{body weight (kg)} \times \text{stepping rate}$$

$$\text{Stepping rate (steps. min}^{-1}\text{)} = \text{work (kg. m. min}^{-1}\text{)} / \text{body weight (kg)} \times \text{step height (m)}$$

โดยที่ Step height = ความสูงของอุปกรณ์ทดสอบ หน่วยเป็นเมตร

Stepping rate = จังหวะการก้าวขึ้นลง หน่วยเป็นรอบต่อนาที

Body weight = น้ำหนัก หน่วยเป็นกิโลกรัม

Work = ระดับความหนักของงาน หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเมตรต่อนาที

ยกตัวอย่างเช่น ผู้หญิงหนัก 50 กิโลกรัม จังหวะการก้าวขึ้นลงบันได 22 รอบต่อนาที ความสูงของอุปกรณ์ทดสอบ 30 เซนติเมตร (0.30 เมตร) คำนวณระดับความหนักของงานได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{work (kg. m. min}^{-1}\text{)} &= 0.30 \text{ (m)} \times 50 \text{ (kg)} \times 22 \text{ (steps. min}^{-1}\text{)} \\ &= 330 \text{ kg. m. min}^{-1} \end{aligned}$$

หรือตัวอย่างเช่น ถ้าออกแบบการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได โดยต้องการผู้ทดสอบ มีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม ทดสอบที่ระดับความหนักของงาน 300 กิโลกรัมเมตรต่อนาที และ จังหวะการก้าวขึ้นลงบันได 18 รอบต่อนาที จึงต้องคำนวณความสูงของอุปกรณ์ทดสอบดังนี้

$$\begin{aligned} \text{step height (m)} &= 300 \text{ (kg. m. min}^{-1}\text{)} / [60 \text{ (kg)} \times 18 \text{ (steps. min}^{-1}\text{)}] \\ &= 0.28 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

อีกทางเลือกหนึ่ง กำหนดให้ความสูงของอุปกรณ์ทดสอบคงที่ และมีการเปลี่ยนจังหวะการก้าวในแต่ละช่วงของการทดสอบ ยกตัวอย่างเช่น ความสูงของอุปกรณ์ทดสอบ 30 เซนติเมตร (0.30 เมตร) ผู้ทดสอบน้ำหนัก 60 กิโลกรัม ทดสอบที่ความหนักของงาน 450 กิโลกรัมเมตรต่อนาที ต้องคำนวณจังหวะการก้าวดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{Stepping rate (steps. min}^{-1}\text{)} &= 450 \text{ (kg. m. min}^{-1}\text{)} / [60 \text{ (kg)} \times 0.30 \text{ (m)}] \\ &= 25 \text{ steps. min}^{-1} \end{aligned}$$

ในการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการเผาผลาญ จะใช้สมการเผาผลาญของ ACSM (ACSM Stepping Equation) เพื่อประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($V O_2$) จะใช้ความสูงของอุปกรณ์ทดสอบ จำนวนครั้งของการก้าวขึ้นลงของช่วงของการทดสอบสุดท้ายในการคำนวณดังสมการต่อไปนี้ (Heyward. 1998)

$$V O_2 \text{ (ml. kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = (F \times 0.2) + (ht \times F \times 1.8) + 3.5$$

โดย $V O_2$ = ความสามารถในการใช้ออกซิเจนในแต่ละช่วงของการทดสอบ
(Submaximal work load, SM)

F = จำนวนครั้งในการก้าวขึ้นลง หน่วยเป็นรอบต่อนาที

Ht = ความสูงของอุปกรณ์ทดสอบ หน่วยเป็นเมตร

การทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดที่ความหนักระดับสูงสุด เป็นวิธีการที่มีการเพิ่มความหนักของงาน เพิ่มระดับความสูงของอุปกรณ์การทดสอบ และการเพิ่มจังหวะในการก้าวขึ้นลงบันไดในแต่ละช่วงของการทดสอบตามที่ผู้วิจัยกำหนด แต่ทั้งนี้ต้องดูพื้นฐานร่างกายของผู้ทดสอบแต่ละคนเพราะถ้าในการทดสอบใช้อุปกรณ์ที่มีความสูงมากจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการล้า ทำให้ต้องหยุดการทดสอบก่อนจะถึงเวลาของการทดสอบ และได้ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไปมาก ดังนั้นผู้วิจัยต้องทำการศึกษาขั้นตอนและวิธีการให้เข้าใจเพื่อกำหนดความสูงของอุปกรณ์ หรือจังหวะการก้าวให้เหมาะสมมากที่สุด

การทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดที่ความหนักระดับต่ำกว่าสูงสุด

การทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดที่ความหนักระดับต่ำกว่าสูงสุด (Bench Stepping Submaximal Exercise Test) โดยทั่วไปนิยมการทดสอบของ Astrand – Rhyming และ Queen College ซึ่งทั้งสองวิธีการทดสอบนี้จะใช้ชีพจรในระยะพักฟื้นในการทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และอีกวิธีหนึ่งก็คือการใช้ชีพจรขณะออกกำลังกายมาคำนวณความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้สมการเผาผลาญของ ACSM (ACSM stepping equation) จากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได ด้วยการกำหนดความสูงของอุปกรณ์ทดสอบ จำนวนครั้งของการก้าวขึ้นลงบันได และความหนักของงานในการทดสอบ (Heyward. 1998)

1. วิธีการทดสอบของ Astrand – Rhyming step test

การทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได วิธีนี้สามารถใช้แผนภูมิมาตรฐานของ Astrand และ Rhyming (Astrand – Rhyming Nomogram) ในการทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \text{ max}$) โดยใช้ชีพจร (Heart Rate) หลังสิ้นสุดการทดสอบ และน้ำหนักตัว (Body Weight) ของผู้ทดสอบมาทำนายด้วยแผนภูมิมาตรฐานสำหรับวิธีการทดสอบนี้ผู้ทดสอบจะใช้จังหวะในการก้าว 22.5 รอบต่อนาที (ปรับเครื่องกำหนดจังหวะ 90 ครั้งต่อนาที) ระยะเวลาในการ

ทดสอบ 5 นาที ความสูงอุปกรณ์ทดสอบ 33 เซนติเมตร (13 นิ้ว) สำหรับผู้หญิงและ 40 เซนติเมตร ($15\frac{3}{4}$ นิ้ว) สำหรับผู้ชาย จับชีพจรหลังจากการทดสอบ จากการนับทันทีหลังจากการทดสอบระหว่าง 15 และ 30 วินาที (โดยเปลี่ยนจำนวนครั้งที่จับชีพจรได้ใน 15 วินาทีคูณด้วย 4) หรือนำมาแทนค่าในสมการที่ใช้คำนวณความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งมีหน่วยเป็นลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ($L.kg^{-1}.min^{-1}$) ดังสมการในการคำนวณดังนี้ (Heyward. 1998)

$$\text{ผู้หญิง } V O_2 \max (L.kg^{-1}.min^{-1}) = 3.750 [(BW-3) / (HR-65)]$$

$$\text{ผู้ชาย } V O_2 \max (L.kg^{-1}.min^{-1}) = 3.744[(BW+5) / (HR-62)]$$

โดยที่ HR = การจับชีพจรในช่วงระยะพักพื้นเป็นเวลา 15 วินาที คูณ ด้วย 4
หน่วยเป็นครั้งต่อนาที

BW = น้ำหนักตัว หน่วยเป็นกิโลกรัม

เพื่อความเหมาะสมในการทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากแผนภูมิมาตรฐาน (Nomogram) ผู้ทดสอบที่มีอายุตั้งแต่ 15-65 ปี ให้ใช้อัตราที่แปลงตามอายุของผู้ทดสอบมาคูณ ดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตาราง 2 ค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอายุ (Age Factor) เพื่อทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของ Astrand และ Rhyming

อายุ (ปี)	ค่าปัจจัย	อายุ (ปี)	ค่าปัจจัย
15	1.10	50	0.75
25	1.00	55	0.71
35	0.87	60	0.68
40	0.83	65	0.65
45	0.78		

จากตาราง 2 เพื่อความเหมาะสมในการทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากแผนภูมิมาตรฐาน (Nomogram) ที่ส่งผลต่ออายุ ยกตัวอย่างเช่น ผู้ทดสอบอายุ 40 ปี น้ำหนัก 60 กิโลกรัม จับชีพจรหลังจากการทดสอบได้ 33 ครั้งต่อนาทีโดยเปลี่ยนจำนวนครั้งที่จับชีพจรได้ใน 15 วินาทีคูณด้วย 4 ชีพจรที่วัดได้หลังสิ้นสุดการทดสอบเท่ากับ 132 ครั้งต่อนาที ปริมาณความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากแผนภูมิมาตรฐาน เท่ากับ 3.5 ลิตรต่อนาทีปรับเปลี่ยน

ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้อัตราที่ดัดแปลงตามอายุเท่ากับ 2.82 ลิตรต่อนาที ($3.5 \times 0.83 = 2.905$ ลิตรต่อนาที)

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยการใช้จักรยานวัดงานทดสอบด้วยวิธีของ ออสตรานด์ และจากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได ด้วยวิธีของออสตรานด์ (จิตรานี. 2531) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลายจำนวน 100 คน ผลการวิจัยพบว่า ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการใช้จักรยานวัดงานทดสอบด้วยวิธีของออสตรานด์ มีค่าเท่ากับ 45.62 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที และค่าได้จากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดด้วยวิธีของออสตรานด์ มีค่าเท่ากับ 49.91 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ซึ่งค่าที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 วิธีอยู่ในเกณฑ์ดีเช่นเดียวกัน และความสัมพันธ์ของวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธีการ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.845 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง จึงสรุปผลการวิจัยได้ว่า การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดด้วยวิธีของออสตรานด์ สามารถใช้ทดสอบได้เช่นเดียวกับการใช้จักรยานวัดงานทดสอบด้วยวิธีของออสตรานด์ เพราะมีค่าใกล้เคียงกัน และมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง

2. วิธีการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได(Queen College Step Test)

เฮย์วอร์ด (Heyward. 2002) กล่าวว่าวิธีการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดของ (Queen College Step Test) เพื่อทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \max$) ให้ผู้ทดสอบใช้จังหวะการก้าว 22 รอบ/นาที สำหรับผู้หญิง (ปรับเครื่องกำหนดจังหวะ 88 ครั้ง/นาที) และ 24 รอบ/นาที สำหรับผู้ชาย (ปรับเครื่องกำหนดจังหวะ 96 ครั้ง/นาที) เวลาในการทดสอบ 3 นาที ความสูงของอุปกรณ์ทดสอบ $16\frac{1}{4}$ นิ้ว (0.406 เมตร) ซึ่งวิธีการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได(Queen College Step Test) จะจับชีพจรในช่วงระยะพักเป็นเวลา 15 วินาที หลังจากนั้นเปลี่ยนจำนวนครั้งที่จับชีพจรได้คูณด้วย 4 แล้วนำมาแทนค่าในสมการที่ใช้คำนวณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) ดังสมการในการคำนวณดังนี้

$$\text{ผู้หญิง } VO_2 \max (ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}) = 65.81 - [0.1847 \times \text{recovery HR (bpm)}]$$

$$\text{ผู้ชาย } VO_2 \max (ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}) = 111.33 - [0.42 \times \text{recovery HR (bpm)}]$$

โดยที่ recovery HR (bpm) = การจับชีพจรในช่วงระยะพักเป็นเวลา 15 วินาที คูณด้วย 4 หน่วยเป็นครั้ง/นาที

เวลช์ (Welch; et al. 1999) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องความเที่ยงตรงจากการปรับความสูงของอุปกรณ์ จังหวะการก้าวขึ้นลง จากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได 3 นาที เพื่อทำนายค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเปรียบเทียบกับทดสอบจนถึงระดับความสามารถสูงสุดโดยใช้ลูกลวดโดยตรงด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซยี่ห้อ Q - Plex® ทำการศึกษา

ในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ประกอบด้วยผู้ชายจำนวน 9 คน และผู้หญิงจำนวน 11 คน ช่วงอายุระหว่าง 18 – 35 ปี ซึ่งกลุ่มตัวอย่างทุกคนต้องทำการทดสอบการขึ้นลงบันไดเป็นเวลา 3 นาที จับชีพจรในระยะพักฟื้นเป็นเวลา 15 วินาที แล้วนำมาทำนายค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด หลังจากนั้นให้ทดสอบจนถึงระดับความสูงสุดโดยใช้ลู่วิ่งโดยตรงด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ เปรียบเทียบค่าความแตกต่างจากการทดสอบทั้ง 2 วิธีการ โดยใช้สถิติ t - test จากการวิจัยพบว่า การทดสอบทั้ง 2 วิธีการไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลาง ผลการวิจัยจึงสรุปว่าสามารถนำการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได 3 นาที มาประเมินค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี เมื่อไม่สามารถทำการทดสอบจนถึงระดับความสามารถสูงสุดได้

ความเที่ยงตรงของการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดด้วยวิธีการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได (Queen College Step Test) ในวัยรุ่นอินเดียนเพศชาย วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ศึกษาความเหมาะสมของวิธีการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดของ (Queen College Step Test) เพื่อประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้มีสุขภาพดีจำนวน 30 คน มีค่าเฉลี่ยอายุ 22.6 ปี ความสูง 166.4 เซนติเมตร และน้ำหนักตัว 53.8 กิโลกรัม มีรายละเอียดในการทดสอบ ดังต่อไปนี้

1. ทดสอบการใช้ออกซิเจนสูงสุดวิธีวัดทางอ้อม จากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดด้วยวิธีของ (Queen College Step Test) ความสูงของอุปกรณ์ 16 ¼ นิ้ว (0.406 เมตร) จังหวะการก้าวขึ้นลง 24 รอบ/นาที ระยะเวลาในการทดสอบ 3 นาที เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ จะหยุดพัก 5 วินาที หลังจากนั้นจับชีพจรในระยะพักฟื้น 15 วินาที แล้วนำค่าที่ได้มาแทนค่าในสมการทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดดังนี้

$$VO_2 \max \text{ (ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 111.33 - [0.42 \times \text{recovery HR (bpm)}]$$

2. ทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทดสอบจนถึงระดับความสามารถเกือบสูงสุด ด้วยจักรยานวัดงานของ (Muller's Magnetic Brake) วัดโดยตรงด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซระบบวงจรเปิด ด้วยวิธีของ (Douglas Bag Technique) ระดับความหนักเริ่มต้นที่ 450 กิโลกรัมเมตร/นาที เป็นเวลา 5 นาที ทันทีที่ครบเวลาจะปรับระดับความหนักเป็น 950 กิโลกรัมเมตร/นาที หลังจากนั้นจะเพิ่มระดับความหนัก 150 กิโลกรัมเมตร/นาที ทุก ๆ 3 นาที หยุดการทดสอบ เมื่อเกิดความเมื่อยล้า อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดถึงระดับ 90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดซึ่งคำนวณจาก 220 – อายุ(ปี) หรือปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) อยู่ในระดับคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 100 มิลลิลิตร/นาที แม้จะมีการเพิ่มระดับความหนักให้สูงขึ้นก็ตาม

จากการผลการวิจัยพบว่า ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \max$) จากวิธีวัดทางอ้อมทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดด้วยวิธีของ (Queen College Step Test) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.3 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที และค่าที่ได้จากการทดสอบจนถึงระดับความสามารถเกือบสูงสุดด้วยจักรยานวัดงาน วัดโดยตรงด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.8 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .10 ส่วนค่าความสัมพันธ์ระหว่าง

การทดสอบทั้ง 2 วิธีค่าเท่ากับ 0.95 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 การวิจัยครั้งนี้จึงสรุปผลได้ว่าสามารถนำวิธีการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดด้วยวิธีของ (Queen College step test) มาประเมินค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบนอกห้องปฏิบัติการ และในกลุ่มประชากรขนาดใหญ่ (Chatterjee; et al. 2004)

และต่อมาในปี 2005 แซทเทอร์จี และคนอื่น ๆ (Chatterjee; et al. 2004) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความเที่ยงตรงของการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดด้วยวิธีของ Queen College Step Test ในนักศึกษาหญิง วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ศึกษาความเหมาะสมของวิธีการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดของ (Queen College Step Test) เพื่อประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาหญิงในมหาวิทยาลัย West Bengal ในประเทศอินเดีย เป็นผู้ที่มีสุขภาพดีจำนวน 40 คน มีค่าเฉลี่ยอายุ 21.9 ปี ความสูง 157.2 เซนติเมตร และน้ำหนักตัว 49.6 กิโลกรัม ทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดด้วยวิธีของ (Queen College Step Test) ทดสอบเป็นเวลา 3 นาที หลังจากนั้นจับชีพจรในระยะพักพื้น 15 วินาที แล้วนำค่าที่ได้มาแทนค่าในสมการทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดดังนี้

$$VO_2 \text{ max (ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 65.81 - [0.1847 \times \text{recovery HR (bpm)}]$$

หลังจากนั้นทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทดสอบจะถึงระดับความสามารถเกือบสูงสุด ด้วยจักรยานวัดงานของ (Muller's Magnetic Brake) วัดโดยตรงด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซระบบวงจรเปิด ด้วยวิธีของ (Douglas Bag Technique) ระดับความหนักเริ่มต้นที่ 300 กิโลกรัมเมตร/นาที เป็นเวลา 5 นาที ทันทีครบเวลาจะปรับระดับความหนักเป็น 600 กิโลกรัมเมตร/นาที หลังจากนั้นจะเพิ่มระดับความหนัก 150 กิโลกรัมเมตร/นาที ทุกๆ 3 นาที หยุดการทดสอบเมื่อเกิดความเมื่อยล้า อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดถึงระดับ 90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ซึ่งคำนวณจาก 220 - อายุ (ปี) หรือปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) อยู่ในระดับคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 100 มิลลิลิตร/นาที แม้จะมีการเพิ่มระดับความหนักให้สูงขึ้นก็ตาม

จากผลการวิจัยพบว่า ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \text{ max}$) จากวิธีวัดทางอ้อมทดสอบการขึ้นลงบันไดด้วยวิธีของ (Queen College Step Test) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.5 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที และค่าที่ได้จากการทดสอบจนถึงระดับความสามารถเกือบสูงสุด

จักรยานวัดงาน วัดโดยตรงด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.8 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ส่วนค่าเฉลี่ยสัมพันธ์ระหว่างทดสอบทั้ง 2 วิธี มีค่าความสัมพันธ์กันทางลบ ($r = 0.83$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า .0344 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ดังนั้นจึงสรุปผล และให้คำแนะนำว่าควรจะมีการพัฒนาปรับปรุงสมการที่ใช้ทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีของ (Queen College Step Test) ขึ้นมาใหม่ เนื่องจากสมการเดิม

ไม่สามารถทำนายผลได้อย่างถูกต้อง เมื่อไปทดสอบกับกลุ่มประชากรที่มีขนาดใหญ่

3. วิธีการทดสอบของ ACSM Step Test

วิธีการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดโดยทั่วไป สามารถกำหนดความสูงของอุปกรณ์ทดสอบ จำนวนครั้งของการก้าวขึ้นลงบันได ระยะเวลาการทดสอบ และความหนักของงาน วิธีการทดสอบนี้ต้องใช้ช่วงในการทดสอบ 2 ช่วงการทดสอบ (Etage) ใช้ชีพจรขณะออกกำลังกายมาคำนวณความสามารถในการใช้ออกซิเจนในแต่ละช่วงของการทดสอบแทนค่าในสมการเผาผลาญของ ACSM (ACSM Stepping Equation) (Heyward. 2002) ดังต่อไปนี้

$$VO_2 \text{ (ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = (F \times 0.2) + (ht \times F \times 1.33 \times 1.8) + 3.5$$

โดยที่ VO_2 = ความสามารถในการใช้ออกซิเจนในแต่ละช่วงการทดสอบ
(submaximal work load, SM)

F = จำนวนครั้งในการก้าวขึ้นลง หน่วยเป็นรอบต่อนาที

Ht = ความสูงของอุปกรณ์ทดสอบ หน่วยเป็นเมตร

และนำค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนในแต่ละช่วงการทดสอบค่าในสมการใช้ multi stage model คำนวณความชันของกราฟระหว่างความหนักของงาน slope (b) และคำนวณความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Slope (b)} = \frac{(SM_2 - SM_1)}{HR_2 - HR_1}$$

$$VO_2 \text{ max (ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = SM_2 + b (HR_{\text{max}} - HR_2)$$

โดยที่ b = ความชันของกราฟระหว่างความหนักของงาน (work load)

SM_1 = ความสามารถในการใช้ออกซิเจน (VO_2) ในช่วงการทดสอบที่ 1
(Submaximal work load at stage I, SM_1)

SM_2 = ความสามารถในการใช้ออกซิเจน (VO_2) ในช่วงการทดสอบที่ 2
(Submaximal work load at stage II, SM_2)

HR_1 = ชีพจรในขณะออกกำลังกายช่วงการทดสอบที่ 1

HR_2 = ชีพจรในขณะออกกำลังกายช่วงการทดสอบที่ 2

HR_{max} = อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด มีค่าเท่ากับ 220 - อายุ

ยูพัท และ (Yoopat; et al. 2002) ได้ทำการศึกษาความแม่นยำตรงจากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันไดโดยการจับชีพจรขณะออกกำลังกายเปรียบเทียบกับทดสอบด้วยจักรยานวัดงานที่ระดับความหนักสูงสุด เพื่อประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \max$) อาสาสมัครเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี ประกอบด้วยผู้ชายจำนวน 18 คน และผู้หญิง 17 คน อายุระหว่าง 19 - 20 ปี อาสาสมัครทุกคนจะต้องทำการทดสอบดังต่อไปนี้

1. ทดสอบที่ระดับความหนักสูงสุดจักรยานวัดงาน วัดโดยตรงด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ จำนวนรอบในการปั่น 50 รอบ/นาที ระดับความหนักของงานเริ่มต้นที่ 50 วัตต์ และเพิ่มขึ้น 25 วัตต์ทุกๆ 2 นาที จนกระทั่งถึงชีพจรเป้าหมาย (Target Heart Rate) 90% ในผู้ชาย และ 85% ในผู้หญิงหาได้จาก 220 - อายุ (ปี) คำนวณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากสมการเชิงเส้น ระหว่างชีพจรกับปริมาณการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกายจากการบันทึกผลทุกๆ 30 วินาที

2. ทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได ใช้อุปกรณ์ทดสอบสูง 22 เซนติเมตร จังหวะการก้าวขึ้นลง 25 รอบ/นาที ระยะเวลาในการทดสอบ 12 นาที มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได แบบที่ 1 จะบันทึกชีพจรทุกๆ นาที เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ คำนวณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากสมการของ Von Donbeln; et al. ดังต่อไปนี้

$$VO_2 \max (\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 1.29 \sqrt{L/(\text{HR} - 60)} e^{-0.00884 \cdot T}$$

โดยที่ L = ระดับความหนักของงาน หน่วยเป็นกิโลกรัมเมตร/นาที

HR = ชีพจรเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ หน่วยเป็นครั้ง/นาที

T = อายุ (ปี)

e = Nepierian logarithm for age T

และ L = [(f x ht x BW) + 1/3 (f x ht x BW)]

f = จำนวนครั้งในการก้าวขึ้นลง หน่วยเป็นรอบ/นาที

ht = ความสูงของอุปกรณ์ทดสอบ หน่วยเป็นเมตร

BW = น้ำหนักตัว หน่วยเป็นกิโลกรัม

2.2 การทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได แบบที่ 2 วัดโดยตรงด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ คำนวณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ระหว่างชีพจรกับปริมาณการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกาย จากการบันทึกผลทุกๆ 30 วินาที

ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบจักรยานวัดงาน ปริมาณการใช้ออกซิเจน และการจับชีพจรขณะออกกำลังกายมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.93 ในผู้ชาย และ 0.84 ในผู้หญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 ส่วนในการประมาณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \max$)

ในผู้ชายจากการทดสอบ แบบที่ 1 มีค่าต่ำกว่าการทดสอบ จักรยานวัดงาน 15% และจากการทดสอบ แบบที่ 1 มีค่าต่ำกว่า STEP 2 24% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 และในการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบ จักรยานวัดงาน กับ แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.71 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 ในผู้หญิงจากการทดสอบด้วย จักรยานวัดงาน, แบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเท่ากัน และค่าความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบ จักรยานวัดงาน กับ แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.94 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า จากการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได แบบที่ 1 ในผู้ชายไม่มีความแม่นยำตรงในการประมาณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \max$) แต่มีความแม่นยำตรงในการทดสอบการก้าวขึ้นลงบันได แบบที่ 1 ในผู้หญิง

การทดสอบด้วยจักรยานวัดงาน (Cycle ergometer Test)

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Aerobic Capacity หรือ $VO_2\max$) ของร่างกายซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการทำงานซ้ำ ๆ เป็นระยะเวลาสั้นของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ ด้วยความแรงปานกลางถึงหนัก บ่งบอกถึงสมรรถภาพการทำงานของหัวใจหลอดเลือด ปอด และกล้ามเนื้อ หรือประเมินความฟิต

เครื่องมือ

จักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer)

เครื่องกำหนดจังหวะ (Metronome)

เครื่องช่วยหุฟั้ง

นาฬิกาจับเวลา

วิธีการ

ให้ผู้ทดสอบขึ้นนั่งบนอานจักรยาน จัดระดับอานให้พอเหมาะ โดยเข้าข้างที่เท้าเหยียบบันได ต่ำสุด งอเล็กน้อย ประมาณ 5 องศา (หรือก่อนขึ้นนั่งให้ผู้ทดสอบยืนข้างจักรยานและ จัดระดับอานต่ำกว่าระดับสaddle ประมาณ 4 นิ้ว) ตั้งเครื่องกำหนดจังหวะ ที่ความเร็ว 100 ครั้งต่อนาที หรือ 50 รอบต่อนาที
ให้ผู้ทดสอบ ปั่นจักรยานตามเสียงจังหวะเพื่อรักษาความเร็วให้คงที่ โดยเท้าข้างใดข้างหนึ่งต้องอยู่ที่บันไดต่ำสุดขณะเสียงเคาะจังหวะดัง ให้ผู้ทดสอบถีบจักรยาน 2-3 นาที เพื่ออบอุ่นร่างกายและสร้างความคุ้นเคยกับ จักรยาน

การเลือกน้ำหนักถ่วงขึ้นอยู่กับอายุ เพศ สุขภาพ และสมรรถภาพของแต่ละคน โดยทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระหว่าง 120-170 ครั้งต่อนาที

โดยทั่วไป

ผู้ชาย ที่ไม่ออกกำลังกาย: 1-2 กิโลปอนด์ ($300-600 \text{ kpm} \cdot \text{min}^{-1}$)

ผู้ชาย ที่ออกกำลังกาย: 2-3 กิโลปอนด์ (600-900 kpm.min⁻¹)

ผู้หญิง ที่ไม่ออกกำลังกาย: 1-1ครึ่ง กิโลปอนด์ (300-450 kpm.min⁻¹)

ผู้หญิง ที่ออกกำลังกาย: 1ครึ่ง -2 กิโลปอนด์ (450-600 kpm.min⁻¹)

1. เริ่มจับเวลาเมื่อผู้ทดสอบสามารถปั่นจักรยานรักษาความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที ตามน้ำหนักถ่วงที่กำหนดให้
2. นับและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกนาที เป็นเวลา 6 นาที (นับจากวินาทีที่ 45 ถึงวินาทีที่ 60 ของแต่ละนาที) โดยใช้เครื่องช่วยหุฟัง ฟังที่บริเวณ Apex หรือ Carotid Artery
3. ถ้าถึงนาทีที่ 2 อัตราการเต้นของหัวใจยังต่ำกว่า 120 ครั้งต่อนาที ให้เพิ่มน้ำหนักถ่วงอีก 0.5 กิโลปอนด์ และขยายเวลาออกไปอีก 1 นาทีหรือมากกว่า เพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจสม่ำเสมอและเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady Stage)
4. นำอัตราการเต้นของหัวใจช่วงนาทีที่ 5 และนาทีที่ 6 มาหาค่าเฉลี่ย ถ้าอัตราการเต้นของหัวใจทั้ง 2 ช่วง แตกต่างกันมากกว่า 5 ครั้งต่อนาที ให้ขยายระยะเวลาการทดสอบออกไปอีก 1 นาที หรือมากกว่า จนกว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะแตกต่างกัน ไม่เกิน 5 ครั้งต่อนาที
5. ให้หยุดการทดสอบ ถ้าอัตราการเต้นหัวใจของผู้ทดสอบมากกว่า 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (220 - อายุ (ปี)) หรือผู้ทดสอบไม่สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดการทดสอบได้ หรือผู้ทดสอบมีอาการหรืออาการแสดงที่บ่งบอกว่ามีปัญหาของหัวใจหรือมีภาวะฉุกเฉิน หรือผู้ทดสอบร้องขอหยุดการทดสอบ

การคำนวณ

อ่านค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากรายโดยหาความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยที่นับได้ และน้ำหนักที่ใช้ถ่วงที่จักรยานวัดงาน มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที

เช่น ค่า Working Pulse = 124

ค่าน้ำหนักถ่วง = 1200 kpm/min

จะได้ค่าออกซิเจนสูงสุด = 6.0 ลิตร/นาที

นำค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนที่อ่านได้ในข้อ 1 คูณกับค่า Correction Factor ตามอายุ เพื่อปรับแก้ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะลดลงตาม อายุที่เพิ่มขึ้น

เช่น

อายุ 26 ปี จะมีค่า Correction Factor = 0.987

จะได้ค่าออกซิเจนสูงสุดเมื่อเทียบตามอายุ = 6.0 x 0.987 ลิตร/นาที

เปรียบเทียบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดกับน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยนำค่าที่ได้

ในข้อ 2 คุณด้วย 1,000 มิลลิลิตร และหารด้วยน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัมของผู้ทดสอบ ค่าที่ได้เป็นปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีหน่วย เป็น มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที

เช่น

$$\text{น้ำหนักตัว} = 56 \text{ kg}$$

$$\text{สรุป ค่าออกซิเจนสูงสุดเทียบน้ำหนักตัว} = \frac{6.0987 \times 1000}{56}$$

56

การบันทึก

อ่านตารางค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนจากอัตราการเต้นของหัวใจและน้ำหนักถ่วงเทียบจากน้ำหนักตัว เป็นสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

วิธีการทดสอบเพื่อหาระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีของ แกรี (Gary)

วิธีดำเนินการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนำร่อง (Pilot Project) ครั้งนี้ถูกเลือกมาโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Random Sampling) เป็นนิสิตชายจำนวน 8 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี ในการทดสอบครั้งนี้จะทำการทดสอบ 2 ครั้ง คือ

ครั้งที่ 1 จะทำการทดสอบด้วยการวิ่ง

ครั้งที่ 2 จะทำการทดสอบด้วยการวิ่ง

เมื่อกลุ่มตัวอย่างพร้อม เริ่มทำการทดสอบดังนี้

1. แจ้งวัตถุประสงค์ และรายละเอียดให้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดรับทราบ พร้อมกับให้กลุ่มตัวอย่าง กรอกข้อมูลเบื้องต้นลงในใบบันทึกการทดสอบ

2. กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นจับชีพจรขณะพักและบันทึกลงในใบบันทึกการทดสอบ

3. จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย เป็นเวลา 10 นาที

4. หลังจากทำการอบอุ่นร่างกายเสร็จสิ้น กลุ่มตัวอย่างมาพร้อมกันที่จุดปล่อยตัวและให้สัญญาณ ปล่อยตัว โดยใช้เสียงนกหวีดพร้อมกับเริ่มจับเวลา

5. กลุ่มตัวอย่างเริ่มวิ่งเป็นระยะทาง 1.5 ไมล์ เมื่อได้ยินเสียงนกหวีด

6. เมื่อกลุ่มตัวอย่างวิ่ง ครบตามระยะทางที่กำหนด ให้เจ้าหน้าที่ จับชีพจรหลังจากการออกกำลังกาย และบันทึกเวลาที่วิ่งได้ ลงในใบบันทึกการทดสอบ

7. หลังจากทีกลุ่มตัวอย่าง วิ่งครบแล้ว ก็ให้ทำการ คลายกล้ามเนื้อ (Warm down) เป็นเวลา 10 นาที

8. จากนั้นนัดหมาย การทดสอบครั้งต่อไป (ในการทดสอบครั้งต่อไปก็ทำการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบข้างต้น)

9. เมื่อได้ข้อมูลจากการทดสอบแล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อคำนวณหาค่า ความเที่ยงตรง และความเชื่อถือได้ ของสูตรการทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ด้วยวิธีการของ แกรี่ อี ลาเซ็น (Gary E. Larsen)

เทคนิคและวิธีการวัดเพื่อหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของ แกรี่ อี ลาเซ็น (Gary E. Larsen)

$$\text{Max Vo}_2 = 65,404 + 7.707 \times \text{เพศ (ช = 1 , หญิง = 0)} - 0.159 \times \text{น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)} \\ 0.843 \times (\text{เวลาที่ใช้เป็นนาที})$$

อุปกรณ์

1. นาฬิกาจับเวลา
2. นกหวีด
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก
4. ใบบันทึกการทดสอบ

2. วิธีวัดทางอ้อม (Indirect Method) โดยให้ผู้ถูกทดสอบทำงานหนักในระดับเกือบสูงสุดระยะเวลาประมาณ 5 – 10 นาที ไม่ถึงกับหมดแรง เพื่อประมาณค่าสูงสุดของความสามารถจับออกซิเจนของร่างกาย วิธีนี้สะดวกเพราะใช้เวลาน้อยกว่า และวิธีการไม่ยุ่งยากและหลีกเลี่ยงอันตรายจากผู้รับการทดสอบที่สูงอายุ วิธีการวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในปัจจุบันใช้เทคนิคการวัดโดยวิธีวัดทางอ้อม (Indirect Method) สมหมาย แต่งสกุล. (2545 : 60) แยกได้ดังนี้

2.1 วิธีการวัดโดยการวิเคราะห์แก๊ส (Gas Analyzing Method) อุปกรณ์ประกอบด้วย ลูกล (Treadmill) จักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer) เครื่องวัด และแสดงปริมาณอากาศ (Gasometer) เครื่องวิเคราะห์อากาศ (Gas-Analyzer) เครื่องให้จังหวะ (Metronome) และนาฬิกาจับเวลา วิธีการวัดทำให้ผู้รับการทดสอบออกกำลังกาย และหายใจเข้า-ออก เข้าเครื่องเก็บอากาศ ซึ่งมีทั้งแบบวงจรปิด - เปิด (Closed or Opened Circuit Spirometer) แล้ววิเคราะห์อัตราส่วนของออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศที่หายใจเพื่อคำนวณหาออกซิเจนที่ร่างกายใช้ไปในแต่ละนาที แล้วนำค่าที่ได้คำนวณด้วยสูตรการหารค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบที่ยุ่งยากซับซ้อน ต้องทำการทดสอบในห้องทดสอบ

2.2 วิธีการทำนาย (Prediction Methods) โดยให้ผู้รับการทดสอบทำงานหนักในระดับสูงสุด (Maximal work load) หรือทำงานหนักระดับต่ำกว่าสูงสุด (Submaximal work load) ซึ่งการทำงานหนักระดับต่ำกว่าสูงสุด (Submaximal work load) จะใช้ระยะเวลาประมาณ

5 - 10 นาที ไม่ถึงกับหมดแรง เพื่อประมาณค่าสูงสุด ของความสามารถในการใช้ออกซิเจน ของร่างกายวิธีนี้สะดวกเพราะใช้เวลาในการทดสอบน้อย วิธีการไม่ยุ่งยาก และนอกจากนี้ การทำงานหนักระดับต่ำกว่าสูงสุด (Submaximal work load) ยังสามารถหลีกเลี่ยงอันตราย ที่อาจเกิดขึ้นได้กับผู้เข้ารับการทดสอบ

ดังนั้น จึงมีการตัดสินใจ การวัดความสามารถในการทำงานของร่างกายระดับต่ำกว่าสูงสุด (Submaximal work load) เพื่อประมาณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดวิธีนี้ มีประโยชน์ เพราะเป็นวิธีที่ง่ายกว่า ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย สะดวกในการทดสอบกับผู้ทำการทดสอบจำนวนมากในสถานที่ทั่ว ๆ ไปได้ และผู้วิจัยสามารถตัดปัญหาเรื่องแรงจูงใจของผู้เข้ารับการทดสอบ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในเรื่องสมรรถภาพทางกาย และหลีกเลี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในผู้ที่ สุขภาพไม่แข็งแรงหรือผู้สูงอายุ (Davey. 1987: 188)

การทดสอบโดยการทำงาน ในระดับสูงสุด (Maximal Exercise Test) พร้อมกับการ วิเคราะห์แก๊สในรูปแบบต่าง ๆ เช่น

1. การทำสอบด้วยเครื่องลูกลแบบความหนักของงานในระดับสูงสุด (Maximal Exercise Test) ตามโปรโตคอลชนิดต่าง ๆ ทั้งแบบวิ่งต่อเนื่อง และวิ่งสลับหยุดพัก ของแจค วิลเมอร์ ของคูเปอร์ ของเดวิด คอสทิล และของ ดร.สมหมาย แดงสกุล เป็นต้น

2. การทดสอบด้วยจักรยานวัดงานที่ความหนักของงานระดับสูงสุด (Maximal Bicycle ergometer Test) การใช้จักรยานวัดงานเป็นที่นิยมมากเนื่องจากราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับเครื่องลูกลสามารถยกเคลื่อนที่ได้ ใช้พื้นที่ทดสอบน้อย และติดตั้งเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และ เครื่องทดสอบความดันโลหิตได้ ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ได้โดยทั่วไปจะต่ำกว่า ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด จากการใช้เครื่องลูกล อาทิ โปรโตคอล ของ บี ดอน แฟรงค์ ของ พี เอ โมแล เป็นต้น

3. การทดสอบด้วยการก้าวขึ้นลงบนม้านั่งที่ความหนักของงานระดับสูงสุด (Bench Stepping Maximal Exercise Test) ได้แก่ การทดสอบการก้าวขึ้นบนม้านั่งโดยวิธี ของ Nagle Balke และ Naughton ทดสอบปฏิบัติโดยการก้าวขึ้นลงม้านั่ง 4 ครั้ง เรียก 1 ชุดการก้าวใช้อัตราเร็วของการก้าวขึ้นลง 30 ชุดการก้าว/นาที และใช้เครื่องที่สามารถปรับความสูงของม้านั่งแบบอัตโนมัติโดยให้ความสูงของม้านั่งสูง 2 - 50 เซนติเมตร หรือ 0.8 - 19.6 นิ้ว จัดให้ม้านั่งเริ่มต้นที่ความสูง 2 เซนติเมตรทุก ๆ 1 นาที ตั้งเครื่องกำหนดจังหวะ 120 (30x4) ครั้ง/นาที หยุดการทดสอบเมื่อผู้ทดสอบอ่อนล้า หรือก้าวต่อไปไม่ไหวไม่สามารถก้าวขึ้นลงตาม จังหวะที่กำหนดไว้ได้ การคำนวณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดใช้สมการของ ACSM ดังนี้

$$Vo_2 \text{ max (ml. kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = \text{Horizontal component} + \text{Vertical component}$$

$$\text{Horizontal component (H)} = \text{Stepping rate} \times 0.35$$

$$\text{Vertical component (V)} = \text{Bench height(m)} \times \text{Stepping rate} \times 1.33 \times 1.8$$

การทดสอบโดยการทำงานในระดับต่ำกว่าสูงสุด (Submaximal Exercise Test) เช่น

1. การทดสอบด้วยเครื่องลู่วิ่ง แบบความหนักของงานต่ำกว่าสูงสุด (Submaximal Treadmill Exercise Test)
2. การทดสอบด้วยจักรยานวัดงานแบบความหนักของงานต่ำกว่าระดับสูงสุด (Submaximal Bicycle Ergometer Test)
3. การทดสอบด้วยการก้าวขึ้นลงบนม้านั่งแบบความหนักของงานต่ำกว่าระดับสูงสุด (Submaximal Step Test)
4. การทดสอบในภาคสนาม (Field Test) เป็นการทดสอบภาคสนามที่ใช้กับคนกลุ่มใหญ่ หรือใช้เมื่อมีข้อจำกัดของเวลา และอุปกรณ์การทดสอบในภาคสนามที่ใช้กันแพร่หลาย

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

Oja และคณะ (1991) ได้ทำการศึกษาการประเมินสมรรถภาพระบบไหลเวียนและระบบหายใจของวัยผู้ใหญ่สุขภาพดีวัยผู้ใหญ่ โดยใช้การทดสอบระยะทาง 2 กิโลเมตร กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคคลที่มีสุขภาพดีอายุระหว่าง 20-65 ปี จำนวน 159 คน เป็นชาย 79 คน และหญิง 80 คน ทดสอบหาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการเดินทดสอบระยะทาง 1 กิโลเมตร 1.5 กิโลเมตร และ 2 กิโลเมตร นำมาหาความสัมพันธ์กับค่าจริงสมรรถภาพใช้ออกซิเจนสูงสุด (actual max Vo₂) ของแต่ละบุคคล พบว่าสมรรถภาพทางกายการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ได้จากการเดินทดสอบระยะทาง 2 กิโลเมตร เป็นการทดสอบที่มีความแม่นยำมากที่สุดในการทำนายค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดคือ สามารถทำนายได้ 73-75 % และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 9-15 %

Custer และ Chaloupka (1997) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างการทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดกับระยะทางการวิ่งของนักศึกษาหญิงอายุระหว่าง 18-21 ปี จำนวน 40 คน ทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการขี่จักรยานวัดงานตามวิธีของ ออสตรานด์ – ไรมิ่ง (Astrand – Ryming) บันทึกที่ระยะทางวิ่งเมื่อครบ 6 นาที 9 นาที และ 12 นาที พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดกับระยะเวลาในการวิ่ง 6 นาที 9 นาที และ 12 นาที มีค่าเท่ากับ 0.45 0.37 และ 0.49 ซึ่งค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ .05

4.2 งานวิจัยในประเทศ

สุดา กาญจนะวณิชย์ (2543: บทคัดย่อ) ศึกษาเรื่อง “การเปรียบเทียบผลของการเต้นแอโรบิกแบบศิลปะมวยไทยกับการเต้นแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย” การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการเต้นแอโรบิกแบบศิลปะมวยไทยกับการเต้นแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำที่มีต่อน้ำหนัก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและคลายตัวขณะพัก ความอ่อนตัว เฮอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและขา ความจุปอดสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด และอัตราการเต้นของหัวใจขณะปั่นจักรยาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตหญิงที่พักอยู่ในหอพักของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18 – 22 ปี ที่มีสุขภาพดี อาสาสมัครเข้าร่วมการทดลองครั้งนี้ จำนวน 40 คน โดยใช้วิธีการจับคู่ (Matched Group) จากการทดสอบสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด แบ่งเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 20 คน กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกแบบศิลปะมวยไทย กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำ ใช้เวลาในการทดลอง 10 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 45 นาที ทำการวัดสมรรถภาพทางกายหลังจากการทดลอง 5 สัปดาห์และหลังการทดลอง 10 สัปดาห์ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ตามสถิติ หากค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่า “ที” (t-test) นำข้อมูลหลังการทดลองทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One – Way Analysis of Variance with Repeated Measures) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ตามวิธีของ ตุ๊กกี (เอ) ที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ผลการวิจัยพบว่า

1. กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกแบบศิลปะมวยไทย ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 5 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 10 สัปดาห์ มีความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก เฮอร์เซ็นต์ไขมัน สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดความจุปอด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและขา และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะปั่นจักรยานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตัวแปรส่วนใหญ่พบว่าเริ่มมีความแตกต่างตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5
2. กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 5 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 10 สัปดาห์มีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความอ่อนตัว เฮอร์เซ็นต์ไขมัน สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ความจุปอด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและขา และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะปั่นจักรยาน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตัวแปรส่วนน้อยพบว่าเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5
3. หลังจากทดสอบ 10 สัปดาห์ กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกแบบศิลปะมวยไทย มีเฮอร์เซ็นต์ไขมันลดลงและสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มฝึกเต้น แอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สงบ พุฒหมื่น (2543: บทคัดย่อ) ศึกษาเรื่อง “การวิ่งเหยาะแบบเพิ่มระดับความหนัก

ของงานต่างกัน ที่ส่งผลต่อความอดทนต่อระบบไหลเวียนโลหิต” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชาย สถาบันราชภัฏอุดรดิตถ์ ระดับปริญญาตรีภาคปกติ อายุระหว่าง 19-20 ปี ในปีการศึกษา 2542 โดยการอาสาสมัครจำนวน 81 คน และแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 27 คนคือ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกวิ่งเหยาะแบบเพิ่มระดับความหนักของงานทุกสองสัปดาห์ๆ ละ 5% จากระดับต่ำสุด เริ่มต้นที่ 45% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกวิ่งเหยาะแบบเพิ่มระดับความหนักของงานทุกสัปดาห์ๆ ละ 10% จากระดับต่ำกว่าระดับสูงสุด เริ่มต้นที่ 50% ของอัตราเวลาการฝึกตามโปรแกรมเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน มีการบันทึกและสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดโดยการถีบจักรยานวัดงาน (Monark Ergometer) ก่อนเข้าโปรแกรมการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 2,4,6 และสัปดาห์ที่ 8 แล้วนำผลการฝึกที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของดันแคน (Duncan)

ผลการวิจัยพบว่า

1. สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มตัวอย่างทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน
2. สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ภายในกลุ่มของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างกัน

เสริมศรี กัปตพล (2547: บทคัดย่อ) ศึกษาเรื่อง “ความสามารถในการใช้ออกซิเจนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดเพชรบูรณ์ ปีการศึกษา 2546” กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนชาวไทยภูเขา สังกัดเขตพื้นที่การศึกษาเพชรบูรณ์ เขต 2 กระทรวงศึกษาธิการ และโรงเรียนเทศบาล สังกัดสำนักการศึกษาส่วนท้องถิ่น กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ในจังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งได้มาโดยสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi – Stage Random Sampling) จำนวน 279 คน แบ่งเป็น นักเรียนโรงเรียนเทศบาลชาย จำนวน 76 คน หญิง จำนวน 71 คน และนักเรียนโรงเรียนชาวไทยภูเขา ชายจำนวน 67 คน หญิงจำนวน 65 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบของเครมพ์ตัน (Crampton Blood – Ptois Test) และแบบทดสอบการเดิน 1 ไมล์ (One Mile Walk Test) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติที (t-test Independent)

ผลการศึกษาพบว่า

1. ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดัชนีคะแนนการใช้ออกซิเจนอัตราชีพจรกับความดันโลหิตจากท่านอนและทำยืน ระหว่างนักเรียนชาย โรงเรียนเทศบาลกับนักเรียนชาย โรงเรียนชาวไทยภูเขา และนักเรียนหญิง โรงเรียนเทศบาลกับนักเรียนหญิง โรงเรียนชาวไทยภูเขา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการเดิน 1 ไมล์ ระหว่างนักเรียนชาย โรงเรียนเทศบาล กับนักเรียนชายโรงเรียนชาวไทยภูเขา และนักเรียนหญิง

โรงเรียนเทศบาลกับนักเรียนหญิงโรงเรียนชาวไทยภูเขา พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมยศ บ่อหน่าย (2548). ศึกษาเรื่อง “เปรียบเทียบผลการฝึกออกกำลังกายด้วยลู่วิ่งกล (Treadmill) กับเครื่องเดินอากาศเอนกประสงค์ (Eliptical Cross Trainer) ที่มีความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด” การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกการออกกำลังกายด้วยลู่วิ่งกล (Treadmill) กับเครื่องเดินอากาศเอนกประสงค์ (Eliptical Cross Trainer) ที่มีความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด

กลุ่มตัวอย่างเป็นสมาชิกของศูนย์การออกกำลังกาย เพศหญิง อายุ 20 – 30 ปี จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 10 คน คือกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกการออกกำลังกายด้วยลู่วิ่งกล (Treadmill) กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกการออกกำลังกายด้วยเครื่องเดินอากาศเอนกประสงค์ (Eliptical Cross Trainer) และกลุ่มควบคุม โดยทำการฝึก 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ๆ ละ 50 นาที ทำการทดสอบสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดกับกลุ่มตัวอย่างในช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ 8 แล้วนำข้อมูลที่ได้มา คำนวณค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์การแปรปรวนและเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีของ แอล เอส ดี (LSD)

ผลการวิจัยพบว่า

1. สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองที่ 1 และระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองที่ 2 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ 8 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน
2. สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดภายในกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ 8 มีพัฒนาการดีกว่าก่อนการฝึกและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มควบคุมก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ครั้งนี้เป็นนักศึกษาสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ที่ศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 552 จากชั้นปีที่ 1 - 4 ทั้งหมด 338 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ชั้นปีที่ 1 - 4 ที่ศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ที่ได้มาจากการประมาณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบ อาสาสมัคร (Volunteer Sampling) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษาสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จำนวน 191 คน โดยจำแนกเป็น ชั้นปี ดังนี้ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 57 คน, ชั้นปีที่ 2 จำนวน 53 คน, ชั้นปีที่ 3 จำนวน 37 คน และชั้นปีที่ 4 จำนวน 44 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีปั่นจักรยานของ ออสตรานด์ – ไรห์มิง (Astrand – Ryhming)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. จักรยานวัดงาน
2. นาฬิกาจับเวลา
3. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษารายละเอียดของการใช้สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการวิจัย
2. นำหนังสือขอความร่วมมือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขอความอนุเคราะห์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ผู้วิจัยคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อแจ้งวัตถุประสงค์ และขอความร่วมมือในการทำวิจัย
3. จัดเตรียมอุปกรณ์ สถานที่ และสิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลและนัดหมายวัน เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. จัดหาผู้ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลพร้อมอธิบายและสาธิตวิธีการต่างๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ให้กลุ่มตัวอย่างและผู้ช่วยเข้าใจถูกต้องตรงกัน
5. กลุ่มตัวอย่างเข้ารับการทดสอบวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ด้วยวิธีการของออสตรานด์ – ไรห์มิง (Astrand – Ryhming)
6. นำค่าที่ได้จากการทดสอบวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ ด้วยวิธีทางสถิติ

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อศึกษาแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง และการกระจายของข้อมูลตามรายการต่างๆ ที่ได้มาจากการทดสอบทั้งหมด
2. วิเคราะห์ค่าความแตกต่าง ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดวิธีของออสตรานด์ – ไรห์มิง (Astrand – Ryhming) ระหว่างนักศึกษาแต่ละชั้นปีโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA)
3. นำข้อมูลที่ได้เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของการกีฬาแห่งประเทศไทย
4. กำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการแปลความหมายและการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้นำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
f	แทน	ค่าความถี่
%	แทน	ค่าร้อยละ
\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงแบบที (t - Distribution)
F	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงแบบเอฟ (F - Distribution)
df	แทน	ชั้นแห่งความอิสระ (Degree of Freedom)
SS	แทน	ผลรวมของคะแนนเบี่ยงเบนกำลังสอง (Sum of Square)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยผลรวมของคะแนนเบี่ยงเบนกำลังสอง (Mean of Square)
p	แทน	ความน่าจะเป็น (Probability)
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาค่าความถี่ และค่าร้อยละข้อมูลพื้นฐานของนักศึกษา
2. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จำแนกตามเพศ และระดับชั้น
3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ระหว่างเพศชายกับเพศหญิง โดยการวิเคราะห์ค่าที (t-test Independent)
4. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ระหว่างนักศึกษาแต่ละชั้นปี โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One - way analysis of variance: ANOVA)
 - * ถ้าพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี (LSD method)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลพื้นฐาน

ชั้นปี	เพศ	ชาย		หญิง		รวม	
		n	%	n	%	n	%
ปี 1		42	21.99	15	7.85	57	29.84
ปี 2		42	21.99	11	5.76	53	27.75
ปี 3		21	10.99	16	8.38	37	19.37
ปี 4		34	17.80	10	5.24	44	23.04
รวม		139	72.77	52	27.23	191	100.00

จากตาราง 3 แสดงว่า นักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 139 คน คิดเป็นร้อยละ 72.77 และเป็นเพศหญิง 52 คน คิดเป็นร้อยละ 27.23 เมื่อจำแนกตามระดับชั้นปีที่ศึกษา เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1, 2, 3 และ 4 จำนวน 57, 53, 37 และ 44 คน ตามลำดับ รวมเป็นนักศึกษาจำนวนทั้งสิ้น 191 คน

ตาราง 4 อายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จำแนกเป็น เพศชาย และเพศหญิง

เพศ	n	อายุ (ปี)		น้ำหนัก (กก.)		ส่วนสูง (ซ.ม.)	
		\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.
ชาย	139	20.61	2.31	65.87	12.57	170.49	7.60
หญิง	52	20.33	1.50	56.71	12.02	159.67	6.88

จากตาราง 4 แสดงว่า นักศึกษาชาย สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 20.61 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก เท่ากับ 65.87 ค่าเฉลี่ยของส่วนสูง เท่ากับ 170.49 เซนติเมตร นักศึกษาหญิง สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 20.33 ปี ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก เท่ากับ 56.71 กิโลกรัม และ ค่าเฉลี่ยของส่วนสูง เท่ากับ 159.67 เซนติเมตร



ตาราง 5 อายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จำแนกเป็น นักศึกษาชั้นปีที่ 1, 2, 3 และ 4

ระดับชั้น	n	อายุ (ปี)		น้ำหนัก (กก.)		ส่วนสูง (ซ.ม.)	
		\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.
ปี 1	57	18.81	0.64	61.11	12.51	167.04	8.07
ปี 2	53	19.98	0.82	61.81	10.03	166.97	10.14
ปี 3	37	21.46	2.48	62.86	14.50	166.59	9.26
ปี 4	44	22.66	1.92	68.63	14.58	169.70	7.57

จากตาราง 5 แสดงว่า นักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ชั้นปีที่ 1, 2, 3 และ 4 มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 18.81, 19.98, 21.46 และ 22.66 ปี ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก เท่ากับ 61.11, 61.81, 62.86 และ 68.63 กิโลกรัม ตามลำดับ และ ค่าเฉลี่ยของส่วนสูง เท่ากับ 167.04, 166.97, 166.59 และ 169.70 เซนติเมตร ตามลำดับ

ตาราง 6 ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชาย และ หญิง สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด	n	\bar{x}	S.D.
ชาย	139	49.48	10.98
หญิง	52	51.05	16.13

จากตาราง 6 แสดงว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชาย สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.89 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.98 มล./กก./นาที และ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาหญิง สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.05 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.13 มล./กก./นาที



ตาราง 7 ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา
วิทยาเขตชลบุรี

ตัวแปร	ดีมาก		ดี		ปานกลาง		ต่ำ		ต่ำมาก		รวม	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
ชาย												
ปี 1	20	47.62	5	11.90	10	23.81	4	9.52	3	7.14	42	100
ปี 2	16	38.10	8	19.05	14	33.33	1	2.38	3	7.14	42	100
ปี 3	4	19.05	1	4.76	11	52.38	3	14.29	2	9.52	21	100
ปี 4	8	23.53	4	11.76	13	38.24	7	20.59	2	5.88	34	100
รวม	48	34.53	18	12.95	48	34.53	15	10.79	10	7.19	139	100
หญิง												
ปี 1	7	46.67	0	0.00	4	26.67	2	13.33	2	13.33	15	100
ปี 2	9	81.82	0	0.00	2	18.18	0	0.00	0	0.00	11	100
ปี 3	10	62.50	0	0.00	4	25.00	2	12.50	0	0.00	16	100
ปี 4	3	30.00	3	30.00	2	20.00	1	10.00	1	10.00	10	100
รวม	29	55.77	3	5.77	12	23.08	5	9.62	3	5.77	52	100
รวม	77	40.31	21	10.99	60	31.41	20	10.47	13	6.81	191	100

จากตาราง 7 แสดงว่า นักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเมื่อจำแนกตามเพศ พบว่า นักศึกษาชายส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก และปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 34.53 และนักศึกษานหญิง อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 55.77 และเมื่อจำแนกตามระดับชั้นปี พบว่า นักศึกษาชาย ชั้นปีที่ 1 และ 2 มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 47.62 และ 38.10 ตามลำดับ และนักศึกษานหญิง ชั้นปีที่ 1 - 4 มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 81.82, 62.50, 46.67, และ 30.00 ตามลำดับ

ตาราง 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบัน
การพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ระหว่างเพศชายกับเพศหญิง

เพศ	ชาย (n=139)		หญิง (n=52)		t	p
	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.		
VO2max	48.89	10.98	51.05	16.13	-0.891	.376

จากตาราง 8 แสดงว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบัน
การพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี เพศชาย และ หญิง มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
ไม่แตกต่างกัน



ตาราง 9 ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขต
ชลบุรี จำแนกตามระดับชั้นปี

ระดับชั้น	n	VO ₂ max	
		\bar{x}	S.D.
ชาย			
ปี 1	42	52.40	11.70
ปี 2	42	49.89	9.20
ปี 3	21	43.28	9.88
ปี 4	34	46.79	11.31
หญิง			
ปี 1	15	52.58	23.18
ปี 2	11	58.91	13.56
ปี 3	16	48.98	11.28
ปี 4	10	43.42	8.47

จากตาราง 9 แสดงว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชาย สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี นักศึกษา ชั้นปีที่ 1 จำนวน 42 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.40 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 11.70 มล./กก./นาที นักศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวน 42 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.89 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 9.20 มล./กก./นาที นักศึกษาชั้นปีที่ 3 จำนวน 21 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.28 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 9.88 มล./กก./นาที และ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 34 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.79 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 11.31 มล./กก./นาที

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาหญิง สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี นักศึกษา ชั้นปีที่ 1 จำนวน 15 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.58 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 23.18 มล./กก./นาที นักศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวน 11 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.91 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 13.56 มล./กก./นาที นักศึกษาชั้นปีที่ 3 จำนวน 16 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.98 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 11.28 มล./กก./นาที และ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 10 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.42 มล./กก./นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 8.47 มล./กก./นาที

ตาราง 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา
สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ระหว่างนักศึกษาแต่ละชั้นปี

ตัวแปรที่ศึกษา	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ชาย	ระหว่างกลุ่ม	1369.41	3	456.47	4.04*	.009
	ภายในกลุ่ม	15256.19	135	113.01		
	รวม	16625.60	138			
หญิง	ระหว่างกลุ่ม	1364.61	3	454.87	1.83	.154
	ภายในกลุ่ม	11912.37	48	248.17		
	รวม	13276.98	51			

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 10 แสดงว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ในแต่ละระดับชั้นปีที่ศึกษา แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 11 การวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชาย สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ของนักศึกษาแต่ละชั้นปี

ชั้นปี	\bar{x}	ปี 1	ปี 2	ปี 3	ปี 4
		52.40	49.89	43.28	46.79
ปี 1	52.40	-	2.51	9.12*	5.61
ปี 2	49.89	-	-	6.61	3.10
ปี 3	43.28	-	-	-	3.51
ปี 4	46.79	-	-	-	-

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 11 แสดงว่า นักศึกษาชาย สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ชั้นปีที่ 1 มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด แตกต่างกับ นักศึกษาชั้นปีที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ปีการศึกษา 2552 จำนวน 191 คน ได้มาจากการสุ่มแบบอาสาสมัคร (Volunteer Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีปั่นจักรยานของออสตรานด์ - ไรห์มิง (Astrand - Ryhming) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมุติฐานโดยการหาค่าที่ (t-test Independent) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One - Way Analysis of Variance: ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี (LSD method) ผลการวิจัยสามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

1. นักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 139 คน คิดเป็นร้อยละ 72.77 และเป็นเพศหญิง 52 คน คิดเป็นร้อยละ 27.23 เมื่อจำแนกตามระดับชั้นปีที่ศึกษา เป็นนักศึกษาชายชั้นปีที่ 1, 2, 3 และ 4 จำนวน 42, 42, 21 และ 34 คน ตามลำดับ และนักศึกษาหญิงชั้นปีที่ 1, 2, 3 และ 4 จำนวน 15, 11, 16 และ 10 คน ตามลำดับ รวมเป็นนักศึกษาจำนวนทั้งสิ้น 191 คน

2. ข้อมูลอายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จำแนกตามเพศ และ ชั้นปีที่ศึกษา พบว่า

นักศึกษชาย สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีอายุเฉลี่ย เท่ากับ 20.61 ปี และค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก เท่ากับ 65.87 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของส่วนสูง เท่ากับ 170.49 เซนติเมตร

นักศึกษหญิง สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 20.33 ปี ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก เท่ากับ 56.71 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของส่วนสูง เท่ากับ 159.67 เซนติเมตร

นักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ชั้นปีที่ 1, 2, 3 และ 4 มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 18.81, 19.98, 21.46 และ 22.66 ปี ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก เท่ากับ 61.11, 61.81, 62.86 และ 68.63 กิโลกรัม ตามลำดับ และ ค่าเฉลี่ยของส่วนสูง เท่ากับ 167.04, 166.97, 166.59 และ 169.70 เซนติเมตร ตามลำดับ

3. ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.48 มล./กก./นาที

4. ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษชาย สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี นักศึกษา ชั้นปีที่ 1 จำนวน 42 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.40 มล./กก./นาที นักศึกษาชั้นปีที่ 2

จำนวน 42 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.89 มล./กก./นาที นักศึกษาชั้นปีที่ 3 จำนวน 21 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.28 มล./กก./นาที และ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 34 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.79 มล./กก./นาที

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาหญิง สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี นักศึกษา ชั้นปีที่ 1 จำนวน 15 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.58 มล./กก./นาที นักศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวน 11 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.91 มล./กก./นาที นักศึกษาชั้นปีที่ 3 จำนวน 16 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.98 มล./กก./นาที และ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 10 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.42 มล./กก./นาที

5. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี

5.1 นักศึกษาชายและหญิง สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ไม่แตกต่างกัน

5.2 ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชาย สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ในแต่ละระดับชั้นปีที่ศึกษา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คือ นักศึกษา ชั้นปีที่ 1 และ 3 มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักศึกษาหญิง มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผล

1. จากการศึกษาเรื่อง ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของนักศึกษา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ผลการวิจัยพบว่า ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชายมีเกณฑ์เฉลี่ยอยู่ที่ 48.89 มล./กก./นาที และนักศึกษาหญิงมีเกณฑ์เฉลี่ยอยู่ที่ 51.05 มล./กก./นาที กล่าวได้ว่า นักศึกษาหญิงมีค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่านักศึกษาชาย นักศึกษาหญิงส่วนใหญ่เป็นนักกีฬา ตัวแทนของสถาบันฯ ซึ่งมีการฝึกและการแข่งขันอยู่ตลอดเวลา จึงส่งผลให้นักกีฬาหญิงมีสมรรถภาพร่างกายที่ดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับ ธวัชชัย กาญจนะทวีกุล (2541 : 4) ได้กล่าวไว้ว่า การออกกำลังกายเป็นเวลานานผู้ที่มิระดับสมรรถภาพทางกายทำงานของหัวใจและการหายใจที่ดี จะสามารถลำเลียงออกซิเจน และสารอาหารที่มีประโยชน์ ไปยังเนื้อเยื่อร่างกายในปริมาณที่ร่างกายต้องการอย่างมีประสิทธิภาพและเพียงพอซึ่งกิจกรรมที่จะส่งเสริมสมรรถภาพการทำงานของหัวใจและการหายใจให้ทำงานดียิ่งขึ้น จะต้องเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกัลยา पालะวีรัตน์. (2536: 85-89) กล่าวว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Max VO₂) จะแตกต่างกันไปตามสถานะทางเพศ ขนาด รูปร่าง โดยค่าจะเพิ่มขึ้นตามอายุ ในหญิงมีค่าสูงสุดเมื่ออายุ 20-25 ปี และในชายมีค่าสูงสุดเมื่อ อายุ 25-30 ปี หลังจากนั้นก็ค่อยๆ ลดลงและสอดคล้องกับ Heyward (1997: 229) ได้กล่าวไว้ว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Max VO₂) ในผู้ชายอายุ 18-25 ปี จะมีค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Max VO₂) ต่ำสุด อยู่ในช่วง 20-29 มล./กก./นาที ส่วนค่าสูงสุดอยู่ที่ 63-80 มล./กก./นาที สอดคล้องกับ ยาโน เอช และคณะ (1997:

139-141) ทำการวิจัยเรื่องผลของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ชาวประมงหญิง 344 คน โดยการออกกำลังกายโดยการวิ่ง ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ชัยยุทธ สุทธิดี (2552: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการฝึกด้วยโปรแกรมการเดินแอโรบิกที่มีต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและค่าดัชนีมวลกาย ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

2. ผลการวิจัยความแตกต่างของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชาย ชั้นปีที่ 1 และ 3 พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากนักศึกษาที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 1 มีความสนใจในการออกกำลังกายมากกว่านักศึกษา ชั้นปีที่ 3 ได้จากการที่ฝึกซ้อมกีฬาตามชนิดกีฬาที่ตนเองถนัดและการเข้าใช้บริการห้องเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ซึ่งนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มีสถิติที่มากกว่านักศึกษา ชั้นปีที่ 3

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรนำผลการวิจัยไปนำเสนอสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี ทราบเพื่อนำผลการทดสอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับ นักศึกษาสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตอื่นๆ เพื่อการพัฒนาศักยภาพทางด้านการศึกษาให้กับสถาบันการพลศึกษา ต่อไป

2. ควรศึกษาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนักกีฬาแต่ละชนิดกีฬา เช่น นักกีฬากรีฑา นักกีฬาว่ายน้ำ นักกีฬาฟุตบอล และนักกีฬาอื่นๆ



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม


- ชัยยุทธ สุทธิดี. (2552). ผลของการฝึกด้วยโปรแกรมการเดินแอโรบิกที่มีต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและค่าดัชนีมวลกาย. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กัญญา ปาละวิวัฒน์. (2536). สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 4. ม.ป.พ.
- จิตตรามณี ประสงค์เจริญ. (2531) ความสัมพันธ์ระหว่างการจับออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีจักรยานวัดงานของออสตรานด์และวิธีการก้าวขึ้นลงของออสตรานด์. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- จรรยาพร ธรนิษฐ์. (2521). คู่มือปฏิบัติการทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช
- ธวัชชัย กาญจนะทวีกุล. (2541). ผลของการฝึกการออกกำลังกายประเภททนทานต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของหัวใจ. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ประทุม ม่วงมี. (2527). รากฐานทางสรีรวิทยาการออกกำลังกายและพลศึกษา. กรุงเทพฯ: บุรพาสาน์.
- พินิจ กุลละวานิชย์. (2545). การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2552, จาก <http://buthosp.Tripad.com/esercisa>
- พีระพงศ์ บุญศิริ. (2538). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- เพ็ญพิมล รัชมรงค์คิด. (2532). สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. ขอนแก่น: ภาควิชาสรีรวิทยาคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- มงคล แฝงสาเคน. (2541). วิทยาศาสตร์การกีฬา. กรุงเทพฯ: ศิลปาบรรณการ
- ราตรี เรื่องไทย. (2545). เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 183521 การทดสอบสมรรถภาพทางกายและการฝึกทางกาย เรื่อง *Cardiorespiratory Fitness Test*.
- วุฒิพงษ์ ปรมัตถากร; และ อารี ปรมัตถากร. (2542). วิทยาศาสตร์การกีฬา. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สงบ พุ่มหมื่น. (2543). การวิงเหาะแบบเพิ่มระดับความหนักของงานต่างกัน ที่ส่งผลต่อความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิต. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุดา กาญจนะวานิชย์. (2543). การเปรียบเทียบผลของการเดินแอโรบิกแบบศิลปะไทยกับการเดินแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำที่มีผลต่อสมรรถภาพทางกาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม.

- (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
 สมนทยา สีละมาต. (2547). *หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
 แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุภาวดี กสิกรรม. (2548). *ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการทดสอบการก้าวขึ้นลง
 บันไดวิธีการจับชีพจรขณะออกกำลังกายและการจับชีพจรในระยะพักฟื้น*. วิทยานิพนธ์
 วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
 ถ่ายเอกสาร.
- สมยศ ป่อน้อย. (2548). *เปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยลู่วิ่ง (Treadmill) กับเครื่อง
 เตินอากาศเอนกประสงค์ (Elliptical Cross Trainer) ที่มีต่อความสามารถในการจับ
 ออกซิเจนสูงสุด*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ:
 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมหมาย แดงสกุล. (2545). *เอกสารประกอบการสอนวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย*. หน้า 1-9
- เสริมศรี กัปตพล. (2547). *ความสามารถในการทำงานแบบใช้ออกซิเจนของนักเรียนชั้น
 ประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดเพชรบูรณ์ ปีการศึกษา 2546*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.
 (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อภิศักดิ์ โผผิน. (2547). *การเปรียบเทียบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนิสิตชาย
 ระดับอุดมศึกษาโดยใช้เทคนิคของของออกสตรีานด์ – ไรท์มิง และ แกร์ อีลาร์เซ็น*.
 วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
 ถ่ายเอกสาร.
- เอมอร เอี่ยมสำอาง. (2532). *การศึกษาผลของการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด*.
 วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
 ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- American College of Sports Medicine. (2000). *ACSM's Guideline for Exercise Testing and
 Prescription*. 6th ed. Lippincott Williams and Wikings' Maryland.
- Brooks, G.A.; Fahey, T.D.; & White, T.P. (1996). *Exercise Physiology: Human
 Bioenergetics and Its Applications*. 2nd ed. California: Mayfield Publishing
 Company.
- Chatterjee, S.; et al. (2004). Validity of Queen's College Step test for Use with Young
 Indian Men. *British Journal of Sports Medicine*. (38): 289–291. Retrieved 2011,
 15 February, from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1724834/pdf/v038
 p00289.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1724834/pdf/v038p00289.pdf)
- Custer, S. J. and E. C. Chaloupka. (1997). *Relationship between Predicted Maximal Oxygen
 Consumption and Running Performance of College Females*. *Research Quarterly*.
 48: 47-50

- Foss, M.L.; & Keteyian, S.J. (1998). *FOX's Physiological Basic for Exercise and Sport*. 6th ed. Boston: WCB McGraw Hill.
- Francis, K.; & Brasher, J. (2002, September). A Height – Adjusted Step Test for Predicting Maximal Oxygen Consumption in Males. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 32(3):282-7. Retrieved 2011, 15 February, from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1487920>
- Heyward, V.H. (1998). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*. 3rd ed. Illinois: Human Kinetics Publishers, Champaign.
- Hoeger W. K. and Hoeger W. S. (2002). *Principles and Laps for Fitness and Wellness*. Canada. Transcontinental Printing.
- Oja, P., R, Laukkanen, M. Pasanen, T. Tyry and I, Vuori. (1991). A 2-km Walking Test for Assessing The Cardiorespiratory Fitness of Healthy Adults. *International Journal Sport of Medicine*. 12: 356-362.
- (2002). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*. 4th ed. Macmillan Publishing Company.
- Welch, G.; Crawford, P.; & Raveling, S. (1999). The Validity of the Height – Adjusted, Rate Specific, Three Minute Step Test for Predicting VO₂max as Compare to a Treadmill Max VO₂ Stress Test Performed on the Q – Plex Gas Analyzer. *ISU Department of Physical and Occupational Therapy*. Retrieved 2003, 3 November, from <http://www.isu.edu/departments/pot/research/threeminuthtml>.
- Yano, H.; et al. (1997, February). Effect of Voluntary Exercise on Maximal Oxygen Uptake in Young Female Fisher 344 Rats. *Japanese Journal of Physiology*. 47(1): 139-147
- Yoopat, P.; Vanwonderghem, K.; & Louhevaara, V. (2002). Evaluation for Step – Test for Assessing the Cardiorespiratory Capacity to workers in Thailand : A Pilot Study. *Journal Human Ergonomics*. p.31, 33 – 40.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

แบบทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการปั่นจักรยานของ
ออสตรานด์ – ไรท์มิง (Astrand – Rhyming Test)

วิธีการทดสอบเพื่อหาระดับค่าของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ด้วยวิธีของ ออสตรานด์ – ไรห์มิง (Astrand – Rhyming Test)

ข้อแนะนำในการทดสอบ

1. ผู้เข้ารับการทดสอบควรงดการทำกิจกรรมที่ต้องใช้กำลังกายมากก่อนการทดสอบ
- 2 ชั่วโมง
2. การทดสอบควรทำหลังจากการรับประทานอาหารแล้ว 2-3 ชั่วโมง
3. ถ้าเป็นการรับประทานอาหารเบาๆ ควรเว้นระยะก่อนการทดสอบ 1 ชั่วโมง
4. ผู้เข้ารับการทดสอบควรสูบบุหรี่ อย่างน้อย 1 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ
5. ควรตั้งจักรยานทดสอบบนพื้นราบเรียบเพื่อให้มีความมั่นคงในการทดสอบ
6. การปรับระดับความสูงของอานควรปรับ ให้พอเหมาะกับผู้ทดสอบ แต่ละคน เมื่อเท้าที่วางอยู่บนบันได ซึ่งเมื่ออยู่ที่จุดต่ำสุดแล้ว จะทำให้เข่าข้างนั้นงอเพียงเล็กน้อยเท่านั้น
7. ก่อนการทดสอบทุกครั้งต้องตรวจสอบน้ำหนักถ่วงให้อยู่ที่ศูนย์ทุกครั้ง คือไม่มีน้ำหนักถ่วง

วิธีดำเนินการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบขึ้นนั่งบนอานจักรยาน จัดระดับอานให้พอเหมาะ (ขายืดสุด แล้วเข่างอเล็กน้อย)
2. ตั้งจิ้งหระรอบต่อนาที โดยให้ผู้รับการทดสอบรักษาระดับความเร็วให้คงที่
3. ใช้น้ำหนักถ่วงขึ้นอยู่กับ อายุ เพศ สภาพของผู้เข้ารับการทดสอบ ปกติ ชาย 1-2 กิโลปอนด์ หญิง 1-1.5 กิโลปอนด์ ถ้าเป็นนักกีฬาควรดูจากปริมาณการฝึกซ้อม หรือน้ำหนักถ่วงเดิม
4. เริ่มจับเวลาเมื่อ ผู้เข้ารับการทดสอบปั่นตาม น้ำหนักถ่วงที่กำหนดให้และรักษาระดับความเร็วคงที่
5. นับอัตราการเต้นของหัวใจทุกๆ 1 นาที
6. บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกครั้งเป็นเวลา 6 นาที ถ้าถึงนาทีที่ 2 อัตราการเต้นของหัวใจยังต่ำกว่า 120 ครั้ง/นาที ให้เพิ่มน้ำหนักถ่วงอีก 0.5 กิโลปอนด์ เพิ่มเวลาในการทดสอบอีก 1 นาที และจับชีพจรต่อทุกนาที แล้วนำอัตราการเต้นของหัวใจ ช่วง 2 นาทีสุดท้ายมาหาค่าเฉลี่ย (ถ้าอัตราการเต้นของหัวใจคงที่ หรือมีความแตกต่างไม่เกิน บวกลบ 5 ครั้งต่อนาที)

เครื่องมือ

1. จักรยานวัดงาน
2. นาฬิกาจับเวลา
3. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

การบันทึก

1. บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจที่อ่านตารางหาค่าสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนจากการเต้นของหัวใจและน้ำหนักถ่วง
2. เทียบจากน้ำหนักตัวและค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอายุ (Age factor) เป็นสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที



ภาพการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด



ภาคผนวก ข

ใบบันทึก

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการปั่นจักรยาน
ของออสตรานด์ - ไรห์มิง (Astrand - Rhyming Test)

ใบบันทึก
การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂ Max)
ของออสตรานด์ – ไรห์มิง (Astrand – Rhyming Test)

ชั้นปีที่.....

ชื่อ – สกุล.....

เพศ..... วัน/เดือน/ปีเกิด..... อายุ.....

ส่วนสูง.....ซ.ม. น้ำหนัก.....กก.

ชีพจรขณะพัก	HR. นาทีที่							อัตราการเต้น หัวใจเฉลี่ย	น้ำหนัก ถ่วง kg	VO ₂ Max ml/kg/min
	1	2	3	4	5	6	7			
นาทีที่										
อัตราการเต้นชีพจร										
น้ำหนักถ่วง										

ลงชื่อ.....(ผู้เข้ารับการทดสอบ)

ลงชื่อ.....(ผู้บันทึกผลการทดสอบ)



ภาคผนวก ค

ตารางแสดงผลการทดสอบคะแนนดิบ
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของนักศึกษา
สถาบันการพลศึกษาวิทยาเขตชลบุรี

ตาราง 12 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของนักศึกษาชาย

ลำดับที่	ชั้นปี	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง	VO ₂ Max
1	1	18	49	164	56.78
2	1	18	63	165	56.9
3	1	20	59	170	62.29
4	1	19	57	168	57.65
5	1	19	53	160	68
6	1	19	68	165	59.24
7	1	18	68	175	57.43
8	1	19	60	175	57.42
9	1	19	52	160	81.54
10	1	18	64	180	58.52
11	1	19	58	165	60.31
12	1	20	65	175	64.62
13	1	19	62	167	56.42
14	1	18	50	159	60.99
15	1	18	65	179	68.32
16	1	18	51	161	56.65
17	1	19	54	169	57.91
18	1	19	51	160	58.2
19	1	19	70	174	72.69
20	1	19	73	180	56.63
21	1	19	66	170	55.41
22	1	19	62	170	53
23	1	20	65	175	50.08
24	1	19	57	171	53.93
25	1	19	52	162	55.04

ลำดับที่	ชั้นปี	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง	VO ₂ Max
26	1	19	67	175	42.72
27	1	19	73	185	50.1
28	1	19	54	167	45.15
29	1	18	61	171	45.61
30	1	19	53	175	46
31	1	19	49	160	45.43
32	1	19	65	170	48.92
33	1	18	55	175	50.58
34	1	18	60	180	48.15
35	1	19	55	167	48.18
36	1	19	73	170	36.3
37	1	18	61	169	40.34
38	1	19	69	173	36.87
39	1	18	70	174	36.69
40	1	19	66	171	35.33
41	1	19	115	170	26.73
42	1	19	57	157	21.61
43	2	20	55	170	64.91
44	2	20	57	177	55.26
45	2	22	55	160	54.31
46	2	20	57	168	65.39
47	2	20	64	178	55.78
48	2	19	64	168	51.34
49	2	20	56	168	50.62
50	2	20	53	170	51.51

ลำดับที่	ชั้นปี	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง	VO ₂ Max
51	2	21	65	169	47.2
52	2	20	60	174	43.75
53	2	20	56	168	45
54	2	19	67	179	44.3
55	2	20	69	178	41.09
56	2	19	68	176	44.43
57	2	19	66	165	49.79
58	2	19	68	174	40.53
59	2	19	85	171	34.92
60	2	20	87	176	42.84
61	2	23	67	176	52.52
62	2	20	73	172	48.18
63	2	20	61.2	169.5	49.75
64	2	19	74	178	44.41
65	2	20	52	163	69.66
66	2	19	53	168	55
67	2	20	55	166	56.32
68	2	20	57	162	60.79
69	2	21	60	173	61.53
70	2	20	66.5	178	53.68
71	2	20	63	178	53.33
72	2	20	68	169	44.78
73	2	20	53	163	39.62
74	2	19	95	176.4	30.13
75	2	20	57	169	60.79

ลำดับที่	ชั้นปี	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง	VO ₂ Max
76	2	22	56	160	69.89
77	2	20	64	120	44.3
78	2	20	52	164	47.45
79	2	20	76	174	33.16
80	2	20	68	181	44.01
81	2	20	69	170	38.8
82	2	21	67	165	52
83	2	20	61	163.5	46.48
84	2	21	68	165	55.82
85	3	21	74	175	64.65
86	3	21	62	168	53.68
87	3	27	56	175	52.18
88	3	21	63	175	58.6
89	3	21	26	182	140
90	3	21	62	170	51.16
91	3	20	73	170	42.43
92	3	22	60	165	42.92
93	3	21	60	164	43.33
94	3	20	52	165	46.44
95	3	20	52	163	40.38
96	3	34	72	170	38.02
97	3	23	65	182	42.37
98	3	21	68	170	44.88
99	3	21	68	168	45.88
100	3	21	75	178	44.37

ลำดับที่	ชั้นปี	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง	VO ₂ Max
101	3	21	70	175	41.6
102	3	21	83	171	33.83
103	3	21	65	177	36.8
104	3	20	69	178	35
105	3	21	78	175	32
106	4	23	65	166	62.77
107	4	22	55	168	71.16
108	4	23	67	167	57.85
109	4	22	60	166	56.65
110	4	23	67	171	73.07
111	4	21	72	178	73.67
112	4	32	67	171	56.3
113	4	26	91	186	58.03
114	4	24	82	180	48.04
115	4	21	65	173	48
116	4	21	70	164	47.54
117	4	22	51.7	165	49.81
118	4	23	74	183	46.86
119	4	22	80	168	42.49
120	4	21	75	164	45.76
121	4	21	73	177	46.3
122	4	23	64	169	40.64
123	4	21	80	164	40.3
124	4	23	70	175	45.17
125	4	23	70	175	45.17

ลำดับที่	ชั้นปี	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง	VO ₂ Max
126	4	22	59	165	44.52
127	4	22	58	162	42.62
128	4	23	80	185	45.9
129	4	22	75	175	43.95
130	4	21	61	171	46.03
131	4	23	61	169	35.11
132	4	22	67	179	33.82
133	4	23	83	177	36.87
134	4	21	93	166	35.78
135	4	26	127	184	34.2
136	4	22	52	165	37.63
137	4	22	68	171	37.87
138	4	24	69	176	30.74
139	4	25	66	167	30.3

ตาราง 13 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์

ลำดับที่	ชั้นปี	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง	VO ₂ Max
1	1	20	50	150	65.1
2	1	19	48	151	57.42
3	1	19	48	160	79.5
4	1	19	58	150	51.17
5	1	19	44	150	55.41
6	1	18	45	161	107
7	1	21	47	168	86.3
8	1	18	56	163	42.04
9	1	19	46	164	39.17
10	1	19	49	160	36.78
11	1	18	67	155	43.12
12	1	19	66	168	35.33
13	1	18	91	161	35.27
14	1	18	89	172	24.04
15	1	19	82	160	31.02
16	2	20	56	150	52.5
17	2	20	49	167	64.29
18	2	20	41	154	46.1
19	2	20	60	163	66.5
20	2	20	50	159	65.1
21	2	20	60	154	47.25
22	2	20	50	159	71.4
23	2	20	50	165	71.4
24	2	18	48	162	80.25
25	2	19	66	157	43.36

ลำดับที่	ชั้นปี	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง	VO ₂ Max
26	2	20	58	147	39.83
27	3	18	45	159	52.31
28	3	21	53	157	60.83
29	3	21	45	160	55.47
30	3	21	45	162	55.47
31	3	21	51	158	48.94
32	3	21	62	135	57.03
33	3	21	53	175	50.54
34	3	21	52	161	72
35	3	2	68	157	55.06
36	3	21	45	160	55.47
37	3	20	58	160	39.83
38	3	21	57	164	40.14
39	3	21	56	158	40.86
40	3	21	61	161	37.51
41	3	22	70	165	30.9
42	3	23	52	156	31.38
43	4	22	48	153	49.35
44	4	22	57	166	54.02
45	4	23	51	155	56
46	4	21	50	157	45.76
47	4	21	57	165	41.96
48	4	23	57	167	42.95
49	4	23	55	166	40.86
50	4	22	60	166	41.2
51	4	21	71	162	33.69
52	4	24	96	168	28.41



ภาคผนวก ง

เกณฑ์การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
ของการกีฬาแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2543

ตาราง 14 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณไขมันในร่างกาย และสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทย
เพศชาย ระหว่าง 17 – 19 ปี

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (มล. / กก./นาที)	
เกณฑ์	
55.5 ขึ้นไป	ดีมาก
50.6 - 55.4	ดี
40.7 - 50.5	ปานกลาง
35.8 - 40.6	ต่ำ
35.7 ลงมา	ต่ำมาก

ตาราง 15 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณไขมันในร่างกาย และสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทย
เพศหญิง ระหว่าง 17 – 19 ปี

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (มล. / กก./นาที)	
เกณฑ์	
48.0 ขึ้นไป	ดีมาก
43.9 - 47.9	ดี
35.6 - 43.8	ปานกลาง
31.5 - 35.5	ต่ำ
31.4 ลงมา	ต่ำมาก

ตาราง 16 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณไขมันในร่างกาย และสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทย
เพศชาย ระหว่าง 20 – 29 ปี

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (มล. / กก./นาที)		
เกณฑ์		
51.6 ขึ้นไป		ดีมาก
47.1 – 51.5		ดี
38.0 – 47.0		ปานกลาง
33.5 – 31.9		ต่ำ
33.4 ลงมา		ต่ำมาก

ตาราง 17 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณไขมันในร่างกาย และสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทย
เพศหญิง ระหว่าง 20 – 29 ปี

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (มล. / กก./นาที)		
เกณฑ์		
45.8 ขึ้นไป		ดีมาก
41.9 - 45.7		ดี
34.0 - 41.8		ปานกลาง
30.1 - 33.9		ต่ำ
30.0 ลงมา		ต่ำมาก



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นางสาวนริรัตน์ บุตรบุญปิ่น
วันเดือนปีเกิด	13 พฤษภาคม 2528
สถานที่เกิด	บ้านเลขที่ 64 หมู่ 10 ตำบล บางบ่อ อำเภอ บางบ่อ จังหวัด สมุทรปราการ 10560
ประวัติทางการศึกษา	
พ.ศ. 2539	จบการศึกษาระดับประถมศึกษาชั้นปีที่ 6 จากโรงเรียนเปร็งราษฎร์บำรุง จังหวัดสมุทรปราการ
พ.ศ. 2542	จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 จากโรงเรียนเปร็งวิสุทธิธานีดี จังหวัดสมุทรปราการ
พ.ศ. 2545	จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จังหวัดชลบุรี
พ.ศ. 2547	จบการศึกษาระดับอนุปริญญา ปก.ศ.สูง วิทยาลัยพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จังหวัดชลบุรี
พ.ศ. 2549	จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตชลบุรี จังหวัดชลบุรี
พ.ศ. 2555	จบการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ