

การศึกษาผลของการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด

ปริญญานิพนธ์

ของ

เอมอร เอี่ยมสำอางค์

15 ส.ค. 2534.

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

สิงหาคม 2532

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษามลของการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด

บทคัดย่อ

ของ

เอมอร เอี่ยมสำอางค์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

สิงหาคม 2532

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตภาควิชาพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา อายุระหว่าง 18 - 25 ปี เป็นชาย 30 คน หญิง 30 คน รวมทั้งสิ้น 60 คน คัดโดยวิธีอาสาสมัคร โดยทำการทดสอบแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด 6 รายการ คือ แบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ แบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง แบบทดสอบฟี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกลของบอลกี

ผลการศึกษาพบว่า

1. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศชาย มีผลดังต่อไปนี้

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 12 นาทีของคูเปอร์ กับแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง แบบทดสอบฟี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกลของบอลกี มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับปานกลาง และระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = 0.816, 0.753, 0.771, 0.680$ และ 0.782 ตามลำดับ)

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง แบบทดสอบฟี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกลของบอลกี มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับปานกลาง และระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = 0.616, 0.755, 0.689$ และ 0.688 ตามลำดับ)

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง กับแบบทดสอบฟี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกลของบอลกี มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับปานกลาง และระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = 0.773, 0.685$ และ 0.728 ตามลำดับ)

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบฟี ดับเบิลยู ซี-170 กับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกลของบอลกี มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = 0.842$ และ 0.717 ตามลำดับ)

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที่ กับแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = 0.735$)

2. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ทุกวิธีทดสอบของเพศหญิง มีผลดังต่อไปนี้

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 12 นาทีของ คูเปอร์ กับแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไวท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที่ และแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = 0.844, 0.836, 0.778, 0.766, 0.862$ ตามลำดับ)

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของ คูเปอร์ กับแบบทดสอบออสตรานด์ และไวท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที่ และแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = 0.753, 0.775, 0.768$ และ 0.797 ตามลำดับ)

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบออสตรานด์ และไวท์มิง กับแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที่ และแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูงมาก และระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = 0.856, 0.911$ และ 0.843 ตามลำดับ)

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 กับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที่ และแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูงมาก และระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = 0.900$ และ 0.776 ตามลำดับ)

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที่ กับแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = 0.826$)

3. ผลการทดสอบแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของเพศชาย ระหว่างแบบทดสอบลู่วิ่งของบอลกี กับแบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ แบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 และแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ผลการทดสอบแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศหญิง ไม่แตกต่างกัน

A STUDY OF THE RESULTS OF THE MEASUREMENT OF MAXIMAL OXYGEN UPTAKE

AN ABSTRACT

BY

EM-ON IAMSAMANG

presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree

at Srinakharinwirot University

August 1989

The purposes of this study were to find the results of the measurement of maximal oxygen uptake. The subjects were 30 males and 30 females, volunteer students from Srinakarinwirot University, Palasuksa Campus, aged between 18 - 25 years old. All of them were tested to measure the maximal oxygen uptake by six methods of measurement which were as follow : 12 minutes Cooper running test, 1.5 miles Cooper running test, PWC_{170} ergometry test, ICSPFT ergometry test, and Balke treadmill test.

After the data were statistically treated, it was found that :

1. The significant correlation coefficient of maximal oxygen uptake of all tests of males were as follow :

There were significant correlation between maximal oxygen uptake measured by the 12 minutes Cooper running test and 1.5 miles Cooper running test, Astrand and Ryhming ergometry test, PWC_{170} ergometry test, ICSPFT ergometry test and Balke treadmill test in the middle and the high level at .01 level ($r = 0.816, 0.753, 0.771, 0.680$ and 0.782)

There were significant correlation between maximal oxygen uptake measured by the 1.5 miles Cooper running test and Astrand and Ryhming ergometry test, PWC_{170} ergometry test, ICSPFT ergometry test and Balke Treadmill test in the middle and the high level at .01 level.
($r = 0.616, 0.755, 0.689$ and 0.688)

There were significant correlation between maximal oxygen uptake measured by the Astrand and Ryhming ergometry test and PWC_{170} ergometry test, ICSPFT ergometry test, and Balke treadmill test in the middle and the high level at .01 level. ($r = 0.773, 0.685$ and 0.728)

There were significant correlation between maximal oxygen uptake measured by the PWC₁₇₀ ergometry test and ICSPFT ergometry test and Balke Treadmill test in the high level at .01 level. ($r = 0.842$ and 0.717)

There were significant correlation between maximal oxygen uptake measured by the ICSPFT ergometry test and Balke treadmill test in the high level at .01 level. ($r = 0.735$)

2. The significant correlation coefficient of maximal oxygen uptake of all tests of females were as follow :

There were significant correlation between maximal oxygen uptake measured by the 12 minutes Cooper running test and 1.5 miles Cooper running test, Astrand and Ryhming ergometry test, PWC₁₇₀ ergometry test, ICSPFT ergometry test and Balke treadmill test in the high level at .01 level. ($r = 0.844, 0.836, 0.778, 0.766$ and 0.862)

There were significant correlation between maximal oxygen uptake measured by the 1.5 miles Cooper running test and Astrand and Ryhming ergometry test, PWC₁₇₀ ergometry test, ICSPFT ergometry test and Balke treadmill test in the high level at .01 level. ($r = 0.753, 0.775, 0.768$ and 0.797)

There were significant correlation between maximal oxygen uptake measured by the Astrand and Ryhming ergometry test and PWC₁₇₀ ergometry test, ICSPFT ergometry test and Balke treadmill test in the high level at .01 level. ($r = 0.856, 0.911$ and 0.843)

There were significant correlation between maximal oxygen uptake measured by the PWC₁₇₀ ergometry test and ICSPFT ergometry test and Balke Treadmill test in the high level at .01 level. ($r = 0.900$ and 0.776)

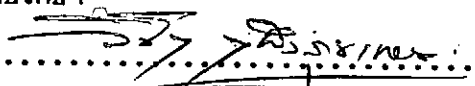
There were significant correlation between maximal oxygen uptake measured by the ICSPFT ergometry test and Balke treadmill test in the high level at .01 level. ($r = 0.826$)

3. There were significance differences at .01 level between the maximal oxygen uptake of males measured by the Balke treadmill test and 12 minutes cooper running test, 1.5 miles cooper running test, Astrand and Ryhming ergometry test, PWC_{170} ergometry test and ICSPFT ergometry test.

4. There were no significance differences of the maximal oxygen uptake of all tests of female subjects.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปฏิญานินิจฉัย
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

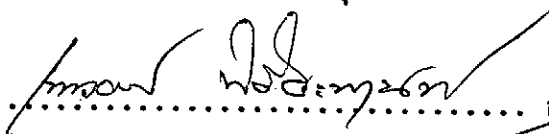
คณะกรรมการที่ปรึกษา

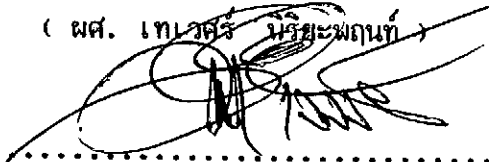

..... ประธาน
(ผศ. ดร. วิจิต คณิงสุเกษม)


..... กรรมการ
(ผศ. เทเวศร์ นิริยะพจนท์)

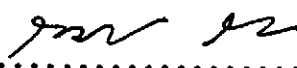
คณะกรรมการสอบ


..... ประธาน
(ผศ. ดร. วิจิต คณิงสุเกษม)


..... กรรมการ
(ผศ. เทเวศร์ นิริยะพจนท์)


..... คณะกรรมการที่แต่งตั้งเพิ่ม
(ผศ. น้าชัย เล่ววิช)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปฏิญานินิจฉัยฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศ. ดร. สมพร บัวทอง)

วันที่ ..11.. เดือน ..กันยายน..... พ.ศ. 2532

ประกาศขอบคุณ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิต คณิงสุขเกษม ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เทเวศร์ นิวิยะพจน์ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้ผู้วิจัยดำเนินงานจนเป็นผลสำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการหัวหน้ากองกรีฑาสถานแห่งชาติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สภาสุภาภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชรามรณ อาจารย์ไพบุลย์ ศรีชัยสวัสดิ์ ที่ได้ให้ความร่วมมือ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา และอาจารย์ของมหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างสถานที่ และการดำเนินการทดลองเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุดม พิมพา อาจารย์เอนก หงส์ทองคำ อาจารย์ เค. แสตนเลย์ (K. Stanley) คุณสมาน แสงโชติ คุณมนตรี ไชยพันธ์ พี่ ๆ และเพื่อน ๆ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบใจนักศึกษาชายและหญิง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา ทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นกลุ่มตัวอย่างในการดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์นี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดา มารดา และครู อาจารย์ ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนผู้วิจัยมา

เอมอร เอี่ยมสำอางค์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการศึกษา	9
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	10
ข้อตกลงเบื้องต้น	10
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	11
คำนิยามศัพท์เฉพาะ	11
2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	13
เอกสารภายในประเทศและต่างประเทศ	13
งานวิจัยต่างประเทศ	16
งานวิจัยภายในประเทศ	25
สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	31
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	32
กลุ่มตัวอย่าง	32
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	32
การแต่งกายของผู้รับการทดสอบ	34
สถานที่ทดลอง	35
วิธีดำเนินการวิจัย	35
วิธีจัดกระทำกับข้อมูล	36
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	37
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	38

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลศึกษาค้นคว้า	42
ข้อตกลงเกี่ยวกับการวิเคราะห์และแปลผล	42
ผลการศึกษาค้นคว้า	42
5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	55
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	55
วิธีดำเนินการวิจัย	55
การวิเคราะห์ข้อมูล	56
สรุปผลการค้นคว้า	57
อภิปรายผล	61
ข้อเสนอแนะ	70
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป	71
บรรณานุกรม	72
ภาคผนวก	81
ภาคผนวก ก	82
ภาคผนวก ข	85
ภาคผนวก ค	116
ประวัติย่อของผู้วิจัย	120

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	ปริมาณการเผาผลาญออกซิเจนเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางที่ผู้ทดสอบสามารถทำได้ เมื่อทดสอบวิ่ง 12 นาที	7
2	การจำแนกระดับสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตและหายใจ	21
3	วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียววัดซ้ำ	40
4	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดสอบ โดยแบ่งตามเพศชายและเพศหญิง	44
5	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดแต่ละคู่ ของเพศชาย	46
6	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดแต่ละคู่ ของเพศหญิง	48
7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียววัดซ้ำของค่าเฉลี่ยความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศชาย	50
8	ผลการทดสอบรายคู่ของแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศชาย	51
9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียววัดซ้ำของค่าเฉลี่ยความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศหญิง	54
10	การเทียบหาอัตราการเต้นของหัวใจต่อนาที โดยใช้ระยะเวลาคิดเป็นวินาทีที่นับได้จากการนับจำนวนการเต้นของหัวใจ 30 ครั้งเป็นเกณฑ์	88
11	การคาดคะเนของปริมาตรการจับออกซิเจน โดยวัดจากหัวใจและระดับความหนักของงาน	89
12	การคำนวณค่าการจับออกซิเจนโดยวัดเป็นมิลลิลิตรต่อน้ำหนักร่างกายเป็นกิโลกรัมต่อนาที	90
13	ค่าที่ใช้ในการแก้ค่าพยากรณ์เกี่ยวกับความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด	91

14	การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดลู่กลของบอลกี (ชาย)	104
15	การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดลู่กลของบอลกี (หญิง)	107
16	ตารางสำเร็จวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดตาม แบบทดสอบ วิ่ง 12 นาที	112
17	ตารางสำเร็จวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดตาม แบบทดสอบ วิ่ง 1.5 ไมล์	115
18	ตารางแสดงอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และผลการทดสอบความสามารถในการจับ ออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศชาย	116
19	ตารางแสดงอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และผลการทดสอบความสามารถในการจับ ออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศหญิง	118

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 เปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ทุกวิธีทดสอบ ของเพศชายและเพศหญิง	45
2 ตัวอย่างใบบันทึกแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด พี ดับเบิลยู ซี-170	94
3 ตัวอย่างใบบันทึกแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ไอ ซี เอส พี เอฟ ที	100

บทที่ ๑

บทนำ

บทนำ

ในการกีฬา ความสมบูรณ์ทางกาย หมายถึง การมีสุขภาพดี และมีสมรรถภาพทางกายดี การมีสุขภาพดี หมายถึง การปราศจากโรค สามารถปฏิบัติภารกิจประจำวันได้อย่างราบรื่น สุขภาพที่ดีย่อมเป็นพื้นฐานสำคัญของสมรรถภาพทางกาย เนื่องจากผู้ที่สุขภาพดีจะสามารถฝึกซ้อมกีฬาให้ร่างกายมีสมรรถภาพดีขึ้นจนถึงจุดสุดยอดของตนได้ ส่วนผู้ที่สุขภาพไม่ดี การฝึกซ้อมกีฬานอกจากจะไม่ได้ผลเพิ่มพูนแล้ว ยังอาจทำให้เจ็บป่วยได้ด้วย (ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา. 2531 : 24)

สมรรถภาพทางกายที่ดีจึงเป็นสิ่งที่ทุกคนปรารถนา เพราะสมรรถภาพทางกายที่ดีเป็นเครื่องชี้บ่งถึงความแข็งแรงของร่างกาย มีผลส่งให้การทำงานมีประสิทธิภาพ (เดินทิยา นนิตยวงศ์. 2523 : 71) สมรรถภาพทางกายที่สมบูรณ์แบบประกอบด้วย (กรุงไกร เจนพาณิชย์. 2520 : 51)

1. การทำงานของกล้ามเนื้ออย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การทำงานที่มีการประสานงานที่ดี
2. ความสามารถทำงานในภาวะที่มีออกซิเจน ซึ่งเกี่ยวกับการขนส่งออกซิเจนไปสู่ตำแหน่งที่มีการทำงาน โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ ระบบอวัยวะที่รับภาระสำคัญคือหัวใจ ระบบไหลเวียนโลหิต และระบบหายใจ

3. ความสามารถทำงานในภาวะไร้ออกซิเจน เรื่องนี้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกล้ามเนื้ออวัยวะต่าง ๆ โดยเฉพาะดุลของกรดและด่าง

4. การทำงานร่วมกันของระบบประสาทส่วนกลาง และระบบประสาทอัตโนมัติ

จะเห็นได้ว่าพื้นฐานของสมรรถภาพทางกายที่สำคัญประการหนึ่งคือ ความสามารถในการทำงานของระบบหายใจและการไหลเวียนของโลหิต ซึ่งเป็นเครื่องชี้แน่นอนว่าคนเราจะมีสมรรถภาพทางกายสูงหรือต่ำเพียงใด (อุดม พิมพ์า และจรรยา แก่นวงศ์คำ. 2516 : 1)

ในการทำงานหรือออกกำลังกายอย่างใดอย่างหนึ่ง ต้องอาศัยความแข็งแรงของหัวใจ ประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตและความอดทนของกล้ามเนื้อ บุคคลที่มีหัวใจซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำงานดี มีระบบไหลเวียนโลหิตดี และมีความอดทนของกล้ามเนื้อดีย่อมเป็นผู้ได้เปรียบ โดยเฉพาะถ้าการทำงานนั้นเป็นการแข่งขันกีฬา และเป็นกีฬายอดนิยมที่ต้องใช้การทำงานหนักติดต่อกัน เป็นระยะเวลานาน เช่น วิ่งระยะไกล วิ่งมาราธอน ว่ายน้ำ ฟุตบอล บาสเกตบอล ฯลฯ ผู้ที่มีระบบการทำงานของหัวใจ ระบบไหลเวียนโลหิต และความอดทนของกล้ามเนื้อดีเยี่ยม ย่อมจะเป็นผู้ชนะในการแข่งขัน เมเยอร์และเบลช (Mayers and Blesh. 1962 : 232 - 235) ได้กล่าวว่า สภาพร่างกายที่มีความสามารถในการทำงานได้ดีนั้นแสดงว่า หัวใจและระบบไหลเวียนโลหิตจะต้องทำหน้าที่อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการวัดสมรรถภาพทางกายควรวัดได้จากการทำงานของหัวใจ และระบบไหลเวียนโลหิต การที่จะทราบถึงการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิตก็โดยดูจากความอดทนของหัวใจ และประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพงานที่กำลังอยู่ รวมทั้งความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อด้วย เพราะในขณะที่กล้ามเนื้อทำงาน หัวใจและระบบไหลเวียนโลหิต มีหน้าที่จัดหาพลังงานให้แก่กล้ามเนื้อ และนำของเสียที่เกิดจากการทำงานออกไปจากบริเวณกล้ามเนื้อที่ทำงาน ความต้องการพลังงานและขับถ่ายของเสียของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนักของกิจกรรมที่มีต่อกล้ามเนื้อ ความต้องการพลังงานในขณะที่ออกกำลังกายจะสูงกว่าขณะพัก เพราะหัวใจถูกเร่งให้ทำงานมากขึ้น เพื่อส่งโลหิตให้การทำงานของหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับ สมรรถภาพในการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด โดยเฉพาะในการทำงานที่ยืดเยื้อติดต่อกัน เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพร่างกายของบุคคลในขณะที่ย่อยกายหรือทำงาน หัวใจและระบบไหลเวียนโลหิตของผู้ที่ได้รับการฝึกหัดหรือมีสมรรถภาพทางกายดี ภายหลังจากการออกกำลังกายหรือทำงานจะมีการทำงานน้อยกว่า และกลับคืนสู่สภาพปกติเร็วกว่า (อนันต์ อัดชู. 2520 : 31)

เนื่องจากความสำคัญของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตนี้เองที่เป็นเครื่องชี้ให้เห็นถึงระดับสมรรถภาพทางกายว่ามีมากน้อยเพียงใด ดังนั้นจึงได้มีผู้ค้นคว้าวิจัยอย่างกว้างขวางในการที่จะวัดสมรรถภาพการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิตให้ออกมาเป็นปริมาณที่เปรียบเทียบได้ อันจะเป็นประโยชน์ในการบอกความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานของ

แต่ละบุคคล ซึ่งก็พบว่า การวัดความสามารถในการจับออกซิเจน เป็นเกณฑ์วัดที่ดีที่สุด เพราะว่าความสามารถในการจับออกซิเจนนี้มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับขนาดของร่างกาย จำนวนกล้ามเนื้อ ความสามารถของระบบไหลเวียนโลหิต และขบวนการเมตาโบลิซึมของเซลล์ (The Committee on Exercise. 1972 : 1 - 31)

การวัดความสามารถในการจับออกซิเจนนี้ทำได้ 2 วิธีคือ

1. วิธีวัดโดยตรง (Direct Method) จากเครื่องมือ ซึ่งมีอุปกรณ์ประกอบด้วย ลูกล (Treadmill) จักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer) เครื่องวัดและแสดงปริมาตรอากาศ (Gasometer) เครื่องวิเคราะห์อากาศ (Gas - Analyzer) เครื่องให้จังหวะ (Metronome) และนาฬิกาจับเวลา (Stopwatch) วิธีการวัดทำโดยหายใจเข้าออกจากเครื่องเก็บอากาศ ซึ่งมีทั้งแบบวงจรเปิดและวงจรปิด (Closed or Opened Circuit Spirometry) แล้ววิเคราะห์อัตราส่วนของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ จากอากาศที่หายใจเข้าและออก เพื่อคำนวณหาจำนวนออกซิเจนที่ร่างกายจับได้ในแต่ละนาที แต่วิธีนี้ไม่สะดวกตรงที่ต้องทดลองในห้องปฏิบัติการ วิธีการยุ่งยากซับซ้อน และผู้รับการทดลองต้องออกกำลังกายเต็มที่จนเหนื่อยหมดแรง เสียเวลานานในการทดสอบ

2. วิธีวัดทางอ้อม (Indirect Method) โดยให้ผู้ถูกทดสอบทำงานหนักในระดับเกือบสูงสุด (Submaximal Work Load) ระยะเวลาประมาณ 5 - 10 นาที ไม่ถึงกับหมดแรง หรือทำงานหนักในระดับสูงสุด (Maximal Work Load) ระยะเวลาประมาณ 20 - 25 นาที เพื่อประมาณค่าสูงสุดของความสามารถจับออกซิเจนของร่างกาย วิธีนี้สะดวกเพราะใช้เวลาในการทดสอบน้อย วิธีการไม่ยุ่งยาก และหลีกเลี่ยงอันตรายจากผู้รับการทดสอบที่สูงอายุ

วิธีวัดความสามารถในการจับออกซิเจนที่ดีที่สุดคือการวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) โดยวิธีตรง (Direct Method) ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่วัดได้แม่นยำ ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ยุ่งยากสิ้นเปลืองเวลา และอาจเป็นอันตรายต่อผู้รับการทดลองที่ร่างกายไม่สมบูรณ์มาก่อน เพราะจะต้องทำงานสุดความสามารถ (Maximal Work) (Astrand and Rodahl. 1970 : 669 ; Astrand and Ryhming. 1954 : 218)

ดังนั้นจึงมีผู้แนะนำให้วัดความสามารถในการทำงานของร่างกายระดับเกือบสูงสุด (Submaximal Work) เพื่อประมาณค่าสูงสุดของความสามารถในการจับออกซิเจน โดยวิธีวัดทางอ้อม (Indirect Method) วิธีนี้มีประโยชน์ เพราะเป็นวิธีที่ง่ายกว่าไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย สะดวกในการทดสอบนักกีฬาจำนวนมากในสถานที่ทั่ว ๆ ไปได้ และผู้วิจัยสามารถศึกษาเรื่องแรงจูงใจของผู้รับการทดลอง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในเรื่องสมรรถภาพทางกายและหลักเลียงอันตรายในผู้รับการทดลองที่สูงอายุ นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณความสามารถสำรองของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจของบุคคลนั้นได้ด้วย (Davies. 1958 : 153)

การทดสอบการใช้ออกซิเจนสูงสุด ที่นำมาใช้ทำการทดสอบการออกกำลังกาย โดยทั่วไป มี 3 วิธี คือ

1. การออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer Exercise)
2. การออกกำลังกายด้วยลู่วิ่ง (Treadmill Exercise)
3. การออกกำลังกายในภาคสนาม (The Field Exercise)

การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดโดยทางอ้อม (Indirect Method) ด้วยจักรยานวัดงานที่ใช้กันแพร่หลายในห้องทดลอง (Laboratory) มี 2 วิธี คือ

1. การทดสอบโดยกำหนดงานในระดับเกือบสูงสุด (Submaximal Work Load) แบบคงที่
2. การทดสอบโดยให้ทำงานในระดับเกือบสูงสุด (Submaximal Work Load) โดยเพิ่มความหนักของงานขึ้นเป็นขั้น ๆ

สำหรับวิธีที่ 1 เป็นวิธีทดสอบของออสตรานด์ (Astrand) ใช้เวลาทดสอบประมาณ 6 นาที แล้วใช้ค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ภาวะคงที่ (Steady State) มาแปลงเป็นความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ส่วนวิธีที่ 2 อาศัยหลักการทำงานระดับเกือบสูงสุด (Submaximal Work Load) มีการเพิ่มงานเป็นขั้น ๆ อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มเป็นสัดส่วนกับงานที่เพิ่ม เมื่อนำเอาอัตราการเต้นของหัวใจ และงานที่ทำมาเขียนเป็นกราฟ จะเป็นเส้นตรงเฉียงขึ้น เส้นกราฟนี้สามารถต่อปลายออกไปอีกจนถึงขอบเขตจำกัดของอัตราการเต้นของ

หัวใจที่อยู่ในระดับเกือบสูงสุด (Submaximal Heart Rate) ซึ่งคนหนุ่มสาวอายุ 20-29 ปี ถือว่าอัตราการเต้นของหัวใจที่อยู่ในระดับเกือบสูงสุด คือประมาณ 170 ครั้งต่อนาที ค่าของงานที่อ่านได้เรียกว่า PWC_{170} สามารถนำมาแปลงเป็นความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกายได้ สำหรับวิธีนี้เป็นวิธีการทดสอบของพี ดับเบิลยู ซี-170 (PWC_{170}) หรือปริมาณงานที่ร่างกายสามารถทำได้เมื่อออกกำลังจนอัตราเต้นของหัวใจถึง 170 ครั้งต่อนาที (Physical Working Capacity at Heart Rate 170) นอกจากนี้วิธีทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของ ไอ ซี เอส พี เอฟ ที (ICSPFT) หรือของคณะกรรมการทดสอบสมรรถภาพทางกายมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Committee for Standardization of Physical Fitness Test) ก็มีวิธีการทดสอบคล้ายกับ พี ดับเบิลยู ซี-170 (PWC_{170}) เพียงแต่เป้าหมายซึ่งใช้เป็นตัวกำหนดการสิ้นสุดการทดสอบ คืออัตราการเต้นของหัวใจผู้ถูกทดสอบเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 85 - 90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดตามอายุของแต่ละคน (Submaximal Heart Rate)

นอกจากนี้ การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในห้องปฏิบัติการที่นิยมใช้กันแพร่หลายอีกวิธีคือ การทดสอบด้วยลู่วิ่ง (Treadmill) เพราะเป็นการวัดการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ได้ผลถูกต้องมากที่สุด ซึ่งแบบทดสอบลู่วิ่งของบอลก์ (Balke Treadmill) ก็เป็นแบบทดสอบหนึ่งที่ใช้ทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด โดยอาศัยพื้นฐานของการตอบสนองของระบบหายใจ การทำงานของหัวใจและการไหลเวียนของโลหิต (Respiratory and Cardiovascular Functions) ที่ผู้ถูกทดสอบแสดงออกในขณะที่ได้รับการทดสอบการทำงานในภาวะสูงสุด (Maximal Work) หรือภาวะเกือบสูงสุด (Submaximal Work) ตามทฤษฎีของบอลก์ (Karpovich. 1967 : 234 - 240)

การทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด นอกจากจะทดสอบในห้องทดลอง (Laboratory) แล้วยังสามารถทดสอบในภาคสนามได้อีก เนื่องจากการปฏิบัติการในห้องทดลองเหมาะสำหรับทำการวิจัยที่ต้องอาศัยเครื่องมือเพื่อหาผลที่ละเอียดถี่ถ้วน ดังนั้นวิธีการทดสอบจึงยุ่งยากและซับซ้อน ประกอบกับค่าอุปกรณ์ก็มีราคาแพงมาก อีกทั้งยังต้องวิญญูช่วยในการทดสอบหลายคน และเวลาสำหรับแต่ละคนมาทดสอบจนเสร็จครบหมดต้องใช้เวลานาน ฉะนั้นการทดสอบในภาคสนาม

จึงเกิดชั้นแทน ซึ่งการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในภาคสนามนี้ใช้อุปกรณ์เพียงนาฬิกาจับเวลา และสนามวิ่งเท่านั้น แม้จะไม่ใช่เทคโนโลยีมากนัก การทดสอบภาคสนามนี้ก็เป็นที่เชื่อถือได้ และมีความถูกต้องมาก เท่ากับแบบลูกกล (Cooper. 1970 : 28 - 29)

การทดสอบในภาคสนามที่นิยมกันแพร่หลายคือ วิ่ง 12 นาที และวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ เนื่องจาก " การวิ่ง " เป็นกิจกรรมการออกกำลังกายอย่างหนึ่งที่ทุกคนสามารถทำได้ง่าย ๆ สะดวกสบาย คูเปอร์ได้สร้างโปรแกรมการฝึกวิ่ง 12 นาทีขึ้นเพื่อเสริมสร้างและทดสอบสมรรถภาพทางกายของบุคคลากรในกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา ที่มีระดับอายุเฉลี่ย 30 ปี ต่อมาประชาชนโดยทั่วไปได้ให้ความสนใจมาก คูเปอร์จึงได้ปรับปรุงแก้ไขแบบฝึกวิ่ง 12 นาทีใหม่ ให้เป็นมาตรฐานสำหรับบุคคลโดยทั่วไปทุกเพศ ทุกวัย สำหรับช่วงเวลาในการวิ่ง คูเปอร์เสนอแนะให้ใช้เวลา 12 นาที เพราะเป็นระยะเวลาที่นานพอต่อการออกกำลังกายแบบแอโรบิค อันหมายถึงการออกกำลังกายที่เกี่ยวกับการประสานงานของหัวใจและปอด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในร่างกายเป้าหมายคือ การเพิ่มจำนวนออกซิเจนให้มากที่สุดในเวลาจำกัด เพื่อนำออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ความสามารถในการจับออกซิเจนของร่างกายนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการหายใจ ความถี่และปริมาตรของออกซิเจน ความสามารถในการสูดฉีดโลหิตอันเป็นประสิทธิภาพในการนำออกซิเจนไปสู่ส่วนต่าง ๆ ทั้งร่างกาย ผลจากการนี้ ทำให้กล้ามเนื้อที่ใช้ในกล้ามเนื้อของร่างกายทุกส่วนแข็งแรงขึ้น โดยการสูดฉีดโลหิตของหัวใจมีประสิทธิภาพและได้ปริมาณมากขึ้น การวัดโดยวิธีนี้จะใช้ทดสอบกลางแจ้งโดยให้ผู้ทดสอบวิ่งภายใน 12 นาที แล้วเทียบระยะทางที่สามารถวิ่งได้จากตาราง (ดูตาราง 1) (Cooper. 1970 : 29 - 30)

ตาราง 1 ปริมาณการเผาผลาญออกซิเจนเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางที่ผู้ทดสอบสามารถทำได้
เมื่อทดสอบวิ่ง 12 นาที

ระยะทาง (ไมล์)	การเผาผลาญออกซิเจน (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)
น้อยกว่า 1.0	น้อยกว่า 25.0
1.0 - 1.24	25.0 - 33.7
1.25 - 1.49	33.8 - 42.5
1.50 - 1.74	42.6 - 51.5
มากกว่า 1.75	มากกว่า 51.6

สำหรับการทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ คูเปอร์ได้สร้างขึ้นเพื่อทดสอบสมรรถภาพทางกายของทหารอากาศสหรัฐอเมริกา ซึ่งวิธีการนี้จะสะดวกมากสำหรับทดสอบกับคนกลุ่มใหญ่ โดยใช้ระยะทางการวิ่ง 1.5 ไมล์ เป็นเกณฑ์ว่าจะใช้เวลาเท่าใด เพื่อจะได้นำไปคาดคะเนในการวัดหาปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ใช้ไป (Cooper. 1970 : 31 - 32)

ปัจจุบันนี้การทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในภาคสนาม (Field Tests) เริ่มเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่ามีคุณประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการตรวจวัด และการเปรียบเทียบสมรรถภาพของคนกลุ่มใหญ่ ๆ เนื่องจากในชั่วโมงเรียนพลศึกษาหรือในสนามกีฬา การวิ่งระยะทางไกล เป็นตัวกำหนดที่ดีในการปฏิบัติของการวัดการทำงานของหัวใจ ส่วนการทดสอบด้วยลูกกล และการปั่นจักรยาน ไม่ว่าจะเป็นลักษณะเกือบสูงสุด (Submaximal) หรือสูงสุด (Maximal) ไม่เหมาะต่อการปฏิบัติในกรณีที่มีจำนวนนักเรียนหรือนักกีฬามาก ๆ และในกรณีที่โรงเรียนต้องถึงที่อยู่ห่างไกลความเจริญ ไม่มีห้องทดลองหรืออุปกรณ์ที่จะทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดได้ ก็สามารถนำการทดสอบในภาคสนาม (Field Tests) ไปทดสอบ

เพื่อวัดสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจ การไหลเวียนโลหิต และระบบหายใจได้ ซึ่งสะดวกในการวัดมาก โดยที่ต่อไปถ้ามีการนำไปใช้ทดสอบมากขึ้น ก็อาจจะนำข้อมูลใหม่ ๆ มาเปรียบเทียบกับกลุ่มประชากรในหมู่โรงเรียนต่างกัน กลุ่มประชากรในหมู่อาชีพต่างกัน ตลอดจนกลุ่มประชากรของรัฐและประเทศต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความหมายสำคัญยิ่งต่อการเพิ่มระดับความสมบูรณ์ทางกายสำหรับชาย หญิง ทุกวัย

ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า การทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดมีวิธีทดสอบที่เป็นที่นิยมและนำมาใช้ทดสอบกันอย่างแพร่หลายอยู่หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งได้แก่ วิธีทดสอบด้วยจักรยานวัดงาน อันได้แก่ แบบทดสอบออสตรานด์ และไรห์มิง (Astrand and Ryhming) แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 (PWC₁₇₀) แบบทดสอบ ไอ ซี เอส พี เอฟ ที (ICSPFT) วิธีทดสอบด้วยลู่วิ่ง ได้แก่ แบบทดสอบลู่วิ่งของบอลก์ (Balke Treadmill) และวิธีทดสอบในภาคสนาม ได้แก่ แบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ (Cooper 12 minutes Test) และแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ (Cooper 1.5 miles Test) ถึงแม้ว่าการทดสอบด้วยวิธีการวัดต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นการทดสอบที่ใช้วัดเพื่อประมาณค่าของการใช้ออกซิเจนสูงสุดในการที่จะประเมินสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจ การไหลเวียนโลหิต และระบบหายใจของบุคคล ซึ่งจะสามารถทำให้ทราบสมรรถภาพทางกายของแต่ละคนได้ แต่ในการทดสอบแต่ละอย่างก็มีข้อดีหลายอย่างแตกต่างกันไป กล่าวคือการทดสอบโดยการใช้ออกซิเจนสูงสุดในการวัดปริมาณการทำงานของหัวใจได้ถูกต้อง และร่างกายส่วนบนมีการเคลื่อนไหวน้อยมาก จึงทำให้สามารถอ่านผลการทำงานของหัวใจจากเครื่องวัดการทำงานของหัวใจ และเครื่องวัดความดันโลหิตได้ง่ายขึ้น สำหรับการทดสอบด้วยลู่วิ่ง มีข้อดี คือทำให้ได้ค่าความสามารถการจับออกซิเจนสูงสุดที่มีค่ามากที่สุด และสามารถเปรียบเทียบผู้ทดสอบซึ่งมีความแตกต่างทางด้านความสามารถและประสิทธิภาพในการปฏิบัติของแต่ละคนได้ดี (Nagle. 1973 : 313 - 338 ; Bruce. 1974 : 715 - 720)

ส่วนการทดสอบในภาคสนาม การวิ่งระยะทางไกลเป็นตัวกำหนดที่ดีในการปฏิบัติของการวัดการทำงานของหัวใจ ใช้อุปกรณ์น้อย และสะดวกมากสำหรับทดสอบกับคนจำนวนมาก ๆ (Cooper. 1970 : 28 - 29)

อย่างไรก็ตาม การทดสอบวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ด้วยวิธีการวัดต่าง ๆ เหล่านี้ยังไม่มีหลักฐานยืนยันแน่ชัดว่า ผลการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดจะมีความสัมพันธ์หรือมีความแตกต่างกันมากหรือน้อยเพียงใด ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดที่ทดสอบด้วยจักรยานวัดงาน อันได้แก่ แบบทดสอบออสตรานด์ และไรนิง แบบทดสอบ พี ดับเบิลยู ซี-170 (PWC_{170}) และแบบทดสอบ ไอ ซี เอส พี เอฟ ที (ICSPFT) ส่วนการทดสอบด้วยลูกลูก ได้แก่ แบบทดสอบลูกลูกของบอลกี และโดยที่เพื่อจะให้ค่าประมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่มีค่ามากที่สุด และได้ค่าที่แน่นอนในการที่จะเป็นตัวเปรียบเทียบสำหรับวิธีการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดโดยวิธีวัดทางอ้อม (Indirect Method) ผู้วิจัยจึงได้เลือกการทดสอบด้วยลูกลูกที่เป็นการทำงานในภาวะสูงสุด (Maximal Work) และการทดสอบในภาคสนาม ได้แก่ แบบทดสอบวิ่ง 12 นาที และแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ ว่าการทดสอบด้วยวิธีการวัดต่าง ๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์หรือมีความแตกต่างกันอย่างไร และเพื่อจะทำให้ทราบว่าการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดต่าง ๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์หรือมีความแตกต่างกันอยู่ในระดับใด ประกอบกับการวิจัยในเรื่องการทดสอบในภาคสนาม โดยนำค่าที่ได้จากการทดสอบไปเข้าตารางสำเร็จ (Nomogram) เพื่อเทียบหาค่าประมาณของการใช้ออกซิเจนสูงสุด ยังไม่เคยมีผู้ใดศึกษามาก่อน จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเรื่องนี้จะได้นำผลต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อทราบผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มที่ทดสอบในห้องทดลองและในภาคสนาม
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของทุกวิธีทดสอบ

3. เพื่อเปรียบเทียบผลของการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดระหว่างกลุ่มที่ทดสอบด้วยแบบทดสอบออสตรานด์และไรท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 (PWC₁₇₀) แบบทดสอบ ไอ ซี เอส พี เอฟ ที (ICSPFT) แบบทดสอบลูกลของบอลกี กับแบบทดสอบวิ่ง 12 นาที และแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ทำให้ทราบถึงผลของการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มที่ทดสอบในห้องทดลอง และในภาคสนาม

2. เพื่อจะชี้ให้เห็นว่าผลของการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดที่ทดสอบด้วยแบบทดสอบออสตรานด์และไรท์มิง แบบทดสอบ พี ดับเบิลยู ซี-170 (PWC₁₇₀) แบบทดสอบลูกลของบอลกี แบบทดสอบวิ่ง 12 นาที และแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ มีความสัมพันธ์หรือความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

3. จากผลการวิจัยนี้จะทำให้สามารถเลือกใช้แบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดซึ่งอาจใช้แทนกันได้ในระหว่างการทดสอบในห้องทดลอง และในภาคสนาม โดยเลือกใช้ตามความสะดวกของสถานที่และอุปกรณ์ที่มีอยู่

4. การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ จะเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดต่อไป

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ผู้รับการทดสอบปฏิบัติตามข้อปฏิบัติสำหรับการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด

2. ผู้เข้ารับการทดสอบทุกคนได้รับการกระตุ้น และการจูงใจให้ทดสอบด้วยความเต็มใจ และเต็มความสามารถ
3. การแต่งกายของผู้เข้ารับการทดสอบ คืออยู่ในชุดวอร์ม โดยสวมเสื้อยืด กางเกงยืด ขาว และรองเท้าผ้าใบ
4. เวลาที่ใช้ในการทดสอบของกลุ่มทดลองอยู่ในช่วงเดียวกันทุกครั้ง คือ จะทดสอบ ตั้งแต่เวลา 13.00 - 17.00 น.
5. ทุกช่วงในการทดสอบอุณหภูมิในการทดสอบในแต่ละแบบทดสอบจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง $28^{\circ} - 30^{\circ}\text{C}$

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักศึกษาชายและหญิง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา อายุระหว่าง 18 - 25 ปี จำนวน 60 คน โดยเป็นชาย 30 คน หญิง 30 คน โดยใช้การสุ่มแบบอาสาสมัคร คือคัดเลือกจากผู้ที่มีสมัครใจที่จะเข้ารับการทดสอบ
2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา
 - 2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) คือ แบบทดสอบ
 - 2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Uptake หรือ $\dot{V}O_2 \text{ max}$) หมายถึง ความสามารถของร่างกายที่จะนำออกซิเจนเข้าไปใช้สร้างพลังงานในเซลล์ได้มากที่สุด ในระหว่างการออกกำลังกายอย่างเต็มที่ที่มีหน่วยวัดเป็นค่าเปรียบเทียบกับน้ำหนักของร่างกาย (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)

2. แบบทดสอบ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดที่ประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบในห้องทดลอง หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดที่ทดสอบในห้องทดลอง อันได้แก่

2.1.1 แบบทดสอบออสตรานด์ และไรห์มิง (Astrand and Ryhming)

2.1.2 แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 (PWC_{170}) หรือปริมาณงานที่ร่างกายทำได้เมื่อออกกำลังจนอัตราหัวใจถึง 170 ครั้งต่อนาที (Physical Working Capacity at Heart Rate 170)

2.1.3 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที (ICSPFT) หรือแบบทดสอบของคณะกรรมการทดสอบสมรรถภาพทางกายมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Committee for Standardization of Physical Fitness Test)

2.1.4 แบบทดสอบลู่วิ่งของบอลก์ (Balke Treadmill)

(รายละเอียดของแบบทดสอบดูในภาคผนวก)

2.2 แบบทดสอบในภาคสนาม หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดที่ทดสอบในสนาม อันได้แก่

2.2.1 แบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ (Cooper 12 minutes Test)

2.2.2 แบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ (Cooper 1.5 miles Test)

(รายละเอียดของแบบทดสอบดูในภาคผนวก)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเรื่องผลของการวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีการวัดต่าง ๆ ปรากฏว่า มีทั้งเอกสารและงานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้เป็นส่วน ๆ พอสรุปได้ดังนี้

เอกสารภายในประเทศและต่างประเทศ

ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Uptake หรือ $\dot{V}O_2 \text{ max}$) เป็นความสามารถของร่างกายที่จะนำออกซิเจนที่หายใจเข้าไปในปอด เข้าไปใช้สร้างพลังงานในเซลล์ได้มากที่สุด ในระหว่างที่ร่างกายออกกำลังกายอย่างเต็มที่ ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดจะแตกต่างกันไปตามสถานะด้าน อายุ เพศ ขนาดรูปร่าง และสมรรถภาพทางกาย มอร์เฮาส์ และ มิลเลอร์ (Morehouse and Miller. 1976 : 148) ได้อธิบายไว้ว่า ระดับความสามารถสูงสุดของการจับออกซิเจนสูงสุดจะมีค่าสูงสุดจนถึงอายุ 20 ปี หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง ในเพศชายโดยทั่วไปความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดจะมีค่าอย่างน้อย 50 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ส่วนผู้หญิงมีค่าประมาณ 40 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที เพราะว่าออกซิเจนถูกใช้โดยเนื้อเยื่อทั่วร่างกาย คนที่มีรูปร่างสูงใหญ่ย่อมมีการใช้ออกซิเจนมากกว่าคนที่รูปร่างเล็ก ทั้งในช่วงพักปกติและในขณะที่ออกกำลังกาย เมื่อเป็นเช่นนั้นจึงเป็นการดีที่จะใช้จุดประสงค์ในการเปรียบเทียบโดยบันทึกค่าของการใช้ออกซิเจน ซึ่งมีพื้นฐานจากน้ำหนักตัวของบุคคลในหน่วยของมิลลิลิตรของออกซิเจนต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อนาที การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดสามารถบ่งชี้ถึงสมรรถภาพทางกายว่าดีหรือเลวได้ดีที่สุด ดังนั้นคนที่ได้รับการฝึกบ่อย ๆ จึงมีความสามารถจับออกซิเจนสูงสุดมากกว่าคนที่ไม่ได้รับการฝึก ตามแนวทฤษฎี ผู้ที่มีค่าความสามารถจับออกซิเจนสูงสุดมากกว่าเป็นเครื่องชี้ให้เห็นถึงความสมบูรณ์ของหัวใจ

ในการฉีดเลือดไปเลี้ยงร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพ ความจุปอดสามารถรับอากาศได้มาก เซลล์ในกล้ามเนื้อสามารถนำเอาออกซิเจนไปสร้างพลังงานได้ดีและสุดท้ายขบวนการกำจัดอากาศคาร์บอนไดออกไซด์เป็นไปอย่างดี (Tamer. 1982 : 21 - 23)

ประทุม ม่วงมี (2527 : 209 - 210) กล่าวว่า ออกซิเจนถูกส่งไปให้กล้ามเนื้อได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

1. ปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ปอด (Minute Ventilation) เมื่ออากาศเข้าสู่ปอดมาก ไม่ว่าจะเป็นเพราะในขณะออกกำลังกายหรือการที่มีความจุปอด (Vital Capacity) เพิ่มขึ้น จะทำให้ความดันของออกซิเจน (PO_2) ภายในปอดมีมากขึ้น การฟุ้ง การกระจาย การไหลของก๊าซสู่ระบบการไหลเวียนสะดวกยิ่งขึ้น อากาศออกซิเจนเข้าสู่ภายในเซลล์มากขึ้น
 2. ความสามารถของโลหิตที่จะรับออกซิเจนเข้าไปได้ ตัวการสำคัญในการจับออกซิเจนเข้าสู่กระแสเลือด ได้แก่ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) หากมีจำนวนมากก็สามารถนำออกซิเจนไปใช้ได้มาก
 3. ความต้องการออกซิเจนของเนื้อเยื่อ หมายถึง ความจำเป็นที่จะต้องสร้างพลังงานโดยใช้ออกซิเจนในกิจกรรมที่ต้องออกแรงติดต่อกันเป็นเวลานาน ร่างกายใช้ออกซิเจนไปมากจึงต้องมีการนำเอาออกซิเจนจากบรรยากาศมาทดแทนออกซิเจนที่เสียไป
 4. ปริมาณเลือดที่ฉีดออกจากหัวใจในเวลา 1 นาที (Cardiac Output) หากหัวใจฉีดเลือดออกจากหัวใจมากเท่าใด การใช้ออกซิเจนก็จะมากไปด้วย
- หลักสำคัญของการออกกำลังกายที่ใช้เวลานานกว่า 3 - 4 นาที คือความสามารถของหัวใจ ปอดและระบบการไหลเวียนโลหิตในการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังทำงาน ดังนั้น นักพลศึกษา โค้ชและแพทย์ผู้ซึ่งต้องการที่จะประเมินผลสมรรถภาพของระบบการหายใจของบุคคล หรือความสามารถของบุคคลในการทำกิจกรรม โดยใช้การสร้างพลังงานจากออกซิเจน พยายามที่จะประมาณค่าความสูงสุดของหัวใจ ปอด และระบบการไหลเวียนโลหิตของนักวิ่ง นักกีฬา หรือคนไข้ ความสามารถสูงสุดของระบบการหายใจ ถูกประเมินผลได้ดีที่สุดในการทดสอบความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนในอัตราสูงสุด นั่นคือ การทดสอบการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Uptake Test)

การทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดนี้กระทำได้ 2 วิธี คือ

1. วิธีวัดโดยตรง (Direct Method)
2. วิธีวัดทางอ้อม (Indirect Method)

วิธีวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดโดยวิธีตรงนี้ เป็นวิธีที่แม่นยำวัดได้ถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ไม่สะดวกตรงที่ต้องทดลองในห้องปฏิบัติการเท่านั้น วิธีการยุ่งยากซับซ้อน และผู้รับการทดลองต้องออกกำลังกายเต็มที่จนเหนื่อยหมดแรง เสียเวลานานในการทดสอบ ดังนั้น จึงมีผู้แนะนำให้วัดทางอ้อม เพราะเป็นวิธีที่ง่ายกว่า ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และสะดวกมากสำหรับ ทดสอบกับคนจำนวนมาก ๆ ในสถานที่ทั่ว ๆ ไปได้ นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณความสามารถสำรอง ของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจของบุคคลนั้นได้ด้วย (Davies. 1958 : 153)

วิธีการวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดโดยวิธีวัดทางอ้อมนี้สามารถกระทำได้ หลายวิธี ซึ่งวิธีที่นิยมและนำมาใช้ทดสอบกันอย่างแพร่หลายมี 6 วิธี คือ

1. วิธีวัดการทำงานโดยกับจักรยานวัดงานในระยะเวลาหรือความหนักที่กำหนด เรียกวิธีนี้ ว่า เออร์โกเมตรี (Ergometry) แล้วเปรียบเทียบกับตารางของออสตรานด์ และไรห์มิง (Astrand and Ryhming)

2. วัดความสามารถในการทำงานเมื่อชีพจรเต้นถึง 170 ครั้งต่อนาทีในการกับจักรยาน วัดงาน (PWC₁₇₀)

3. วัดความสามารถในการทำงานเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจของผู้ที่ถูกทดสอบเพิ่มขึ้น เป็นร้อยละ 85 - 90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดตามอายุของแต่ละคน (ICSPFT)

4. วิธีวัดโดยให้วิ่งบนลูกล้อตามแบบของบอลเก้ (Balke Treadmill)

5. วิธีวัดโดยให้วิ่งในสนาม 12 นาที ตามแบบของคูเปอร์ (Cooper 12 minutes)

6. วิธีวัดโดยให้วิ่งในสนาม 1.5 ไมล์ ตามแบบของคูเปอร์ (Cooper 1.5 miles)

ในการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \max$) ควรจะยุติการ ทดสอบเมื่อมีเหตุดังต่อไปนี้ (จรรยาพร ธรณินทร์. 2521 : 5)

1. ชีพจรเต้นช้าลงแทนที่จะเพิ่มเมื่อทำงานเพิ่ม
2. ความดันโลหิตขณะที่หัวใจบีบตัว (Systolic) มีอัตรา 240 - 250 มิลลิเมตร-

3. ความดันโลหิตขณะที่หัวใจคลายตัว (Diastolic) มากกว่า 125 มิลลิเมตรปรอท
4. มีอาการปวดหน้าอกเพิ่มขึ้น หายใจติดขัด
5. มีอาการตรวจพบว่า หน้าซีด มึนงง หรือไม่มีความรู้สึกต่อสิ่งรอบตัว
6. มีอาการที่ตรวจคลื่นไฟฟ้าของหัวใจพบว่า กราฟหัวใจที่แสดงอาการเต้นของหัวใจผิดปกติ

งานวิจัยต่างประเทศ

ปี ค.ศ. 1951 เคียวรีตัน (Cureton. 1951 : 204) ได้ศึกษาค้นคว้าหาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดกับความอดทนในการทำงานโดยการที่จักรยานวัดงานของนักศึกษาชาย จำนวน 25 คน พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ซึ่งมีหน่วยเป็นลิตร/นาที กับความอดทนในการทำงานมีค่าเท่ากับ 0.24 แต่ถ้าให้น้ำหนักตัวเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย สหสัมพันธ์จะมีค่าสูงขึ้น คือมีค่าเท่ากับ 0.34

ปี ค.ศ. 1957 เมลเลอร์วิทซ์ และแดรนเฟลฟ์ (Mellerowicz and Dranfelf. 1957 : 340 - 344) ทำการทดสอบวัดความสมบูรณ์ทางกายด้วยวิธี PWC_{170} กับเพศหญิงและชาย อายุระหว่าง 20-23 ปี เพศละ 100 คน โดยกำหนดงานเริ่มต้น 1 วัตต์/กก. และ 2 วัตต์/2 กก. มีการเพิ่มงานทุก ๆ 3 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยของ PWC_{170} สำหรับชาย เท่ากับ 3 วัตต์/กก. ($\pm .5$ วัตต์) สำหรับหญิงเท่ากับ 2.5 วัตต์/กก. ($\pm .5$ วัตต์)

ปี ค.ศ. 1958 เดวิส (Davies. 1958 : 153) ได้ทดลองให้ผู้รับการทดลอง ชาย 26 คน และหญิง 19 คน อายุระหว่าง 20 - 28 ปี จักรยานวัดงาน เพื่อวัดสมรรถภาพในการจับออกซิเจน เมื่อทำงานค่อนข้างหนักและเมื่อทำงานหนักเต็มที่ ผลปรากฏว่า เมื่อร่างกายทำงานสูงสุด อัตราเต้นของหัวใจกับสมรรถภาพในการจับออกซิเจนไม่ได้เพิ่มเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อกัน คืออัตราเต้นของหัวใจสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ แต่สมรรถภาพในการจับออกซิเจนไม่ได้เพิ่มเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อกัน คืออัตราเต้นของหัวใจสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ แต่สมรรถภาพจับออกซิเจนคงตัว

เดวิส จึงเตือนว่าการวัดสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดโดยคำนวณจากค่าที่วัดเมื่อทำงานค่อนข้างหนัก โดยใช้ตารางของออสตรานด์ และไรท์มิง ของมาร์คาเรียน และของมาริทส์ และวินด์แฮม อาจมีข้อจำกัดเนื่องจากเมื่อร่างกายทำงานสูงสุด เส้นกราฟแสดงอัตราเพิ่มของอัตราเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพในการจับออกซิเจนไม่เป็นสัดส่วนโดยตรง ค่าที่วัดได้อาจคลาดเคลื่อนไป 1200 มิลลิลิตร ที่ระดับความเชื่อมั่น .05 และค่าความคลาดเคลื่อนและช่วงแห่งความเชื่อมั่นตามวิธีของออสตรานด์ และไรท์มิงคือ ± 624 และ ± 836 มิลลิลิตร ในผู้รับการทดลองชายอายุ 20-50 ปี และอาจคลาดเคลื่อนไป ± 143 และ ± 458 มิลลิเมตรในผู้หญิง เขาสรุปว่าหากวิธีที่วัดทางอ้อมเหล่านี้คลาดเคลื่อนถึง 15 % ขึ้นไป ควรใช้วิธีวัดสมรรถภาพในการจับออกซิเจนวิธีตรงดีกว่า

ปี ค.ศ. 1967 ชไนเดอร์ (Schneider. 1967 : 99) ได้ศึกษาค้นพบว่าในการออกกำลังกายโดยถีบจักรยานวัดงาน เมื่อเพิ่มปริมาณงาน (Work Load) ขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นตามด้วยเป็นลำดับ ข้อนี้แสดงให้เห็นว่า อัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กับปริมาณการออกกำลังกาย แต่จากการสังเกตพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจที่สูงสุดจนถึงขีดจำกัด (Limiting Value) ในคนที่ขาดการออกกำลังกาย โดยอัตราการเต้นของหัวใจอาจขึ้นสูงถึง 240 - 270 ครั้งต่อนาที แต่ในคนส่วนมาก อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกายเต็มที่ จะขึ้นสูงสุดประมาณ 200 ครั้งต่อนาที

ในปีเดียวกัน วิลมอร์ (Wilmore. 1967 : 203 - 210) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดและความสามารถในการทำงาน โดยใช้วิธีสังเคราะห์อากาศหายใจและเวลาที่ใช้ในการถีบจักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometry) ปรากฏว่า สหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดที่มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที และความสามารถในการทำงานมีค่าเท่ากับ 0.84 แต่สหสัมพันธ์จะลดลงอีกเมื่อสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัว คือมีค่าเท่ากับ 0.37 และสหสัมพันธ์จะลดลงอีกเมื่อสมรรถภาพการจับออกซิเจนมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวที่ไม่คิดไขมัน คือมีค่าเท่ากับ 0.18 อย่างไรก็ตาม เมื่ออิทธิพลของน้ำหนักตัวที่ไม่คิดไขมันได้ทำให้คงที่ทางสถิติ สหสัมพันธ์ระหว่างความอดทนในการทำงานและสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดที่มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที และสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดที่มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร/น้ำหนักตัวที่ไม่คิดไขมัน/นาที จะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.78 และ 0.64

ตามลำดับ แสดงว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างความอดทนในการทำงานและสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ดังนั้นก็สามารถใช้สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดเป็นเครื่องวัดความสามารถในการทำงาน และเป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการทำงานระหว่างระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต และมีข้อแนะนำว่า สหสัมพันธ์จะมีค่าสูงขึ้นถ้าเพิ่มแรงจูงใจให้ผู้ถูกทดลองได้เพียงพอ และสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างดี

ในปีเดียวกัน เมตซ์ และ อเล็กซานเดอร์ (Metz and Alexander. 1967 : 187 - 193) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการทำนายสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดจากการทำงานในภาวะเกือบสูงสุด (Submaximal) ในผู้ถูกทดลอง 60 คน อายุ 12 - 15 ปี ทดสอบโดยใช้ลู่วิ่ง (Treadmill) เป็นเครื่องทดสอบ ขณะทดสอบบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ สมรรถภาพการจับออกซิเจน และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับออกซิเจนในอากาศหายใจออก (Respiratory Quotient) ผลปรากฏว่า อัตราการเต้นของหัวใจระหว่างทำงานเกือบสูงสุด (Submaximal) มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดสามารถทำนายได้จากอัตราการเต้นของหัวใจ สมรรถภาพการจับออกซิเจนและออกซิเจนที่ใช้

ปี ค.ศ. 1969 ริบิสส์ และ แคชดาเรียน (Ribisl and Kachadarian. 1969 : 17 - 22) ได้ศึกษาการทำนายสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดในคนหนุ่มและผู้ใหญ่ โดยใช้การวิ่ง 1 ไมล์ และ 2 ไมล์ ผลปรากฏว่าค่าสหสัมพันธ์ของเวลาการวิ่งกับสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดในการวิ่ง 1 ไมล์ และ 2 ไมล์ มีค่าเท่ากับ - 0.79 , - 0.85 ตามลำดับ

ปี ค.ศ. 1970 ออสตรานด์ (Astrand. 1970 : 167 - 619) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ กับการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Uptake) ในการทำงานในระดับเกือบสูงสุด (Submaximal work Load) โดยถีบจักรยานวัดงาน 50 รอบต่อนาที พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กับการใช้ออกซิเจนสูงสุดในขณะทำงาน และสามารถใช้อัตราการเต้นของหัวใจในภาวะคงที่ (Steady State) ในการทำงานเกือบจะสูงสุดมาเป็นเครื่องบอกการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยมีโนโมแกรม (Nomogram) และตารางแปลค่ากำหนดไว้

ในปีเดียวกัน แคทช์ (Katch. 1970 : 5181 - A) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดและความสามารถในการทำงานหนัก เขาคาดว่าบุคคลที่มีสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดจะมีความสามารถอดทนทำงานหนักได้ นอกจากนี้ถ้าช่วงเวลาที่ดีที่สุดในการทดสอบการทำงานประเภทที่ต้องใช้ความอดทนโดยการใช้สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดเป็นเกณฑ์ การหาสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดทำได้โดยวิธีเพิ่มจังหวะในการทำสแต็ปเทสต์ การวัดความสามารถในการทำงานหนักให้ใช้จักรยานวัดงาน (Ergometer) โดยใช้น้ำหนักถ่วง 2.5 กิโลปอนด์ ในอัตรา 60 รอบ/นาที และเพิ่ม 0.5 กิโลปอนด์ทุก 2 นาที จนกระทั่งผู้ถูกทดลองไม่สามารถขี่ต่อไปได้ ส่วนการทดสอบการทำงานประเภทที่ต้องใช้ความอดทนใช้แบบก้าวคงที่บนลู่วิ่ง (Treadmill) เป็นเวลา 12 นาที สหสัมพันธ์ที่คิดเป็นนาทีแต่ละนาทีระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดและคะแนนการทดสอบการทำงานประเภทที่ต้องใช้ความอดทนเพิ่มขึ้นดังนี้ นาทีที่ 1 และ 2 ไม่นับสำคัญ นาทีที่ 3 สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.40 นาทีที่ 8 สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.71 และนาทีที่ 12 สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.78 สรุปได้ว่า สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์ปานกลางกับความสามารถในการอดทนทำงาน และสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดไม่มีประสิทธิภาพในการทำนายการทำงานประเภทที่ต้องใช้ความอดทน นอกจากงานนี้จะทำอย่างน้อย 7 หรือ 8 นาที ภายใต้อาการที่ควบคุมด้วย

ในปีเดียวกัน ลูอิส (Lewis. 1970 : 5825 - A) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาสแต็ปเทสต์ (Step Test) เพื่อจะใช้สำหรับวัดความอดทนทางร่างกายของนักศึกษาชายระดับอุดมศึกษา โดยการให้ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนก้าวเป็นจังหวะ (ขึ้น - ขึ้น - ลง - ลง) บนม้าสูง 14 นิ้วในอัตรานาทีละ 12, 15, 18, 21, 24, 27, 33, 36 และ 39 จังหวะ โดยให้ทำแบบละ 1 นาทีหรือ 1.5 นาที แล้วจับชีพจรหลังพัก 30 วินาที หลังการออกกำลังกายแล้ว ให้ผู้ถูกทดสอบก้าวตามอัตราดังกล่าวไปจนอัตราการเต้นของชีพจรถึง 180 ครั้ง ต่อนาที ในครั้งต่อไปให้ทดสอบแบบ บอลกี เทรมิลล์ (Balke Treadmill) เพื่อหาสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดจากการนำผลการทดสอบ 2 แบบนี้ มาหาความสัมพันธ์ทางสถิติ ปรากฏว่า สหสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบสแต็ปเทสต์ โดยใช้อัตราการก้าว 30 จังหวะต่อนาที และสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด โดยการใช้แบบทดสอบบอลกี เทรมิลล์ (Balke Treadmill) มีค่าเท่ากับ .895

ดังนั้นแบบทดสอบนี้สามารถใช้ทำนายระดับความอดทนทางร่างกายของนักศึกษาชายระดับอุดมศึกษาได้อย่างแม่นยำและเชื่อถือได้

ปี ค.ศ. 1972 เกตต์มาน (Gettman. 1972 : 5017 - A) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของน้ำหนักและสภาพร่างกายที่มีผลต่อการทดสอบด้วยจักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer) และลู่วิ่ง (Treadmill) ผู้ถูกทดสอบเป็นนักเรียนชาย 60 คน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 สภาพร่างกายปกติ น้ำหนักน้อย กลุ่มที่ 2 สภาพร่างกายไม่ปกติ กลุ่มที่ 3 ร่างกายปกติ น้ำหนักมาก และกลุ่มที่ 4 ร่างกายไม่ปกติ น้ำหนักมาก ให้ทั้ง 4 กลุ่มทดสอบโดยกับจักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer) และเดินบนลู่วิ่ง (Treadmill) ความหนักของงานแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ทำนายการทำงานโดยใช้อัตราชีพจร 150 ครั้งต่อนาที เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยใช้ค่า PWC_{170} ผลปรากฏว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักมาก สภาพร่างกายปกติความสามารถในการทำงานได้ดีที่สุด แต่เมื่อคิดงานต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม กลุ่มที่มีน้ำหนักน้อยมีความสามารถในการทำงานได้ดีกว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักมาก คนที่มีสภาพร่างกายปกติสามารถทำงานได้ดีกว่าคนที่มีสภาพร่างกายไม่ปกติ และเสนอแนะว่าในการวัดความสามารถในการทำงานของร่างกาย ควรคำนึงถึงวิธีการที่ใช้วัดและกำหนดความหนักเบาของงานด้วย

ในปีเดียวกัน คณะกรรมการเกี่ยวกับการออกกำลังกาย (The Committee on Exercise. 1972 : 13 - 14) ได้วัดสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุด โดยให้ผู้รับการทดลองทั้งหญิงและชาย ซึ่งมีช่วงอายุระหว่าง 20 - 60 ปี ปั่นจักรยานวัดงานที่ระดับงานเกือบสูงสุด แล้วเปรียบเทียบค่าจับออกซิเจน หากต้องทำงานหนักเต็มที่จากตาราง ผลของการทดสอบแบ่งเป็นระดับสมรรถภาพในการจับออกซิเจน ตามเพศและอายุไว้ดังนี้

ตาราง 2 การจำแนกระดับสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ

อายุ (ปี)	ผู้หญิง สมรรถภาพจับออกซิเจน (มิลลิตร/กิโลกรัม/นาที)				
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
20-29	ต่ำกว่า 24	24-30	31-37	38-48	49 ขึ้นไป
30-39	ต่ำกว่า 20	20-27	28-33	34-44	45 ขึ้นไป
40-49	ต่ำกว่า 17	17-23	24-30	31-41	42 ขึ้นไป
50-59	ต่ำกว่า 15	15-20	21-27	28-37	38 ขึ้นไป
60-69	ต่ำกว่า 13	13-17	18-23	24-34	35 ขึ้นไป

อายุ (ปี)	ผู้ชาย สมรรถภาพจับออกซิเจน (มิลลิตร/กิโลกรัม/นาที)				
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
20-29	ต่ำกว่า 25	25-33	34-42	43-52	53 ขึ้นไป
30-39	ต่ำกว่า 23	23-30	31-38	39-48	49 ขึ้นไป
40-49	ต่ำกว่า 20	20-26	27-35	36-44	45 ขึ้นไป
50-59	ต่ำกว่า 18	18-24	25-33	34-42	43 ขึ้นไป
60-69	ต่ำกว่า 16	16-22	23-30	31-40	41 ขึ้นไป

และในปีเดียวกัน เหลียงและคนอื่น ๆ (Liang and others. 1974 : 7708 - A, 7709 - A) ได้ทำการศึกษาถึงผลการกำหนดความแตกต่างของความหนักของงาน ระยะเวลาและความถี่ ในการฝึกที่มีผลต่อความสามารถแบบอากาศนิยม มีผลต่อองค์ประกอบทางกายภาพและชีวภาพโดยมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาผลการฝึกที่กำหนดองค์ประกอบในการฝึกที่มีระดับต่างกันคือ ความหนักของงาน 40 % และ 60 % ความถี่ในการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ และระยะเวลาในการฝึก 15, 30, 45 และ 60 นาทีต่อวัน โดยใช้ผู้ทดลองเป็นนักศึกษาชายจำนวน 28 คน มีอายุระหว่าง 19 - 26 ปี ทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึกเฉพาะบนเครื่องลู่กล เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วทำการทดสอบค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด และทดสอบเลือกเพื่อวัดองค์ประกอบทางชีวภาพต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่า ความหนักของงานและระยะเวลาในการฝึก ไม่ทำให้ผลการฝึกต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ปี ค.ศ. 1967 มารอน และคนอื่น ๆ (Maron and others. 1976 : 863 - 868) ได้ศึกษาการวัดการใช้ออกซิเจนของนักวิ่งมาราธอนโดยทดสอบจากนักวิ่งมาราธอน 2 คน ที่เข้าทำการแข่งขันให้วิ่งในภูมิประเทศที่มีความลาดเอียง แล้ววัดการใช้ออกซิเจนทุก ๆ 3 ไมล์ของระยะการวิ่ง ผู้ถูกทดสอบต้องใช้พลังมากและต้องการพลังงานถึง 68-100 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด และเมื่อเขาวิ่งได้ระยะทาง 23.4 ไมล์ ออกซิเจนที่นำมาใช้ได้มากที่สุดเท่ากับ 4.54 ลิตร/นาที

ปี ค.ศ. 1970 คูเปอร์ (Cooper. 1970 : 29) ได้ศึกษาพบว่า ระยะทางที่ได้จากการวิ่ง 12 นาที สัมพันธ์กันอย่างสูง (สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .90) กับความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดซึ่งวัดโดยวิธีตรงด้วยลู่กล

ในปีเดียวกัน เกรกอรี (Gregory. 1970 : 5 - 12) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการวิ่ง 12 นาที กับสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชายในมหาวิทยาลัยพบว่า สหสัมพันธ์ของการวิ่ง 12 นาที กับสมรรถภาพการจับออกซิเจนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.66

ปี ค.ศ. 1974 เดอวีส์และคลาฟส์ (de Vries and Klafs. 1974 : unpagged) ได้ศึกษาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด โดยวิธีวัดทางตรงกับการวัดทางอ้อม 6 วิธีดังกล่าว ในผู้รับการทดลองชายวัย 20 - 26 ปี ผลปรากฏว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดวัดโดยตรงกับวัดทางอ้อมวิธีแบบ (1) ถีบจักรยานวัดงานตามแบบออสตรานด์ และไวท์มิง (2) แบบทดสอบของนาวิท์กับคณะ (3) วัดจากค่าเศษส่วนลมหายใจตามวิธีของไอเช็คท์สและคณะ (4) การทดสอบก้าวขึ้นบันไดแบบฮาร์วาร์ด (5) ความสามารถในการทำงานเมื่อขึ้นจรวด 170 ครั้งต่อนาที (PWC_{170}) และ (6) การก้าวขึ้นบันไดของออสตรานด์และโรด้าล คือ .736, .711, .499, .788, .877 และ .203 ตามลำดับ

ในปีเดียวกัน แครนี และเบรินส์ (Kearney and Byrnes. 1974 : 9 - 15) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการวิ่ง 0.5 ไมล์ การวิ่ง 1 ไมล์ และวิ่ง 12 นาที กับการทำนายสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด โดยการขี่จักรยานตามวิธีของออสตรานด์ (Astrand) ได้พบว่า สหสัมพันธ์ของเวลาการวิ่งกับสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดในการวิ่ง 0.5 ไมล์ การวิ่ง 1 ไมล์ และการวิ่ง 12 นาที มีค่าเท่ากับ - 0.30 และ - 0.59

ปี ค.ศ. 1977 คาสเตอร์ และคาลอปป้า (Custer and Chaloupka. 1976 : 863 - 868) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทำนายสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดกับระยะทางการวิ่งของนักศึกษาหญิงที่มีอายุระหว่าง 18 - 21 ปี จำนวน 40 คน ทดสอบสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด โดยการขี่จักรยานตามวิธีของออสตรานด์ (Astrand) บันทึกระยะการวิ่งเมื่อครบ 6 นาที 9 นาที และ 12 นาที ผลปรากฏว่าสหสัมพันธ์ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดกับระยะทางการวิ่ง 6, 9, 12 นาที เท่ากับ 0.45, 0.37, 0.49 ตามลำดับ

ในปีเดียวกัน เกทเชลล์ และคนอื่น ๆ (Getchell and others. 1977 : 61 - 67) ได้ศึกษาการทำนายสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด จากการวิ่ง 1.5 ไมล์ ในนักศึกษาหญิงจำนวน 21 คน ที่มีสุขภาพสมบูรณ์ ผลปรากฏว่า สหสัมพันธ์ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนกับเวลาการวิ่ง 1.5 ไมล์มีค่าเท่ากับ 0.466 แต่ถ้าให้น้ำหนักตัวเข้ามาเกี่ยวข้อง จะมีสหสัมพันธ์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.915

ปี ค.ศ. 1980 โรว์ (Rowe. 1980 : 3874 - A) ศึกษาสรีรภาพที่เปลี่ยนแปลงของผู้ที่เดินและวิ่งเหยาะๆในระยะทางที่เท่ากัน ซึ่งใช้เวลาตามโปรแกรม 20 สัปดาห์ โดยศึกษาตัวแปรสัดส่วนของร่างกายดังนี้ ความถ่วงจำเพาะของร่างกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน น้ำหนักไขมัน น้ำหนักร่างกาย และตัวแปรทางด้านระบบไหลเวียนโลหิตและออกกำลังกายเกือบสูงสุด และขณะพัก ดังนี้ การใช้ออกซิเจน อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซ อัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิต โดยมีผู้เข้าร่วมการทดลอง 25 คน อายุระหว่าง 25 - 52 ปี และไม่อยู่ในโปรแกรมการฝึกใด ๆ ผลการทดลอง 20 สัปดาห์ พบว่าความถ่วงจำเพาะของร่างกายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสัมพันธ์กับการลดของเปอร์เซ็นต์ไขมันและน้ำหนักไขมัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ระดับนัยสำคัญของน้ำหนักส่วนปลอดไขมันและน้ำหนักตัวรวมของร่างกาย มีการเพิ่มการใช้ ออกซิเจน อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซ จังหวะการหายใจ และเวลาบนลูกล้อแบบบอลกี (Balke Treadmill) อย่างมีนัยสำคัญ

ปี ค.ศ. 1986 ลอนเดอร์ (Londere. 1986 : 201 - 213) ได้ศึกษาการใช้ผลการทดสอบในห้องทดลองกับนักวิ่งระยะทางไกล ใช้การทดสอบที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเกี่ยวกับขีดแห่งความสามารถของแต่ละคนในการวิ่งระยะทางไกลได้สำเร็จ โดยกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมและระดับการก้าวเท้าในการวิ่งที่เหมาะสม การทดสอบที่กำหนดประกอบด้วย การศึกษาในเรื่องความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) ประสิทธิภาพในการวิ่ง ภาวะคงที่สูงสุด (Maximal Steady - State) และสัดส่วนของร่างกาย จากการวิจัย สรุปได้ว่า ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) ประสิทธิภาพในการวิ่งและสัดส่วนของร่างกายสามารถบอกให้เราทราบถึงขีดแห่งความสามารถของการวิ่งระยะทางไกล รวมทั้งเท้าในการวิ่งเฉพาะสำหรับเหตุการณ์ต่าง ๆ เท้าในการวิ่งในภาวะคงที่สูงสุดแสดงถึงเท้าการวิ่งที่เหมาะสมสำหรับการวิ่งในเหตุการณ์ต่าง ๆ

งานวิจัยภายในประเทศ

ปี พ.ศ. 2516 แนน้อง สงวนวิทย์ (2516 : 50) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบ เออร์โกเมตรี (Ergometry) ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ (Harvard Step Test) และการวิ่งระยะทางไกล (Long Distance Run) ผู้ถูกทดสอบแต่ละคน ทำการทดสอบทั้ง 3 แบบ ในแต่ละแบบห่างกันไม่เกิน 1 สัปดาห์ ผลการทดสอบพบว่า แบบทดสอบเออร์โกเมตรี ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ และการวิ่งระยะทาง 1500 เมตร มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบ เออร์โกเมตรีกับฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ มีค่าเท่ากับ 0.73 สหสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบเออร์โกเมตรีกับการวิ่ง 1500 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.58 ดังนั้นการวัดความสามารถในการทำงาน หรือการวัดงานของหัวใจและหลอดเลือด สามารถเลือกแบบทดสอบแบบใดแบบหนึ่งใน 3 แบบนี้ได้

ปี พ.ศ. 2517 นันทิยา พนิชพงศ์ (2517 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่อง "การจัดอัตรารอบกบที่พอเหมาะกับความหนักของระดับงานต่าง ๆ ในการทดสอบความสมบูรณ์ของร่างกายด้วยจักรยานวัดกำลัง" ผู้ถูกทดลอง 40 คน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ทดสอบคนละ 4 ครั้ง ใช้อัตราเก็บ 30, 40, 50 และ 60 รอบต่อนาที กลุ่มที่ 1 ทำงาน 450 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 ทำงาน 600, 750 และ 900 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที ผลปรากฏว่าการทำงานด้วยปริมาณงานเท่ากัน แต่อัตรารอบกบต่างกันอัตราการเต้นของหัวใจในภาวะคงที่ (Steady State) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 การใช้อัตรารอบกบ 30 รอบต่อนาที ไม่ควรนำมาใช้ในการทดสอบด้วยจักรยานวัดกำลัง ไม่ว่าจะใช้ปริมาณงานเท่าใด เพราะทำให้ผลที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง การใช้อัตรารอบกบ 40 รอบต่อนาที เป็นอัตราที่เหมาะสมเมื่อใช้กับงานไม่หนักมาก (450 - 470 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที แต่ไม่เหมาะสมสำหรับงาน 900 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที) การใช้อัตรารอบกบ 50 รอบต่อนาที เป็นอัตราที่พอเหมาะสำหรับงานทุกระดับตั้งแต่ 450 - 900 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที การใช้อัตรารอบกบ 50 รอบต่อนาที เป็นอัตรารอบกบที่พอเหมาะสำหรับงานหนักเท่านั้น (900 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที)

ปี พ.ศ. 2518 นิพนธ์ สกลพานิช (2518 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง "อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศแวดล้อมต่อสมรรถภาพการทำงานที่ศึกษาโดยวิธีเออร์โกเมตริก" ให้ผู้ถูกทดลองปฏิบัติงานวัดงานในปริมาตรงานเท่ากัน ความชื้นสัมพัทธ์เดียวกัน ($70 + 10 \%$) อุณหภูมิ 20°C , 25°C , 30°C , 35°C และ 40°C ให้ผู้ถูกทดลอง 15 คน ปฏิบัติงานในภาวะแวดล้อมต่างกัน 6 นาที นับอัตราชีพจรทุก 1 นาที นับชีพจรขณะที่อยู่ในภาวะคงที่ (steady state) หาค่าสมรรถภาพสูงสุดในการจับออกซิเจน ปรากฏว่าที่อุณหภูมิ 35°C กับ 40°C มีอิทธิพลพอเหมาะต่ออัตราชีพจรขณะทำงานและสมรรถภาพการทำงานลดลงอย่างเห็นได้ชัด อุณหภูมิที่พอเหมาะในการออกกำลังกายอยู่ระหว่างอุณหภูมิ 20°C ถึง 30°C และอุณหภูมิวิกฤตทำให้สมรรถภาพการทำงานของร่างกายลดลงอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 35°C

ในปีเดียวกัน พรหมเพรา ผลเจริญสุข (2518 : 32) ได้ศึกษาเรื่องอิทธิพลของอากาศร้อนเย็นต่อสมรรถภาพการทำงานของหญิง ที่ศึกษาโดยวิธีเออร์โกเมตริก ให้ผู้ทดลอง 20 คน ออกกำลังกายที่จักรยานวัดงานในอากาศแวดล้อมต่างกัน คือ ความชื้นสัมพัทธ์ $70 - 80 \%$ อุณหภูมิ 40°C , 28°C และ 19°C ให้ผู้ถูกทดลองปฏิบัติงานวัดงาน 6 นาที จับชีพจรทุก 1 นาที นำไปแปรผลเป็นสมรรถภาพสูงสุดในการจับออกซิเจนของร่างกาย โดยใช้ตารางออสตรานด์ (Astrand) ผลปรากฏว่า การออกกำลังกายในที่เย็นจะทำงานได้นานกว่าเหนื่อยน้อยกว่าในที่ร้อนและอากาศปกติ

ปี พ.ศ. 2521 สมชาย ประเสริฐศิริพันธ์ (2521 : 5) ได้ศึกษาสมรรถภาพทางกายด้านความอดทนของชายไทยที่มีระดับอายุและอาชีพต่าง ๆ กัน โดยใช้วิธีปั่นจักรยานวัดความสามารถในการทำงานของร่างกาย เมื่ออัตราเต้นของหัวใจสูงถึง 170 ครั้งต่อนาที ($\text{Physical Working Capacity} = \text{PWC}_{170}$) ประชากรเป็นชายไทยจำนวน 625 คน อายุระหว่าง 21-50 ปี มีอาชีพต่าง ๆ กัน ผลปรากฏว่ากลุ่มอายุ 21-30 ปี, 31-40 ปี และ 41 - 50 ปี มีค่าความสามารถในการทำงานของร่างกาย 153.0, 153.7 และ 148.6 วัตต์ หรือ 2.64, 2.56 และ 2.44 วัตต์ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาชีพพบว่า กลุ่มอาชีพคนงานมีค่าสมรรถภาพการทำงาน 150.2 วัตต์ หรือ 2.55 วัตต์ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว กลุ่มอาชีพผู้ฝึกสอนกีฬา ผู้ตัดสินกีฬาและตำรวจมีค่า PWC_{170} เท่ากับ

173.8 วัตต์ หรือ 2.85 วัตต์ ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว และกลุ่มอาชีพเสมียน พนักงานทหารธุรการ และสารบัญชี อาจารย์และนักศึกษามีค่า PWC_{170} เท่ากับ 147.4 วัตต์ หรือ 2.53 วัตต์ ต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว

ปี พ.ศ. 2522 ไพรินทร์ จำลองราษฎร์ (2522 : 54) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างระยะทางการวิ่ง 3 ระยะคือ 800 เมตร 1200 เมตรและ 1600 เมตร กับการทำนาย สมรรถภาพจับออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชาย ใช้การทดสอบสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด โดยการขี่จักรยานตามวิธีของออสตรานด์ (Astrand) ผลปรากฏว่า สัมประสิทธิ์ระหว่างคะแนน การทดสอบเออร์โกเมตริย (Ergometry) กับคะแนนการทดสอบประสิทธิภาพด้วยการวิ่งทั้ง 3 ระยะคือ 800 เมตร 1200 เมตร และ 1600 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.974, 0.976 และ 0.939 ตามลำดับ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ทั้ง 3 ระยะ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตด้วยการวิ่งครั้งแรก กับคะแนนการทดสอบซ้ำทั้ง 3 ระยะ ปรากฏว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.95, 0.98 และ 0.87 ตามลำดับ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่า แบบทดสอบ ประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตด้วยการวิ่งทั้ง 3 ระยะ มีความแม่นยำ (Validity) และความเชื่อถือได้ (Reliability) ในระดับสูง ส่วนแบบทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ไหลเวียนด้วยการวิ่งที่มีความแม่นยำและเชื่อถือได้มากที่สุด คือ แบบทดสอบประสิทธิภาพของ ระบบไหลเวียนโลหิตด้วยการวิ่ง 1,200 เมตร

ปี พ.ศ. 2523 จิตกร ศิริสุขเจริญผล (2523 : 30) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างดรรชนีประสิทธิภาพของร่างกายกับความสามารถในการจับออกซิเจนได้สูงสุดของนักเรียน ชายระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 50 คน อายุระหว่าง 16 - 18 ปี โดยใช้จิตกรโมดิฟายด์ ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ (Thitikorn Modified Harvard Step Test) เป็นแบบ ทดสอบและหาประสิทธิภาพของร่างกายและใช้วิธีการทดสอบของออสตรานด์ (Astrand) ใน การจัดสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ปรากฏว่า สหสัมพันธ์ระหว่างดรรชนี ประสิทธิภาพของร่างกายกับความสามารถในการจับออกซิเจนได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.38 แต่ถ้า น้ำหนักตัวเข้ามาเกี่ยวข้องกับ สหสัมพันธ์จะมีค่าลดลงคือ มีค่าเท่ากับ 0.30

ปี พ.ศ. 2527 สุนทรา กล้าณรงค์ (2527 : 25) ได้ศึกษาสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกายของคนที่มีรูปร่างอ้วนกับคนที่มีรูปร่างผอมในภาวะอุณหภูมิค่อนข้างเย็นและค่อนข้างร้อน กลุ่มทดลองเป็นเพศชายที่มีอายุระหว่าง 18-21 ปี จำนวน 20 คน โดยใช้การทดสอบของออสตรานด์ และไรห์มิง (Astrand and Ryhming) ในการศึกษาสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ปรากฏว่า สมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มคนอ้วนและคนผอม ในภาวะปกติค่อนข้างเย็น และค่อนข้างร้อน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และพบว่าทั้งกลุ่มคนอ้วนและกลุ่มคนผอมมีความสามารถในการจับออกซิเจนได้ดีเมื่อออกกำลังกายในที่ที่มีอุณหภูมิเย็นหรือค่อนข้างต่ำรองลงมาคือ อุณหภูมิปกติ และมีสมรรถภาพการจับออกซิเจนต่ำสุดในอุณหภูมิค่อนข้างร้อน

ในปีเดียวกัน ชนิษฐา พลสวัสดิ์ (2527 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการวิ่งเหยาะและการออกกำลังกายโดยการขี่จักรยานอยู่กับที่ที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย และเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายทั้งสองแบบที่มีต่อสมรรถภาพทางกายโดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชายซึ่งไม่เป็นนักกีฬาของวิทยาลัยหรืออยู่ในโปรแกรมการฝึกซ้อมใด ๆ มาก่อนเป็นเวลา 6 เดือน โดยแบ่งเป็นสองกลุ่มเท่ากันด้วย สมรรถภาพทางกาย หลังการทดสอบก่อนการทดลอง กลุ่มหนึ่งฝึกวิ่งเหยาะและอีกกลุ่มฝึกขี่จักรยานอยู่กับที่ ทั้งสองกลุ่มฝึกโดยให้ความหนักของงานเท่ากับ 70 % ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุดเท่ากัน ทำการฝึก 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ๆ ละ 20 นาที ขณะฝึกทำการวัดสมรรถภาพของร่างกายในด้าน อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย ความดันโลหิตและสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุด เป็นระยะ ๆ คือวัดหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และสิ้นสุดโปรแกรมการฝึกซ้อมสัปดาห์ที่ 8 ผลการวิจัยปรากฏว่า การฝึกขี่จักรยานอยู่กับที่และฝึกวิ่งเหยาะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ความดันโลหิตซิสโตลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และ .05 ตามลำดับ ส่วนความดันโลหิตไดแอสโตลิกไม่มีการเปลี่ยนแปลง และผลการฝึกยังทำให้สมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นด้วยการเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายของกลุ่มขี่จักรยานอยู่กับที่กับกลุ่มวิ่งเหยาะในการทดสอบแต่ละครั้ง พบว่าไม่มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญของอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย ความดันโลหิตซิสโตลิก และไดแอสโตลิก และสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุด

ปี พ.ศ. 2528 ประชุมพร ชำช่อง (2528 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความแตกต่างของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด อันเนื่องมาจากการกำหนดระดับของความหนักของงาน ความถี่ในการฝึกและระยะเวลาการฝึกที่แตกต่างกัน ของนักศึกษาชายวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา อายุ 18-22 ปี จำนวน 66 คน โดยแบ่งออกเป็น 12 กลุ่ม แต่ละกลุ่มทำการฝึกออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยใช้จักรยานวัดงานฝึกตามโปรแกรมการฝึกเฉพาะกลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ฝึก 5 นาทีให้ความหนักของงาน 60 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดฝึกสัปดาห์ละ 1 วัน กลุ่มที่ 2 ฝึก 5 นาทีให้ความหนักของงาน 80 % กลุ่มที่ 3 ฝึก 10 นาทีให้ความหนักของงาน 60 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดฝึกสัปดาห์ละ 1 วัน กลุ่มที่ 4 ฝึก 10 นาที ให้ความหนักของงาน 80 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดฝึกสัปดาห์ละ 1 วัน กลุ่มที่ 5 ฝึก 20 นาทีให้ความหนักของงาน 60 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดฝึกสัปดาห์ละ 1 วัน กลุ่มที่ 6 ฝึก 20 นาที ให้ความหนักของงาน 80 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดฝึกสัปดาห์ละ 1 วัน กลุ่มที่ 7 ฝึก 5 นาที ให้ความหนักของงาน 60 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดสัปดาห์ละ 3 วัน กลุ่มที่ 8 ฝึก 5 นาที ให้ความหนักของงาน 80 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน กลุ่มที่ 9 ฝึก 10 นาที ให้ความหนักของงาน 80 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน กลุ่มที่ 10 ฝึก 10 นาที ให้ความหนักของงาน 80 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน กลุ่มที่ 11 ฝึก 20 นาที ให้ความหนักของงาน 60 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน กลุ่มที่ 12 ฝึก 20 นาที ให้ความหนักของงาน 80 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน ทุกคนเข้ารับการทดสอบสมรรถภาพทางกายก่อนการฝึก และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า

1. การเปรียบเทียบค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายพบว่า กลุ่มที่ 2, 5, 7, 9, 10, 11 และ 12 มีสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด หลังฝึกเพิ่มขึ้นแตกต่างจากก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 กลุ่มที่ 1, 3, 4 และ 8 มีสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดหลังฝึกเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การเปรียบเทียบสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด หลังฝึกระหว่างกลุ่มฝึกออกกำลังกาย 12 กลุ่มพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ความถี่ในการฝึกมีผลต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปี พ.ศ. 2529 ไพฑูรย์ แยมประสวน (2529 : ง) ได้ศึกษาผลของการอบอุ่นร่างกายที่มีช่วงเวลานักแตกต่างกัน ต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดและการปรับตัวของระบบไหลเวียนโลหิต เมื่อออกกำลังกายถึงระดับเกือบสูงสุด ด้วยวิธีของออสตรานด์ โดยผู้เข้ารับการทดลอง เป็นนักกีฬาในระดับนักเรียนชายรุ่นใหญ่ จำนวน 12 คน อายุ 17 - 18 ปี น้ำหนัก 56 - 62 กิโลกรัม ส่วนสูง 165 - 174 เซนติเมตร โดยแต่ละคนจะต้องอบอุ่นร่างกายด้วยการถีบจักรยานวัดงาน ที่ระดับของงานที่จะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงถึงประมาณ 140 ครั้ง/นาที และหลังจากอบอุ่นร่างกายแล้ว นั่งพักเป็นเวลา 30, 60 และ 90 วินาทีก่อนออกกำลังกายด้วยงานเฉพาะกิจ และทุกคนต้องออกกำลังกายด้วยงานเฉพาะกิจ โดยไม่อบอุ่นร่างกายอีกด้วย งานเฉพาะกิจที่ต้องทำคือ เริ่มถีบจักรยานวัดงานที่ระดับของงาน 900 กิโลปอนด์-เมตร/นาที เป็นเวลา 6 นาที หลังจากนั้นความหนักของงานจะเพิ่มขึ้นอีก 150 กิโลปอนด์-เมตร/นาที ทุก ๆ 2 นาทีถัดไป จะหยุดการทำงานเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจสูงถึงประมาณ 180 ครั้ง/นาที แล้ววัดสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด โดยการทำนายจากอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานตามวิธีของออสตรานด์ และไรท์มิง และวัดการปรับตัวของระบบไหลเวียนโลหิต 5 รายการ คือ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักก่อนการทดลอง ความดันโลหิตเฉลี่ยขณะพักก่อนการทดลอง อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัว และความดันโลหิตเฉลี่ยขณะฟื้นตัว ผลการวิจัยพบว่า การอบอุ่นร่างกายที่มีช่วงเวลานักแตกต่างกัน และการไม่อบอุ่นร่างกาย มีสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด และการปรับตัวของระบบไหลเวียนโลหิต ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .05

สมมติฐานในการศึกษาครั้งนี้ว่า

1. ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชายที่ได้จากการทดสอบทุกวิธี มีความสัมพันธ์กัน
2. ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาหญิงที่ได้จากการทดสอบทุกวิธี มีความสัมพันธ์กัน
3. ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาชายที่ได้จากการทดสอบทุกวิธี ไม่แตกต่างกัน
4. ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของนักศึกษาหญิงที่ได้จากการทดสอบทุกวิธี ไม่แตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การดำเนินการศึกษาค้นคว้า กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง วิธีดำเนินการทดลอง ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนิสิตภาควิชาพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา อายุระหว่าง 18 - 25 ปี เป็นชาย 30 คน หญิง 30 คนรวมทั้งสิ้น 60 คน คัดโดยวิธีอาสาสมัคร เนื่องจากการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) ทั้งในห้องทดลองและในภาคสนาม เป็นงานที่ทำในภาวะเกือบสูงสุด (Submaximal Work) และสูงสุด (Maximal Work) ซึ่งเป็นงานที่ผู้รับการทดสอบต้องใช้ความพยายามมากจึงจำเป็นต้องคัดเลือกเฉพาะผู้ที่สมัครใจจริง ๆ เท่านั้น และผู้รับการทดสอบทุกคนเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี จากการสำรวจประวัติสุขภาพ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย แบบทดสอบ 2 แบบคือ

(1) แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในห้องทดลอง (Laboratory Tests) ซึ่งประกอบด้วย

1.1 แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของออสตรานด์และไรห์มิง (Astrand and Ryhming)

1.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของวาลลุนด์ (Wahlund) หรือที่เรียกโดยย่อว่า พี ดับเบิลยู ซี - 170 (PWC_{170}) เป็นแบบทดสอบที่สามารถวัดปริมาณงานที่ร่างกายสามารถทำได้ เมื่อออกกำลังกายจนอัตราหัวใจเพิ่มขึ้นถึง 170 ครั้งต่อนาที (Physical Working Capacity at Heart Rate 170)

1.3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของ ไอ ซี เอส พี เทพ ที่ (ICSPFT) หรือของคณะกรรมการทดสอบสมรรถภาพทางกายมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Committee for Standardization of Physical Fitness Test)

1.4 แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดลู่กลของบอลก (Balke Treadmill)

(รายละเอียดดูในภาคผนวก)

อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. จักรยานวัดงานแบบโมนาร์ค (Monark Bicycle Ergometer) ผลิตภัณฑ์ของประเทศเยอรมัน

2. ลู่กล (Teradmill) ผลิตภัณฑ์ของประเทศเยอรมัน

3. เครื่องตรวจฟังหัวใจ (Stethoscope) ผลิตภัณฑ์ของลิตทแมน (LITTMAN) ประเทศสหรัฐอเมริกา

4. เครื่องวัดชีพจร (Pulse meter) ผลิตภัณฑ์ของคิสเซล (KISSEL) ประเทศญี่ปุ่น

5. เครื่องให้จังหวะ (Metronome) ผลิตภัณฑ์ของยามาฮา (YAMAHA) ประเทศญี่ปุ่น

6. นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch) ผลิตภัณฑ์ของไซโก (SEIKO) ประเทศญี่ปุ่น ที่สามารถบอกเวลาได้ละเอียดถึง 1/100 วินาที

7. นาฬิกาตั้งโต๊ะ ผลิตภัณฑ์ของจังก์ฮานส์ (JUNGHANS) ประเทศเยอรมัน
8. เครื่องชั่งน้ำหนักตัว และ ส่วนสูงแบบมาตรฐานสากล (Continental Scale) ผลิตภัณฑ์ของดีเทคโต - มิติก (DETECTO - MEDIC) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งชั่งน้ำหนัก และวัดส่วนสูงได้พร้อมกัน

9. ใบบันทึกผลการทดสอบ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก)

(2) แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในภาคสนาม (Field Tests) ซึ่งประกอบด้วย

2.1 วิ่ง 12 นาที (Cooper 12 minutes Test) ตามแบบของคูเปอร์ (Cooper. 1970 : 29 - 30)

2.2 วิ่ง 1.5 ไมล์ (Cooper 1.5 miles Test) หรือ 2,400 เมตร ตามแบบของคูเปอร์ (Cooper. 1970 : 31 - 34)

(รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก)

อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch) ผลิตภัณฑ์ของไซโก (SEIKO) ประเทศญี่ปุ่นที่สามารถบอกเวลาได้ละเอียดถึง 1/100 วินาที
2. ระยะทางวิ่งที่ถูกต้องตั้งแต่เส้นเริ่มถึงเส้นชัย ลู่วิ่งเรียบ และอยู่ในสภาพดี โดยใช้ลู่วิ่งในสนามศุภชลาศัย

การแต่งกายของผู้รับการทดสอบ

ผู้รับการทดสอบทุกคนแต่งกายในลักษณะเดียวกันทุกครั้งที่มาทดสอบคือ อยู่ในชุดวอร์ม โดยสวมเสื้อยืด กางเกงยืดยาว และรองเท้าผ้าใบ

สถานที่ทดลอง

1. สถานที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในห้องทดลองใช้ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยาการออกกำลังกาย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. สถานที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในภาคสนาม ใช้สนามศุภชลาศัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดของแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในห้องทดลองและในภาคสนาม เพื่อให้เข้าใจในวิธีการฝึกทุก ๆ แบบทดสอบ
2. อธิบายและสาธิตวิธีดำเนินการทดสอบแก่ผู้รับการทดสอบ เพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการทดสอบ และรายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเตรียมตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก)
3. ชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงของผู้รับการทดสอบโดยไม่มีใส่รองเท้า
4. ก่อนการทดสอบให้ผู้รับการทดสอบนั่งพักอย่างน้อยประมาณ 15 นาที ต่อจากนั้นวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก
5. ถ้าผู้รับการทดสอบเหนื่อยหรืออัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าอัตราการเต้นของหัวใจปกติ จะไม่ทำการทดสอบในวันนั้น จะนัดวันเวลาใหม่ในครั้งต่อไป
6. ทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกแบบ
7. ทุกครั้งที่ทำการทดสอบ ผู้รับการทดสอบแต่ละคนทำในเวลาและอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน

8. การทดสอบแต่ละครั้ง จะทำแบบทดสอบใดก่อนก็ได้ แต่ในผู้รับการทดสอบแต่ละคน จะไม่มีการทดสอบเกิน 1 แบบทดสอบในวันเดียวกัน และการทดสอบของผู้รับการทดสอบแต่ละคน ในแต่ละแบบทดสอบจะห่างกันไม่เกิน 1 สัปดาห์

9. ทำการทดสอบซ้ำ หากมีความผิดปกติใด ๆ หรือข้อสงสัยเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังคงปฏิบัติตามข้อที่กล่าวมาข้างต้นทุกประการ

10. ในการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ขอร้องให้ผู้รับการทดสอบทำการทดสอบด้วยความตั้งใจและให้ดีที่สุด โดยเฉพาะการวิ่ง 12 นาที และ 1.5 ไมล์ (2,400 เมตร) เป็นงานที่เคลื่อนที่ (Dynamic) มีความเร็วและระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้อง อาจเกิดผลเสียทางด้านจิตใจได้ ซึ่งจะทำให้ได้ระยะทางหรือเวลาในการทดสอบไม่ดีเท่าที่ควร จึงจำเป็นต้องมีการกระตุ้นผู้รับการทดสอบให้วิ่งให้ได้ดีที่สุด

วิธีจัดการกับข้อมูล

1. ติดต่อขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อขอความร่วมมือจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา ในการอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างและสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ และขอความร่วมมือจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบและเจ้าหน้าที่ทำการทดสอบ

2. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์และเจ้าหน้าที่เพื่อความพร้อมในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. ฝึกหัดผู้ช่วยเหลือในการทดสอบและเก็บข้อมูล โดยอธิบายชี้แจงวิธีการปฏิบัติและรายละเอียดต่าง ๆ ในการทดสอบให้เข้าใจตรงกัน

4. กำหนดวัน และเวลาที่จะทำการทดสอบ เพื่อความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล เวลาทำการทดสอบอยู่ในช่วงเวลา 13.00 - 17.00 น.

5. จากการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องต่อไปนี้

- 5.1 อายุ ส่วนสูง และน้ำหนักของผู้รับการทดสอบ
- 5.2 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก
- 5.3 ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ
- 5.4 เวลา และอุณหภูมิขณะทำการทดสอบ

6. ในการบันทึกข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำใบบันทึกประจำตัวผู้รับการทดสอบเป็นรายบุคคล แล้วจึงนำข้อมูลมาบันทึกรวม เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. คำนวณหาค่าคะแนนเฉลี่ยของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก และผลการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ของกลุ่มทดสอบแต่ละรายการทุกวิธีทดสอบ
2. คำนวณหาค่าของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อดูลักษณะการกระจายของข้อมูลของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก และผลการทดสอบ หาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดสอบแต่ละรายการทุกวิธีทดสอบ
3. หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (Intercorrelation) ของผลการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีการทดสอบ โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product - moment Correlation Coefficient)
4. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียววัดซ้ำ (One-Way Analysis of Variance with Repeated Measures)
5. ถ้าพบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของนิวแมน - คูลส์ (Newman - Keuls Method)
6. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกรายการ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ และสูตรที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. การหาค่าเฉลี่ย โดยใช้สูตร (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2530 : 41)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

n แทน จำนวนผู้เข้ารับการทดลองในกลุ่ม

2. การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สูตร (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2530 : 74)

$$S = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X^2 แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนผู้เข้ารับการทดลองในกลุ่ม

3. หาคความสัมพันธ์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์ของเพียร์สัน (Pearson Product - moment Correlation Coefficiency) (ชูศรี วงศ์วิริยะ. 2530 : 322)

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2] [N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy}	แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
$\sum X$	แทน ผลรวมของคะแนนชุด X
$\sum Y$	แทน ผลรวมของคะแนนชุด Y
$\sum X^2$	แทน ผลรวมของคะแนน X แต่ละตัว ยกกำลังสอง
$\sum Y^2$	แทน ผลรวมของคะแนน Y แต่ละตัว ยกกำลังสอง
$\sum xy$	แทน ผลรวมของผลคูณระหว่าง x กับ y ทุกคู่
N	แทน จำนวนคนของกลุ่มทดลอง

4. ทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียววัดซ้ำ (One-Way Analysis of Variance with Repeated Measure) (Winer. 1971 : 870 - 873) โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 3

ตาราง 3 วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียววัดซ้ำ

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	หมายเหตุ
ระหว่างกลุ่ม (between groups)	(4)-(1)	n - 1			(1) = $\frac{G^2}{kn}$
ภายในกลุ่ม (within groups)	(2)-(4)	n(k - 1)	$\frac{MS_{tr}}{MS_r}$		(2) = $\sum \sum X^2$
การให้การรักษา (treatment)	(3)-(1)	k - 1	$\frac{(3)-(1)}{k - 1}$		(3) = $\sum T_j^2 / n$
ส่วนเหลือ (residual)	(2)-(3) -(4)+(1)	(n - 1) (k - 1)	$\frac{(1)+(2)-(3)-(4)}{(N - 1)(k - 1)}$		(4) = $\frac{\sum P_1^2}{k}$
รวม (Total)	(2)-(1)	kn - 1			

5. จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ถ้าพบว่าคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรที่ทำการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยเป็นรายคู่ตามวิธีของนิวแมน - คูลส์ (Newman - Keuls Method) ซึ่งใช้สูตร ดังนี้ (Winer. 1971 : 270 - 271)

$$q_r = \frac{T_j - T_{j'}}{\sqrt{n MS_{res}}}$$

เมื่อ q แทน ค่าวิกฤต

r แทน ความห่างของอันดับของคะแนนเฉลี่ย

T_j แทน ผลรวมของตัวแปรที่มากกว่า

$T_{j'}$ แทน ผลรวมของตัวแปรที่น้อยกว่า

n แทน จำนวนผู้รับการทดลองในกลุ่มตัวอย่าง

MS_{res} แทน ความคลาดเคลื่อนของความแปรปรวน

(Mean Square Error)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลศึกษาค้นคว้า

ข้อตกลงเกี่ยวกับการวิเคราะห์และแปลผล

$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F	แทน	ค่าทดสอบความแปรปรวนใน F-distribution
SS	แทน	ผลรวมของความเบี่ยงเบนกำลังสอง
MS	แทน	ค่าของความแปรปรวน
MS_B	แทน	ค่าของความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม
MS_W	แทน	ค่าของความแปรปรวนภายในกลุ่ม
df	แทน	ชั้นของความเบี่ยงเบนอิสระ
q	แทน	ค่าสถิติที่ระดับนัยสำคัญต่าง ๆ
r	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (∞ - coefficient)
N	แทน	จำนวนผู้รับการทดสอบ
K	แทน	วิธีการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง
r_{xy}	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการศึกษาค้นคว้า

ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้แบ่งเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ทุกวิธีทดสอบ ของเพศชายและเพศหญิง

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (Intercorrelation) ของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ทุกวิธีทดสอบ ของเพศชายและเพศหญิง โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product-moment Correlation Coefficient)

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศชายและเพศหญิง มาทดสอบความแตกต่าง โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียววัดซ้ำ (One-Way Analysis of Variance with Repeated Measure)

หากพบความแตกต่าง ใช้การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีนิวแมนคูลส์ (Newman-Keuls Method)

ตอนที่ 1

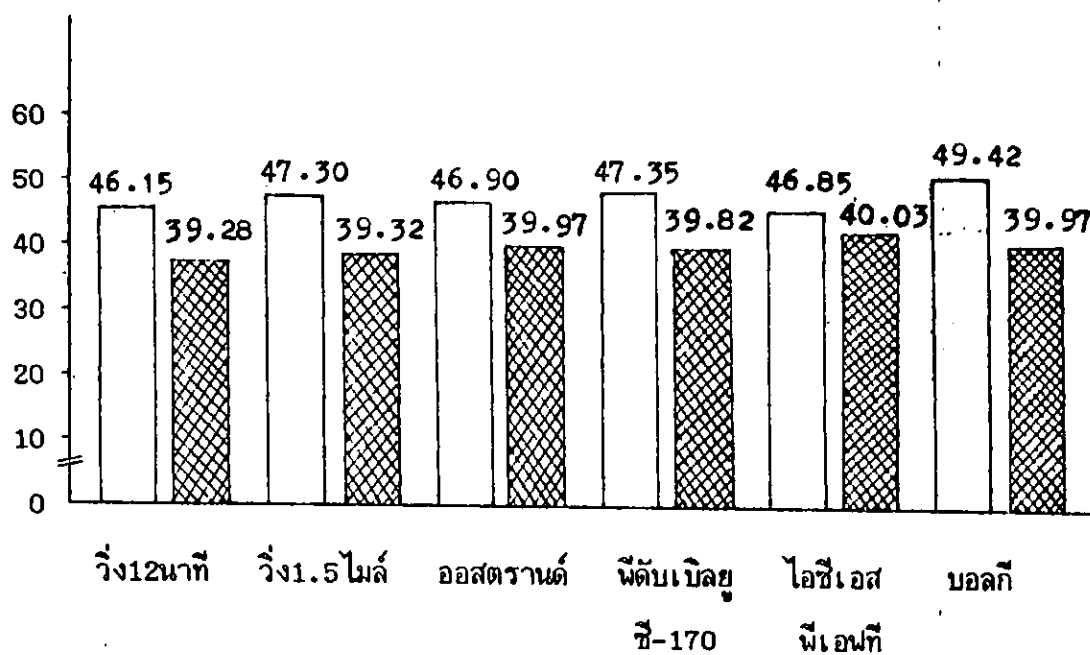
หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของกลุ่มทดสอบโดยแบ่งตามเพศชายและเพศหญิง ดังปรากฏตามตาราง 4

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของกลุ่มทดสอบโดยแบ่งตามเพศชายและเพศหญิง

เพศ	N	วิ่ง12นาที วิ่ง1.5ไมล์ ออสตรานด์ นีตัมเบลชชี170 ไอซีเอสพีเอพี บอลกี											
		$\bar{X}$ (มล./ กก./ นาที)	S.D.	$\bar{X}$ (มล./ กก./ นาที)	S.D.	$\bar{X}$ (มล./ กก./ นาที)	S.D.	$\bar{X}$ (มล./ กก./ นาที)	S.D.	$\bar{X}$ (มล./ กก./ นาที)	S.D.	$\bar{X}$ (มล./ กก./ นาที)	S.D.
ชาย	30	46.15	2.92	47.30	3.27	46.90	3.23	47.35	2.81	46.85	2.68	49.42	2.36
หญิง	30	39.28	2.46	39.32	2.27	39.97	2.50	39.82	2.75	40.03	2.26	39.97	2.76

จากตาราง 4 แสดงว่า ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ของกลุ่มทดสอบ ซึ่งแบ่งตามเพศชายและเพศหญิง ทุกวิธีทดสอบมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ เพศชายมีค่าเฉลี่ย 46.15, 47.30, 46.90, 47.35, 46.85 และ 49.42 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ ในขณะที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.92, 3.27, 3.23, 2.81, 2.68 และ 2.36 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ ส่วนเพศหญิงมีค่าเฉลี่ย 39.28, 39.32, 39.97, 39.82, 40.03 และ 39.97 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ ในขณะที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.46, 2.27, 2.50, 2.75, 2.26 และ 2.76 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ

ความสามารถในการ
จับออกซิเจนสูงสุด
(มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)



(แบบทดสอบวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด)

□ เพศชาย

▨ เพศหญิง

ภาพประกอบ 1 เปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ทุกวิธีทดสอบ
ของเพศชายและเพศหญิง

ตอนที่ 2

หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (Intercorrelation) ของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ของเพศชายและเพศหญิง ทุกวิธีทดสอบ อันได้แก่ แบบทดสอบวิ่ง 12 นาทีของคูเปอร์ แบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไวท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกกลของบอลกี โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product-moment Correlation Coefficient) ดังปรากฏตามตาราง 5 และ 6

ตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ของแบบทดสอบแต่ละคู่ ของเพศชาย

รายการทดสอบ	วิ่ง12นาที	วิ่ง1.5ไมล์	ออสตรานด์	พีดับเบิลยูซี-170	ไอซีเอสพีเอฟที	บอลกี
วิ่ง 12 นาที	1.000	0.816**	0.753**	0.771**	0.680**	0.782**
วิ่ง 1.5 ไมล์		1.000	0.616**	0.755**	0.689**	0.688**
ออสตรานด์			1.000	0.773**	0.685**	0.728**
พีดับเบิลยูซี-170				1.000	0.842**	0.717**
ไอซีเอสพีเอฟที					1.000	0.735**
บอลกี						1.000

** P < .01 (r = .463)

จากตาราง 5 แสดงว่า ผลการทดสอบแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ของเพศชาย รายการแบบทดสอบวิ่ง 12 นาทีของคูเปอร์ มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับสูงกับรายการแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไวท์นิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยูซี-170 และแบบทดสอบลูกบอลของบอลลี่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.816, 0.753, 0.771 และ 0.782

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับสูงกับแบบทดสอบ พี ดับเบิลยู ซี-170 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.755

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบออสตรานด์ และไวท์นิง มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับสูงกับแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 และแบบทดสอบลูกบอลของบอลลี่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.773 และ 0.728 ตามลำดับ

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับสูงกับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกบอลของบอลลี่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.842 และ 0.717 ตามลำดับ

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับสูงกับแบบทดสอบลูกบอลของบอลลี่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.735

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของเพศชาย รายการแบบทดสอบวิ่ง 12 นาทีของคูเปอร์ มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับปานกลางกับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.680

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ มีความสัมพันธ์เชิงนิมานในระดับปานกลางกับแบบทดสอบออสตรานด์ และไวท์มิง แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกกลของบอลกี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.616, 0.689 และ 0.688 ตามลำดับ

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบออสตรานด์ และไวท์มิง มีความสัมพันธ์เชิงนิมานในระดับปานกลางกับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.685

ตาราง 6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบแต่ละคู่ ของเพศหญิง

รายการทดสอบ	วิ่ง12นาที	วิ่ง1.5ไมล์	ออสตรานด์	พีดับเบิลยูซี-170	ไอซีเอสพีเอฟที	บอลกี
วิ่ง 12 นาที	1.000	0.844**	0.836**	0.778**	0.766**	0.862**
วิ่ง 1.5 ไมล์		1.000	0.753**	0.775**	0.768**	0.797**
ออสตรานด์			1.000	0.856**	0.911**	0.843**
พีดับเบิลยูซี-170				1.000	0.900**	0.776**
ไอซีเอสพีเอฟที					1.000	0.826**
บอลกี						1.000

** $P < .01$ ($r = .463$)

จากตาราง 6 แสดงว่า ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ของเพศหญิง รายการแบบทดสอบวิ่ง 12 นาทีของคูเปอร์ มีความสัมพันธ์เชิงนิมานในระดับสูงกับ

รายการแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกกลของบอลกี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.844, 0.836, 0.778, 0.766 และ 0.862 ตามลำดับ

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับสูงกับแบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกกลของบอลกี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.753, 0.775, 0.768 และ 0.797 ตามลำดับ

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับสูงกับแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 และแบบทดสอบลูกกลของบอลกี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.856 และ 0.843 ตามลำดับ

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับสูงกับแบบทดสอบลูกกลของบอลกี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.776

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับสูงกับแบบทดสอบลูกกลของบอลกี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.826

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของเพศหญิง รายการแบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับสูงมากกับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.911

ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 มีความสัมพันธ์เชิงนิมิตในระดับสูงมากกับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($r = .463$) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.900

ตอนที่ 3

วิเคราะห์ข้อมูลของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบของเพศชายและเพศหญิง มาทดสอบความแตกต่างโดย วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียววัดซ้ำ (One-Way Analysis of Variance with Repeated Measure) ดังปรากฏตามตาราง 7 และ 9

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียววัดซ้ำ ของค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศชาย

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	1124.3152	29		
ภายในกลุ่ม	520.9704	150		
การให้การกระทำ	185.1855	5	37.0371	15.99**
ส่วนเหลือ	335.7849	145	2.3158	
ทั้งหมด	1645.2856	179		

$$** p < .01 (F_{5, 145} = 3.02)$$

จากตาราง 7 แสดงว่า ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ของเพศชาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งค่า F เท่ากับ 15.99

ผลจากตาราง 7 พบว่า ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ของเพศชาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นจึงนำมาวิเคราะห์เป็นรายคู่ ด้วยวิธี นิวแมนคูลส์ (Newman-Keuls Method) ดังปรากฏตามตาราง 8

ตาราง 8 ผลการทดสอบรายคู่ ของแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ทุกวิธีทดสอบของเพศชาย

รายการแบบทดสอบ	X	1	2	3	4	5	6	r	$q_{.05}(r, 145)$
		1384.5	1405.64	1407	1419	1420.64	1482.6		
1 วิ่ง 12 นาที	1384.5	-	21.14	22.5	34.5	36.14	98.1**	2	30.28
2 ไอซีเอสพีเอฟที	1405.64		-	1.36	13.36	15	76.96**	3	34.27
3 ออสตรานด์	1407			-	12	13.64	75.6**	4	36.60
4 วิ่ง 1.5 ไมล์	1419				-	1.64	63.6**	5	38.27
5 นีดับเบิลยูซี-170	1420.64					-	61.96**	6	39.60
6 บอลกี	1482.6						-		

r = 2 3 4 5 6

$$q_r = \sqrt{n MS_{res}} = 8.32$$

$q_{.05}(r, 145)$ 3.64 4.12 4.40 4.60 4.76

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 8 แสดงว่า

1. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที ไม่แตกต่างกัน
2. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบบอสตรานด์ และไวท์มิง ไม่แตกต่างกัน
3. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ ไม่แตกต่างกัน
4. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 ไม่แตกต่างกัน
5. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบลูกกลของบอลก็ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
6. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที กับแบบทดสอบบอสตรานด์ และไวท์มิง ไม่แตกต่างกัน
7. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที กับแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ ไม่แตกต่างกัน
8. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที กับแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 ไม่แตกต่างกัน
9. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที กับแบบทดสอบลูกกลของบอลก็ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
10. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบบอสตรานด์ และไวท์มิง กับแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ ไม่แตกต่างกัน
11. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบบอสตรานด์ และไวท์มิง กับแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 ไม่แตกต่างกัน

12. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง กับแบบทดสอบลูกลของบอลกี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

13. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 ไม่แตกต่างกัน

14. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบลูกลของบอลกี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

15. ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 กับแบบทดสอบลูกลของบอลกี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียววัดซ้ำ ของค่าเฉลี่ยความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิถีทดสอบ ของเพศหญิง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	925.5827	29		
ภายในกลุ่ม	187.4437	150		
การให้การรักษา	17.5386	5	3.50772	2.99
ส่วนเหลือ	169.9051	145	1.17175931	
ทั้งหมด	1113.0264	179		

$$**P < .01 \text{ (} F_{5,145} = 3.02 \text{)}$$

จากตาราง 9 แสดงว่า ผลการทดสอบแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิถีทดสอบของเพศหญิง ไม่แตกต่างกัน

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อทราบผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ของกลุ่มที่ทดสอบในห้องทดลอง และในภาคสนาม
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของทุกวิธีทดสอบ
3. เพื่อเปรียบเทียบผลของการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดระหว่าง กลุ่มที่ทดสอบด้วยแบบทดสอบออสตรานด์และไวท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 (PWC_{170}) แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที (ICSPFT) แบบทดสอบลูกบอลกับแบบทดสอบวิ่ง 12 นาที และแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดของแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ในห้องทดลอง และในภาคสนาม เพื่อให้เข้าใจในวิธีการฝึกทุก ๆ แบบทดสอบ
2. อธิบายและสาธิตวิธีดำเนินการทดสอบแก่ผู้รับการทดสอบ เพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการทดสอบ และรายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเตรียมตัวของผู้รับการทดสอบ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก)
3. ชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงของผู้รับการทดสอบ โดยไม่ใส่รองเท้า

4. ก่อนการทดสอบให้ผู้รับการทดสอบนั่งพักอย่างน้อยประมาณ 15 นาที ต่อจากนั้นวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

5. ถ้าผู้รับการทดสอบเหนื่อยหรืออัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าอัตราการเต้นของหัวใจปกติ จะไม่ทำการทดสอบในวันนั้น จะนัดวันเวลาใหม่ในครั้งต่อไป

6. ทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกแบบทดสอบ

7. ทุกครั้งที่ทำการทดสอบ ผู้รับการทดสอบแต่ละคนทำในเวลาและอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน

8. การทดสอบแต่ละครั้งจะทำแบบทดสอบใดก่อนก็ได้ แต่ในผู้รับการทดสอบแต่ละคนจะไม่มีการทดสอบเกิน 1 แบบทดสอบในวันเดียวกัน และการทดสอบของผู้รับการทดสอบแต่ละคนในแต่ละแบบทดสอบจะห่างกันไม่เกิน 1 สัปดาห์

9. ทำการทดสอบซ้ำหากมีความผิดปกติใด ๆ หรือข้อสงสัยเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังคงปฏิบัติตามข้อที่กล่าวมาข้างต้นทุกประการ

10. ในการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ขอร้องให้ผู้รับการทดสอบทำการทดสอบด้วยความตั้งใจและให้ดีที่สุด โดยเฉพาะการวิ่ง 12 นาที และ 1.5 ไมล์ (2,400 เมตร) เป็นงานที่เคลื่อนไหว (Dynamic) มีความเร็วและระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้อง อาจเกิดผลเสียทางด้านจิตใจได้ ซึ่งจะทำให้ได้ระยะทางหรือเวลาในการทดสอบไม่ดีเท่าที่ควร จึงจำเป็นต้องมีการกระตุ้นผู้รับการทดสอบให้วิ่งให้ได้ดีที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผลการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ของกลุ่มทดสอบ แต่ละรายการทุกวิธีทดสอบ

2. หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (Intercorrelation) ของผลการทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product-moment Correlation Coefficient)

3. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียววัดซ้ำ (One-Way Analysis of Variance with Repeated Measures)

4. ถ้าพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ นิวแมน-คูลส์ (Newman-Keuls Method)

5. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกรายการ

สรุปผลการค้นคว้า

1. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศชาย มีผลดังต่อไปนี้

1.1 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 12 นาทีของคูเปอร์ กับแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 และแบบทดสอบลูกกลของบอลก็ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.2 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.3 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบออสตรานด์และไรท์มิง กับแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 และแบบทดสอบลูกกลของบอลก็ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.4 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 กับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกกลของบอลก็ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.5 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที กับแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.6 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 12 นาทีของคูเปอร์ กับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.7 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบออสตรานด์และไวท์มิง แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.8 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบออสตรานด์และไวท์มิง กับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศหญิง มีผลดังต่อไปนี้

2.1 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 12 นาทีของคูเปอร์ กับแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์และไวท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบออสตรานด์และไวท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.3 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบออสตรานด์และไวท์มิง กับแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 และแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมานในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.4 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 กับแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมิตในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.5 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ ไอ ซี เอส พี เอฟ ที กับแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมิตในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.6 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ ออสตรานด์และไทร์นิง กับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมิตในระดับสูงมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.7 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ พี ดับเบิลยู ซี-170 กับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมิตในระดับสูงมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของเพศชาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ผลการทดสอบแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของเพศชาย ซึ่งนำมาเปรียบเทียบเป็นรายคู่ โดยวิธีของ นิวแมน คูลส์ (Newman-Keuls Method) พบว่า

4.1 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ วิง 12 นาทีของคูเปอร์ กับแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที แบบทดสอบออสตรานด์ และไทร์นิง แบบทดสอบวิง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ และแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 ไม่แตกต่างกัน

4.2 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ วิง 12 นาทีของคูเปอร์ กับแบบทดสอบลูกกลของบอลก๊ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.3 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ ไอ ซี เอส พี เอฟ ที กับแบบทดสอบออสตรานด์ และไทร์นิง แบบทดสอบวิง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ และแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 ไม่แตกต่างกัน

4.4 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ ไอ ซี เอส พี เอฟ ที กับแบบทดสอบลูกลของบอลก๊ี้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.5 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ ออสตรานด์ และไทร์มิ่ง กับแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 ไม่แตกต่างกัน

4.6 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ ออสตรานด์ และไทร์มิ่ง กับแบบทดสอบลูกลของบอลก๊ี้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.7 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ วิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 ไม่แตกต่างกัน

4.8 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ วิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ กับแบบทดสอบลูกลของบอลก๊ี้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.9 ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบ พี ดับเบิลยู ซี-170 กับแบบทดสอบลูกลของบอลก๊ี้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. ผลการทดสอบแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบของเพศหญิง ไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผล

1. ความสัมพันธ์ของแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด

จากผลการวิจัยพบว่า ผู้รับการทดสอบส่วนใหญ่สามารถทำแบบทดสอบได้สอดคล้องกัน ในทางดี ตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ ความสัมพันธ์ของผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทุกวิธีทดสอบทั้งเพศชายและเพศหญิง อันได้แก่ แบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ (Cooper 12 minutes Test) แบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ (Cooper 1.5 miles Test) แบบทดสอบออสตรานด์ และไรห์มิง (Astrand and Ryhming) แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 (PWC_{170}) แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที (ICSPFT) และแบบทดสอบลูกลูกของบอลกี (Balke Treadmill) สัมพันธ์กันเชิงนิมิตในระดับปานกลาง สูง และสูงมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นเราก็สามารถเลือกใช้แบบทดสอบแบบใดแบบหนึ่งใน 6 แบบนี้ วัดสมรรถภาพทางกาย วัดสมรรถภาพการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิต และประสิทธิภาพในการทำงานได้ ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ แนนน้อย สงวนวิทย์ (2516 : 50) ที่พบว่า เราสามารถเลือกใช้แบบทดสอบเออร์โกเมตรี และแบบทดสอบฮาร์วาร์ดสเต็ปเทสต์ ทำนายการวิ่งระยะทาง 1,500 เมตรได้ เพราะแบบทดสอบเออร์โกเมตรีและแบบทดสอบฮาร์วาร์ดสเต็ปเทสต์ ใช้วัดความอดทนทางร่างกายประเภทที่ระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตจะต้องทำงานประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถที่จะเลือกใช้แบบทดสอบแบบใดแบบหนึ่งใน 3 แบบนี้ วัดความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานได้

แบบทดสอบวิ่ง 12 นาที และแบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ เป็นการทดสอบในภาคสนาม ซึ่งการวิ่งนั้นเป็นการทำงานประเภทที่ระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตจะต้องทำงานประสานกันได้ดี ปัจจัยที่ทำให้ระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตสามารถทำงานประสานกันได้ดีนั้นประกอบด้วย

1. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการวิ่ง
2. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อหัวใจ และประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิต
3. ประสิทธิภาพของปอด ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าผู้ที่ทดสอบหาความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด โดยใช้ในการทดสอบวิ่ง 12 นาที และ วิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ เพื่อให้ได้ปริมาณการจับออกซิเจนสูงสุด จะต้องมีการปัจจัยทั้งหมดนี้ โดยคูเปอร์ (Cooper. 1970 : 29 - 30) ก็ได้

อธิบายไว้ว่า การวิ่ง 12 นาที เป็นระยะเวลาที่นานพอต่อการออกกำลังกายแบบแอโรบิค อันหมายถึง การออกกำลังกายที่เกี่ยวกับการประสานงานของหัวใจและปอด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในร่างกาย เป้าหมายคือ การเพิ่มออกซิเจนให้มากที่สุดในเวลาจำกัด เพื่อนำออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกายนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการหายใจ ความถี่ และปริมาตรออกซิเจน ความสามารถในการสูดฉีดโลหิต อันเป็นประสิทธิภาพในการนำออกซิเจนไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ผลจากการนี้ทำให้กล้ามเนื้อที่ใช้ในกล้ามเนื้อของร่างกายทุกส่วนแข็งแรงขึ้น โดยการสูดฉีดโลหิตของหัวใจมีประสิทธิภาพและได้ปริมาณมากขึ้น กล่าวง่าย ๆ คือ การออกกำลังขึ้นกับประสิทธิภาพของปอด หัวใจ และการลำเลียงออกซิเจน ความสามารถลำเลียงออกซิเจน จึงเป็นดัชนีที่ดีที่สุดในการวัดสมรรถภาพของร่างกาย (จรรยาพร ชวณรินทร์. 2525 : 253) ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยของคูเปอร์ (Cooper. 1968 : 201 - 204) ได้ศึกษาความแม่นยำของค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในการวิ่ง 12 นาที กับค่าจับออกซิเจนสูงสุดปรากฏว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความสัมพันธ์เท่ากับ .90 เขาจึงสรุปว่า การวิ่งในกำหนดระยะทาง 1.5 ไมล์ หรือในเวลา 12 นาที ใช้เป็นเครื่องทดสอบสมรรถภาพในการจับออกซิเจน หรือความสามารถในการทำงานของร่างกายได้ ทั้งยังเป็นการทดสอบแบบง่าย ทำในสนามได้ครั้งละหลายคน ดังนั้นการวิ่ง 12 นาที และวิ่ง 1.5 ไมล์ จึงจำเป็นต่อการคาดคะเนอย่างเที่ยงตรงในการวัดหาปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ใช้ไป (Cooper. 1970 : 32)

แบบทดสอบออสตรานด์ แบบทดสอบบี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที่ เป็นการทดสอบโดยใช้จักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer) เพื่อวัดประสิทธิภาพหรือวัดความสามารถของร่างกายในการทำงาน ซึ่งออสตรานด์ (Astrand. 1979 : 9) ได้กล่าวไว้ว่า การที่ร่างกายมีสมรรถภาพดีนั้น หมายถึง สภาพของหัวใจ และการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพในการทำงานนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถของร่างกายที่จะจับออกซิเจนเข้าไปใช้ขณะทำงาน (Karpovich. 1962 : 71) การทดสอบโดยใช้จักรยานวัดงานจะต้องใช้กล้ามเนื้อขา เพื่อออกแรงในการถีบจักรยาน เพราะฉะนั้นในการทดสอบ ผู้รับการทดสอบก็ควรจะต้องมีความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อ

เพราะฉะนั้นในการทดสอบ ผู้รับการทดสอบก็จะต้องมีความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อขาด้วย โดยเฉพาะแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที (ICSPFT) ผู้ทดสอบจะต้องทำการทดสอบจนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 85 - 90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดตามอายุของแต่ละคน ดังนั้นในการทดสอบโดยใช้จักรยานวัดงาน ผู้รับการทดสอบจะต้องมีการทำงานประสานกันของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตดี และจะต้องมีกล้ามเนื้อขาที่แข็งแรงและอดทน จึงจะได้ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในเกณฑ์สูง ซึ่งการทดสอบโดยใช้จักรยานวัดงานนี้ใช้อัตราการเต้นของหัวใจในระหว่างการออกกำลังกายเกือบสูงสุด

(Submaximal) ในการพยากรณ์การใช้ออกซิเจนสูงสุด เพราะฉะนั้นการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดนั้น จะต้องมีความสัมพันธ์กับระบบหายใจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิลมอร์ (Wilmore. 1967 : 203 - 210) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด และความสามารถในการทำงาน โดยใช้วิธีสังเคราะห์อากาศหายใจ และเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometry) ปรากฏว่า สหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดที่มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที และความสามารถในการทำงานมีค่าเท่ากับ 0.84 แสดงว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างความอดทนในการทำงานและสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ดังนั้นก็สามารถใช้สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดเป็นเครื่องวัดความสามารถในการทำงาน และเป็นกรณีนี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการทำงานระหว่างระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต

ส่วนแบบทดสอบลูกลูกของบอลกี (Balke Treadmill) ก็เป็นแบบทดสอบหนึ่งที่ใช้วัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด โดยอาศัยพื้นฐานของการตอบสนองของระบบหายใจการทำงานของหัวใจและการไหลเวียนของโลหิต ที่ผู้ทดสอบแสดงออกในขณะที่ทำการทดสอบการทำงานในภาวะสูงสุด (Maximal Work) หรือ ภาวะเกือบสูงสุด (Submaximal Work) เนื่องจากการทดสอบบนลูกลูก จะต้องเดินให้ทันกับความเร็วกว่าที่ตั้งไว้ และระดับความชันจะต้องสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยจำกัดให้มีการเลื่อนสูงสุดเพียง 25 % หรือจนกระทั่งผู้ทดสอบไม่สามารถที่จะทำการทดสอบต่อไปได้อีก ฉะนั้นผู้ทดสอบจะต้องมีความแข็งแรง และอดทนของกล้ามเนื้อขา ตลอดจนการทำงานประสานกันของระบบหายใจ และระบบไหลเวียนโลหิตอย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทั้ง 6 แบบทดสอบ คือแบบทดสอบวิ่ง 12 นาทีของคูเปอร์ แบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกลของบอลกี จึงน่ามีความสัมพันธ์กัน เพราะแบบทดสอบทั้ง 6 แบบนี้ต่างก็อาศัยการทำงานประสานกันของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งต้องมีความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้ออีกด้วย และความหนักเบาของงานที่ทำก็อยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกันคือ เป็นงานประเภทที่ให้ทำในภาวะเกือบสูงสุดและสูงสุด ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้ก็ปรากฏว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 6 แบบทดสอบได้สอดคล้องกันในทางดีทั้งของเพศชายและเพศหญิง คือ มีความสัมพันธ์กันในเชิงปริมาณในระดับปานกลาง ระดับสูง และระดับสูงมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ฉะนั้นแบบทดสอบทั้ง 6 แบบนี้ เราสามารถใช้แทนกันได้ โดยเลือกใช้แบบทดสอบแบบใดแบบหนึ่งใน 6 แบบนี้ได้

2. ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของเพศชาย

จากการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของเพศชายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่แบบทดสอบลูกลของบอลกีแตกต่างกับแบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ แบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 และแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที ซึ่งจากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบลูกลของบอลกี มีค่าเฉลี่ยมากกว่าแบบทดสอบอื่น ๆ จึงส่งผลทำให้แตกต่างกับแบบทดสอบอื่น ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่า การเดินบนลูกลเป็นการทดสอบซึ่งดูเป็นธรรมชาติเพราะความหนักของงานจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ผู้ทดสอบสามารถที่จะมีความอดทนทดสอบไปได้นานกว่าแบบทดสอบอื่น (Falls and Humphry. 1973 : 239 - 241) และเนื่องจากลูกลนี้จะเคลื่อนไหวตามความเร็วที่ตั้งไว้อยู่ตลอดเวลา ถ้าหากผู้ทดสอบวิ่งไม่เร็วพอก็ทำให้ไม่สามารถทรงตัวอยู่บนลูกลได้ วิธีนี้จึงส่งเสริมให้บุคคลใช้ความสามารถเต็มที่ (Cooper. 1970 : 27) ซึ่งสาเหตุนี้อาจจะส่งผลให้ระบบไหลเวียนโลหิตส่ง

ออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้ได้ค่าปริมาณการจับออกซิเจนที่มีค่ามาก และส่งผลทำให้ผู้ทดสอบมีค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดมากกว่าแบบทดสอบอื่น ซึ่งก็สอดคล้องกับ จรรยาพร ธารินทร์ (2521 : 4) ที่กล่าวไว้ว่า โดยทั่วไปงานที่ใช้กล้ามเนื้อต้องการจำนวนออกซิเจนมากกว่างานที่ใช้จักรยานวัดงานเล็กน้อย เนื่องจาก การทดสอบบนจักรยานวัดงาน จะทำให้เกิดการใช้กล้ามเนื้อบริเวณเพียงส่วนน้อย ดังนั้นบ่อยครั้งที่ผู้ถูกทดสอบจะต้องหยุดการปฏิบัติ เนื่องจากความปวดกล้ามเนื้อก่อนที่จะถึงจุดการใช้ออกซิเจนสูงสุด ด้วยเหตุนี้การทดสอบบนลู่วิ่ง จึงได้รับความนิยมมากในอเมริกา เมื่อต้องการวัดการใช้ออกซิเจนสูงสุดให้ถูกต้องมากที่สุด แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าทดสอบแบบอื่น ๆ ไม่เป็นที่ยอมรับ การทดสอบบนจักรยานวัดงานก็เป็นสิ่งที่ดีมาก เพราะเป็นสิ่งที่เข้าใจกันดีว่าผลที่ได้อาจให้ค่าการใช้ออกซิเจนต่ำกว่าคาดหวังประมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ เพราะว่ามีสาเหตุมาจากการปวดกล้ามเนื้อ และอาจมีสาเหตุมาจากเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อที่ใช้ในจักรยานวัดงานน้อยกว่าการใช้บนลู่วิ่ง ปัจจัยอย่างหนึ่งที่ส่งผลให้การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดเปลี่ยนแปลงไปได้คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการเคลื่อนไหวของอากาศหรือกระแสลม ถึงแม้ผู้วิจัยจะควบคุมอุณหภูมิในการทดสอบให้ใกล้เคียงกันและแตกต่างกันไม่เกิน 3 °ซ. ในแต่ละแบบทดสอบ แต่ในเรื่องของความชื้นสัมพัทธ์ และการเคลื่อนไหวของอากาศและกระแสลม ซึ่งเป็นธรรมชาตินั้น อาจเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ หรือเปลี่ยนมากพอที่จะทำให้เกิดผลกระทบขึ้นในร่างกายอย่างชัดเจน โดยเราอาจสังเกตได้จากเวลาอากาศร้อนใจคอหงุดหงิดมากกว่า และทำการงานเหนื่อยเร็วกว่าในเวลาอากาศเย็น ข้อสังเกตนี้เป็นเรื่องจริงและเป็นผลแห่งกฎของธรรมชาติ ซึ่งทำให้คนในเขตร้อน ต้องดื่อกว่าคนในเขตหนาวโดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของสมรรถภาพทางกาย ความด้อยที่กล่าวนี้เป็นผลของปริภาวะ (อากาศร้อน) ไม่ใช่เรื่องของบุคคล เชื้อชาติ หรือพันธุกรรม ไม่ว่าคนเชื้อชาติใดสมรรถภาพการงานของเขาจะลดลงในเวลาอากาศร้อน และสูงขึ้นในอากาศเย็น โดยมีความแตกต่างระหว่างบุคคลเนื่องจากความเคยชินหรือการฝึกซ้อม (อวย เกตุสิงห์. 2531 : 60) ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยของ อวย เกตุสิงห์และสมชาย ประเสริฐศิริพันธ์ (2531 : 74) ได้ศึกษาอิทธิพลของอากาศร้อนต่อการทดสอบความสมบูรณ์ทางกาย โดยทำการทดสอบ "ความสมบูรณ์ทางกาย" ของนักเรียนประถม ตามวิธีของ "คณะกรรมการนานาชาติ

เพื่อจัดมาตรฐานการทดสอบความสมบูรณ์ทางกาย" ครั้งที่ 1 ในอากาศธรรมดา อุณหภูมิ 32°C . กับครั้งที่ 2 ในห้องปรับอากาศ อุณหภูมิ $18^{\circ} - 20^{\circ}\text{C}$. พบว่า ในอากาศร้อน การทดสอบเกี่ยวกับความเร็ว (วิ่ง, กระโดดไกล) ได้ผลดี แต่การทดสอบเกี่ยวกับความอดทน (วิ่ง 800 เมตร, ดึงข้อ, ลูกนั่ง) ได้ผลไม่ดี อวช เกตุสิงห์ (2531 : 78) ยังได้ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการจับออกซิเจน โดยศึกษานผลของการเปลี่ยนแปลงในอุณหภูมิห้องต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจน ซึ่งคำนวณได้จากอัตราสิ้นจรในระบะ "คงตัว" (Steady State) ขณะที่ทำงานค่อนข้างหนักตามวิธีของออสตรานด์ การทดลองทำในห้องชีวอากาศซึ่งปรับความชื้นให้อยู่คงที่ (55%) ระหว่างที่อุณหภูมิเปลี่ยนตั้งแต่ $20^{\circ} - 40^{\circ}\text{C}$. เป็นขั้น ๆ ขึ้นละ 5°C . สรุปผลได้ว่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนมีจุดวิกฤตอยู่ที่อุณหภูมิ 35°C . ในอุณหภูมิต่ำกว่านี้ ความร้อนมีอิทธิพลต่อสมรรถภาพไม่มากนัก แต่เหนือขึ้นไป 35°C . ความร้อนทำให้สมรรถภาพลดลงอย่างมากและชัดเจน ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยของนิเมนวาล สกลพานิช (2518 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศแวดล้อมต่อสมรรถภาพการทำงานที่ศึกษาโดยวิธี เออร์โกเมตริย์ โดยให้ผู้ทดสอบถีบจักรยานวัดงานตามวิธีของออสตรานด์ โดยเปลี่ยนอุณหภูมิจาก $20^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$. ทีละ 5°C . พบว่าตั้งแต่อุณหภูมิ $20^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของสมรรถภาพ แต่เหนือ 30°C . ขึ้นไปอุณหภูมิมีผล "ลบ" ต่อสมรรถภาพอย่างชัดเจน ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอิทธิพลของกระแสลมมีผลต่อการทดสอบสมรรถภาพการจับออกซิเจน ซึ่งอาจทำให้ผลเปลี่ยนแปลงไปได้ อนึ่งการวิจัยในครั้งนี้ อุณหภูมิที่ทำการทดสอบจะอยู่ในช่วง $28^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$. จึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการจับออกซิเจน แต่ในเรื่องความชื้นสัมพัทธ์และอิทธิพลของกระแสลมผู้วิจัยไม่สามารถที่จะควบคุมได้ เนื่องจากสภาพอากาศของประเทศไทยนั้นเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จึงไม่สามารถทำตามข้อตกลงนั้นได้ และในการทดสอบโดยทั่ว ๆ ไป หรือในการแข่งขันกีฬาเราก็ไม่สามารถจะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามข้อตกลงดังกล่าว ซึ่งผลจากความชื้นสัมพัทธ์และอิทธิพลของกระแสลมนี้อาจจะมีผลต่อการวิจัยในครั้งนี้

ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่ส่งผลในการทดสอบคือ ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด แตกต่างกันไปตามด้าน อายุ เพศ ขนาดรูปร่าง และสมรรถภาพทางกาย ซึ่งผลจากการวิจัยใน

ครั้งนี้จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยในการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ แบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิงแบบทดสอบบี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส บี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกกลของบอลลีเพศชายมีค่าเฉลี่ย 46.75, 47.30, 46.90, 47.35, 46.85 และ 49.42 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ ส่วนเพศหญิงมีค่าเฉลี่ย 39.28, 39.32, 39.97, 39.82, 40.03, และ 39.97 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ และกลุ่มทดสอบเพศชายมีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 21.46 เพศหญิงมีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 21.36 ซึ่งก็สอดคล้องกับ มอร์เฮาส์ และมิลเลอร์ (Morehouse and Miller. 1976 : 148) ได้อธิบายไว้ว่า ระดับความสามารถสูงสุดของการจับออกซิเจนสูงสุดจะมีค่าสูงสุดจนถึงอายุ 20 ปี หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง ในเพศชายโดยทั่วไปความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดจะมีค่าอย่างน้อย 50 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ส่วนเพศหญิงมีค่าประมาณ 40 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที เพราะว่าออกซิเจนถูกใช้โดยเนื้อเยื่อทั่วร่างกาย คนที่มีรูปร่างสูงใหญ่ย่อมมีการใช้ออกซิเจนมากกว่าคนที่รูปร่างเล็ก ทั้งในช่วงพักปกติและในขณะที่ออกกำลังกาย เมื่อเป็นเช่นนี้จึงเป็นการดีที่จะใช้จุดประสงค์ในการเปรียบเทียบโดยบันทึกค่าของการใช้ออกซิเจน ซึ่งมีพื้นฐานจากน้ำหนักตัวของบุคคลในหน่วยของมิลลิลิตรของออกซิเจนต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อนาที การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดสามารถบ่งชี้สมรรถภาพทางกายดีหรือเลวได้ดีที่สุด ดังนั้นคนที่ได้รับการฝึกบ่อย ๆ จึงมีความสามารถจับออกซิเจนสูงสุดมากกว่าคนที่ไม่ได้รับการฝึก ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ ดังจะเห็นได้ว่า ผู้รับการทดสอบเพศชาย คนที่ 14 มีความสามารถสูงสุดในการทดสอบทั้ง 6 แบบทดสอบ และผู้รับการทดสอบคนที่ 1 มีความสามารถรองลงมา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้รับการทดสอบทั้ง 2 คน เป็นนักวิ่งระยะทางไกลของมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะผู้ที่มีความสามารถสูงสุดทั้ง 6 แบบทดสอบเป็นนักกีฬาฮ็อกกี้น้ำแข็งด้วย ซึ่งผลจากการฝึกซ้อมและทักษะต่าง ๆ อาจจะทำให้ผู้รับการทดสอบทั้ง 2 คนนี้ มีความสามารถทำแบบทดสอบทั้ง 6 แบบนั้นได้ดี และเป็นไปตามลำดับความสามารถเดียวกัน

การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ในการปฏิบัติแต่ละอย่างก็มีข้อดีหลายอย่างแตกต่างกันไป การออกกำลังกายโดยการใช้อุปกรณ์วัดงาน สามารถใช้วัดปริมาณการทำงานได้อย่างถูกต้อง และในการใช้อุปกรณ์ ร่างกายส่วนบนมีการเคลื่อนไหวน้อยมาก

จึงเป็นสิ่งที่ง่ายต่อการวัดที่ใช้เครื่องวัดหัวใจ ความดันโลหิต และการวัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การทดสอบด้วยลูกลูกทำให้ได้ค่าความสามารถการจับออกซิเจนที่มีค่ามากที่สุด และสามารถเปรียบเทียบผู้ถูกทดสอบซึ่งมีความแตกต่างทางด้านความสามารถและประสิทธิภาพในการปฏิบัติของแต่ละคนได้ดี (Nagle. 1973 : 313 - 318 ; Bruce. 1974 : 715 - 720) ส่วนการทดสอบในภาคสนาม การวิ่งระยะทางไกลเป็นตัวกำหนดที่ดีในการปฏิบัติของการวัดการทำงานของหัวใจ ใช้อุปกรณ์น้อย และสะดวกมากสำหรับทดสอบกับคนจำนวนมาก ๆ (Cooper. 1970 : 28 - 29) ฉะนั้นในการเลือกแบบทดสอบวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ถ้าจะเลือกในแง่ของการเปรียบเทียบก็ควรจะเลือกแบบทดสอบที่ได้ค่าการจับออกซิเจนสูงสุดที่มีค่ามากที่สุด เพราะนั่นย่อมหมายถึง บุคคลที่จะมีความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ก็จะต้องมีประสิทธิภาพของการทำงานของระบบกล้ามเนื้อ ระบบหายใจ และระบบไหลเวียนโลหิตดี เช่นกันก็คือ มีสมรรถภาพทางกายดี มีผลส่งให้การทำงานมีประสิทธิภาพ

3. ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของเพศหญิง

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า การที่จะวัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด เพื่อวัดความสามารถในการทำงานความอดทนร่างกายประเภทที่ต้องมีการประสานงานที่ดีของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตนั้น เราสามารถที่จะเลือกใช้ แบบทดสอบวิ่ง 12 นาที ของคูเปอร์ แบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์และไวท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส นี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกลูกของบอลกี แบบใดแบบหนึ่งก็ได้ เพราะจากการวิจัยในครั้งนี้ ผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของเพศหญิง ไม่แตกต่างกัน ซึ่งก็สอดคล้องกับความสัมพันธ์ เพราะแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ของเพศหญิง มีความสัมพันธ์กันเชิงนิมิตในระดับสูง และระดับสูงมาก โดยการที่จะเลือกใช้แบบทดสอบแบบใดแบบหนึ่งใน 6 แบบนี้ เราก็ควรจะเลือกตามความสะดวกของสถานที่และอุปกรณ์ที่มีอยู่ โดยพิจารณาแบบทดสอบตามความเหมาะสม แต่จะเห็นว่า แบบทดสอบลูกลูกของบอลกี เป็นแบบทดสอบที่ได้ค่าความสามารถในการจับออกซิเจน

สูงสุดที่ค่ามากที่สุด แสดงว่าผู้ทดสอบมีความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ซึ่งหมายถึงบุคคลนั้นมีประสิทธิภาพของการทำงานของระบบกล้ามเนื้อ ระบบหายใจ และระบบไหลเวียนโลหิตดี เช่นกัน ก็คือมีสมรรถภาพทางกายดี แต่การทดสอบบลูกก็มีข้อเสียอยู่ตรงที่ว่า เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงมาก การเก็บรักษาก็ลำบาก เนื่องจากถ้าชำรุดหรือส่วนใดส่วนหนึ่งเสียหายก็จะลำบากในการซ่อมแซม และการทดสอบก็ต้องใช้เวลานาน เนื่องจากจะต้องทดสอบจนกว่าผู้ทดสอบจะทำงานในระดับสูงสุด (Maximal Work) ส่วนการทดสอบด้วยจักรยานวัดงานนั้น สามารถที่จะวัดปริมาณการทำงานได้อย่างถูกต้อง เพราะการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบนมีน้อย จึงสะดวกมากต่อการวัดอัตราเต้นของหัวใจ ซึ่งแอนด์แซล และบิวซ์ตติล (Andzel and Busuttill. 1982 : 118) ได้กล่าวว่า การจับออกซิเจนจะดีหรือไม่เพียงไรนั้นขึ้นอยู่กับอัตราการเต้นของหัวใจ แต่การทดสอบด้วยจักรยานวัดงานนั้น ก็มีข้อเสียคือ จักรยานวัดงานที่ใช้ทำการทดสอบมีราคาแพง การเก็บรักษาลำบาก ถ้าหากชำรุดหรือเสียหายก็จะลำบากในการซ่อมแซม และผลของการทดสอบที่ได้ อาจให้ค่าการใช้ออกซิเจนต่ำกว่าที่คาดหวังประมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดสอบวิ่ง 12 นาที และวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์นั้นเป็นการทดสอบที่ต้องใช้แรงจูงใจกับผู้รับการทดสอบมาก เนื่องจากเป็นการทดสอบประเภทเคลื่อนที่ (Dynamic) มีเรื่องความเร็วและระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้อง ผลการทดสอบวิ่ง 12 นาที และวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ อาจจะขึ้นอยู่กับสภาพจิตใจของผู้รับการทดสอบ นอกจากนี้ก็ยังมีปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดสอบ เช่น ทักษะ กลไกในการวิ่ง ความสามารถที่จะใช้แรงในการวิ่งอีกด้วย ดังนั้นภาวะของผู้รับการทดสอบเองก็เป็นอิทธิพลสำคัญ เพราะการวิ่งเป็นเรื่องที่ต้องใช้แรงจูงใจมาก และมีทักษะอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องมาก ซึ่งอาจจะทำให้ผลการทดสอบวิ่งไม่ดีเท่าที่ควร แต่ถ้าพยายามจัดสภาพให้เหมือนอยู่ในภาวะแข่งขันได้ ให้ผู้รับการทดสอบทำการทดสอบอย่างเต็มที่ หรือสุดความสามารถได้ก็จะไม่มีปัญหาสำหรับผู้รับการทดสอบที่มีการวิ่งระยะทางไกลดี ซึ่งการทดสอบวิ่ง 12 นาทีและวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ มีคุณประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการตรวจวัดและการเปรียบเทียบสมรรถภาพของคนกลุ่มใหญ่ ๆ เนื่องจากในช่วงโรงเรียนพลศึกษา หรือในสนามกีฬาการวิ่งระยะทางไกล เป็นตัวกำหนดที่ดีในการปฏิบัติของการวัดการทำงานของหัวใจ การทดสอบบลูก และการปั่นจักรยานไม่ว่าจะเป็นลักษณะเกือบสูงสุด (Submaximal) หรือสูงสุด (Maximal) เป็นการยากต่อการจะปฏิบัติจริง

ในกรณีที่จำนวนนักเรียนหรือนักกีฬา มาก ๆ และในกรณีที่โรงเรียนท้องถิ่นที่อยู่ห่างไกลความเจริญ ไม่มีห้องทดลองหรืออุปกรณ์ในการที่จะทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดได้ ก็สามารถนำแบบทดสอบวิ่ง 12 นาที และวิ่ง 1.5 ไมล์ ของคูเปอร์ ไปทดสอบเพื่อวัดสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและระบบหายใจได้ ซึ่งสะดวกในการวัดมาก การแปลผลก็ไม่ยุ่งยาก เพียงนำค่าที่ได้จากการทดสอบคือระยะทาง (วิ่ง 12 นาที) หรือเวลา (วิ่ง 1.5 ไมล์) ไปเข้าตารางสำเร็จ (Nomogram) ก็จะได้ปริมาณค่าของการใช้ออกซิเจนสูงสุด แต่ถ้าหากผู้รับการทดสอบขาดทักษะการวิ่งระยะทางไกล ก็ควรจะเลือกใช้แบบทดสอบลูกกลของบอลกี แบบทดสอบออสตรานด์ แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 หรือแบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที แบบใดแบบหนึ่งโดยพิจารณาแบบทดสอบตามความเหมาะสมกับผู้รับการทดสอบ และเลือกตามความสะดวกของสถานที่และอุปกรณ์ที่มีอยู่

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดทั้ง 6 แบบทดสอบ คือ แบบทดสอบวิ่ง 12 นาทีของคูเปอร์ แบบทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์ แบบทดสอบออสตรานด์ และไรท์มิง แบบทดสอบพี ดับเบิลยู ซี-170 แบบทดสอบไอ ซี เอส พี เอฟ ที และแบบทดสอบลูกกลของบอลกี สามารถใช้แทนกันได้ โดยเลือกใช้แบบทดสอบแบบใดแบบหนึ่งใน 6 แบบนี้ได้ โดยพิจารณาแบบทดสอบตามความเหมาะสมกับผู้รับการทดสอบ และเลือกตามความสะดวกของสถานที่และอุปกรณ์ที่มีอยู่ แต่ถ้าดูในแง่ความแตกต่าง แบบทดสอบลูกกลของบอลกีเป็นแบบทดสอบที่ทำให้ได้ค่าปริมาณการจับออกซิเจนที่มีค่ามากที่สุด ซึ่งนั้นย่อมหมายถึงบุคคลที่จะมีความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดก็ต้องมีประสิทธิภาพของการทำงานของระบบกล้ามเนื้อ ระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตดีเช่นกัน ก็คือมีสมรรถภาพทางกายดี ดังนั้นแบบทดสอบลูกกลของบอลกี จึงเป็นแบบทดสอบที่ส่งเสริมให้บุคคลใช้ความสามารถเต็มที่

2. การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ควรจะมีการควบคุมในเรื่องอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอิทธิพลของกระแสลม เพราะปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้การจับออกซิเจนสูงสุดเปลี่ยนแปลงไปได้

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรที่จะได้ทำการศึกษาในเรื่องเดียวกันนี้ โดยการทำกับกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกัน หลาย ๆ กลุ่ม หลาย ๆ ระดับ เช่น อาชีพต่างกัน อายุต่างกัน หรือกลุ่มคนสูงอายุ เพื่อนำผลมาสรุปเพื่อเป็นเกณฑ์มาตรฐานต่อไป
2. ควรที่ได้มีการศึกษาในเรื่องเดียวกันนี้ กับแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดแบบอื่น ๆ เช่น แบบทดสอบฮาร์วาร์ดสเต็ปเทสท์ แบบทดสอบลูกกลของบรูซ เพื่อนำผลมาสรุปเป็นเกณฑ์ในการเลือกใช้แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ให้เหมาะสมกับผู้ทดสอบ
3. ควรได้มีการศึกษาเปรียบเทียบแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดแบบต่าง ๆ ที่วัดโดยทางอ้อม กับวัดโดยตรงคือจากเครื่องวิเคราะห์อากาศ
4. ควรได้มีการศึกษาการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ด้วยแบบทดสอบต่าง ๆ กัน ในช่วงเวลาแตกต่างกัน เพื่อจะได้นำผลมาเปรียบเทียบว่าช่วงเวลาใดมีผลต่อประสิทธิภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดมากที่สุด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรุงไกร เจนพานิชย์. "สารเคมีที่มีผลต่อการฝึกซ้อมและสมรรถภาพทางกาย," วารสารสุขภาพ. 6(2) : 51 - 56 ; พฤศจิกายน 2520.
- ชนิษฐา พูลสวัสดิ์. การเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายโดยการวิ่งเหยาะๆกับการขี่จักรยานอยู่กับที่ ที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527. อัดสำเนา.
- จรรยาพร ธารนิทร์. กายวิภาคและสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2525
- _____. คู่มือปฏิบัติการทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2521.
- _____. ผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคส์ต่อสมรรถภาพของคนไทยวัยผู้ใหญ่. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2520.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.
- จิตติกร ศิริสุขเจริญผล. ความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีประสิทธิภาพของร่างกายกับความสามารถในการจับออกซิเจนได้สูงสุด. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2523. อัดสำเนา.
- นันทิยา พานิชยพงศ์. "สมรรถภาพทางกายนักเรียนประถมปีที่ 1 ประถมปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายประถม)," ครูศาสตร์. 9(3) : 71 - 82 ; พฤษภาคม - มิถุนายน 2523. อัดสำเนา.

- นันทิยา พานิชยพงศ์. การจัดอัตรารอบเก็บที่พอเหมาะกับความหนักของงานระดับต่าง ๆ ในการทดสอบความสมบูรณ์ของร่างกายด้วยจักรยานวัดกำลัง. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518. อัดสำเนา.
- แน่นน้อย สงวนวิทย์. ความสัมพันธ์ของผลการทดสอบเออร์โกเมตรีซ์ ชาร์วาร์ด สเต็ป เทสส์ และการวิ่งระยะทางไกล. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2516. อัดสำเนา.
- ประทุมพร ชำชอง. ความสัมพันธ์ของการกำหนด ความหนักของงาน ความถี่ และระยะเวลา การฝึกที่แตกต่างกันที่มีผลต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528. อัดสำเนา.
- ประทุม ม่วงมี. รากฐานทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายและการพลศึกษา. กรุงเทพฯ : บุรพาสาน์, 2527.
- พริ้มเพรา ผลเจริญสุข. อิทธิพลของอากาศร้อนและเย็นต่อสมรรถภาพทางการทำงานของหญิงที่ศึกษาโดยวิธี เออร์โกเมตรีซ์. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518. อัดสำเนา.
- ไพรินทร์ จำลองราชวร. การสร้างแบบทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตด้วยการวิ่ง. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2522. อัดสำเนา.
- ไพฑูรย์ แยมประสวน. ผลของการอบอุ่นร่างกายที่มีช่วงเวลานักแตกต่างกันต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด และการปรับตัวของระบบไหลเวียนโลหิต เมื่อออกกำลังกายถึงระดับเกือบสูงสุด ด้วยวิธีของออสตรานด์. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529. อัดสำเนา.

สมชาย ประเสริฐศิริพันธ์. การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายด้านความอดทนของชายไทยในระดับอายุต่าง ๆ กันโดยวิธีทดสอบ PWC₁₇₀ กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2521.

สุนทรา กล้าณรงค์. สมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มคนอ้วนกับกลุ่มคนผอมในภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2527.

ส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย, องค์การ ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา และคณะแพทย์ศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. การเปรียบเทียบผลการฝึกตามโปรแกรมการออกกำลังกายแบบอากาศนิยม 2 โปรแกรม ต่อการเปลี่ยนแปลงความสมบูรณ์ทางกาย ดัชนีความหนักปริมาณไมเลสเตอร์อลในไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง และปริมาณไมเลสเตอร์อลรวมในเลือดของประชาชนไทยวัยผู้ใหญ่. กรุงเทพฯ : 2527.

ส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย, องค์การ ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา. ข้อปฏิบัติสำหรับผู้มารับการทดสอบสมรรถภาพทางกาย. กรุงเทพฯ : 2521.

_____. วิทยาศาสตร์การกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬา. กรุงเทพฯ : 2528.

_____. "วิทยาศาสตร์การกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬา," วารสารกีฬา.

22(2) : 26 - 28 กุมภาพันธ์ 2531.

อนันต์ อัดชู. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520.

อุดม นิมพา และจรวช แก่นวงศ์คำ. การทดสอบสมรรถภาพทางกาย. กรุงเทพฯ : ชเนศวรการพิมพ์, 2516.

อวย เกตุสิงห์. อวยมิตร 3 (73 - 80). กรุงเทพฯ : ไทยมิตรการพิมพ์, 2531.

อวย เกตุสิงห์ และสมชาย ประเสริฐศิริพันธ์ "อิทธิพลของอากาศร้อนต่อการทดสอบความสมบูรณ์ทางกาย," ใน อวยมิตร 3 (73 - 80). กรุงเทพฯ : ไทยมิตรการพิมพ์, 2531.

- Andzel, Walter D., and Busuttil, Charles P. "Physiological Responses of College Females to Prior Exercise, Varied Rest Intervals and a Strenuous Endurance Task," Journal of Sports Medicine. 22 : 113 -119 ; March, 1982.
- Astrand, Per-Ol of, Work Tests with the Bicycle Ergometer. Verberg : Monark-Crescient AB, 1979.
- Astrand, Per-Ol of and Rodahl, K. Textbook of Work Physiology. New York : McGraw-Hill Book Company, 1970.
- Astrand, Per-Ol of and Ryhming I.A. "Nomogram for Calculation of Aerobic Capacity from Pulse Rate during Submaximal Work," Journal of Applied Physiology. 7 : 218 - 221 ; April, 1954.
- Blomquist, G. "Why Evaluate performance ?," The Journal of the South Aerobic Medicine Association. Supplementary, 1 : 1 - 4 ; June, 1969.
- Bruce, R.A. "Methods of Exercise Testing. Step test, Bicycle, Treadmill, Isometrics," American Journal of Cardiology. 33 : 715 - 720 ; 1974.
- Cooper, K.H. The New Aerobics. New York : A National General Company, 1970.
- _____. "A Means of Assessing Maximal Oxygen Intake. Correlation between Field and Treadmill Testing," Journal of the American Medical Association. 203 : 201 - 204 ; 1968.
- Cureton, Thomas K. Jr. "Physical Fitness of Champion Athletes," Research Quarterly. 40 : 204 ; June, 1951.
- Custer, Sally J., and Chaloupka, Edward C. "Relationship between Predicted Maximal Oxygen Consumption and Running Performance of College Females," Research Quarterly. 48 : 47 - 50 ; March, 1977.

- Davies, L.G. "Observer Variation in reports on Electrocardiograms,"
British Heart Journal. 20 : 153 ; 1958.
- de Vries, Herbert A. Physiology of Exercise. 2 ed nd., Iowa : Wm.c.
Brown Company Publishers, 1974.
- _____. Physiology of Exercise for Physical Education and
Athletics. 2 nd ed., pain Amer : Wm.c. Brown Company, 1974.
- Falls, H.B, and L.D. Humphry. "A Comparison of Methods for
Eliciting Maximum Oxygen Uptake from College Women during
Treadmill Walking," Medicine and Science.in Sports.
5 : 239 - 241 ; 1973.
- Fox, S.M., Naughton, J.P. and Haskell, W.L. "Physical Activity and
the Prevention of Coronary Heart Disease," Ann Clin Res.
3 : 404 - 432 ; 1971.
- Getchell Bud. Physical Fitness a Way of Life. New York : John
Wiley & Sons., Inc., 1979.
- Getchell, Leoy H., Donald Kirkendall and Robbins Gwen, "Prediction
of Maximal Oxygen Uptake in Young Adult Women Joggers,"
Research Quarterly. 48 : 61 - 67 ; March, 1977.
- Gettman, Larry Rhinehardt. "Influence of Body Weight and Physical
Condition on Bicycle and Treadmill Submaximal Work,"
Dissertation Abstract International. 32 : 5017 - A ; March,
1972.
- Gregory, John Douglas. "The Relationship of the Twelve-Minute Run
to Maximal Oxygen Intake," Master's Thesis. Mankato State
College, 1970.
- Karpovich, Peter V. Physiology of Muscular Activity. 5 th ed.,
London : W.B. Saunders Company, 1962.

Karpovich, Peter V. Physiology of Muscular Activity. 6 th ed.,
Philadelphia : W.B., Saunders Company, 1967.

_____. Physiology of Muscular Activity. Philadelphia and London :
W.B., Saunders Company, 1969.

Karvonen, M., Kentala, K. and Muslala. "The Effect of Training
Heart Rate : a Longitudinal Study," Ann. Med. Exptl. Biol
Fenn. 35 : 307 - 315 ; 1957.

Katch, Frank Irvin. "Optimal Duration of Heavy Work Endurance Test
in Relation of Oxygen Intake Capacity," Dissertation Abstracts
International. 31 : 5181 - A ; July, 1970.

Kearney, Jay T. and William C. Byrnes. "Relationship between Running
Performance and Predicted Maximum Oxygen Uptake among
Divergent Ability Groups," Research Quarterly. 45 : 9 - 15 ;
March, 1974.

Larson, L.A. Fitness, Health and Work Capacity, International
Standards for Assessment. International Committee for the
Standardization of Physical Fitness Test. New York :
Macmillan Publishing Co., 1974.

Guidelines for Graded Exercise Testing and Exercise Prescription.
American College of Sports Medicine. 2 nd Edition., 1980.

Lewis, Albert Lester. "A Progressive Step Test to Predict Maximum
Oxygen Intake," Dissertation Abstracts International. 31 :
5825 - A. ; April, 1970.

Liang Michael Thean-Chong. "Effects of Intensity, Duration and
Frequency of Training on Maximal Aerobic Capacity and
Association Physiological and Biochemical Measures,"
Dissertation Abstracts International. 35 : 7708 - 7709 - A. ;
1974.

- Londeree, B.R. "The Use of Laboratory Test Results with Long Distance Runners," Sports Medicine. 3 : 201 - 213 ; May - June, 1986.
- Margaria, R., P. Aghemo, and F. Pinera Limas. "A Simple Relation between Performance, in Running and Maximal Aerobic Power," Journal of Applied Physiology. 38 : 351 - 352, 1975.
- Maron, Michael B. and others. "Oxygen Uptake Measurements during Competitive Marathon Running," Journal of Applied Physiology. 40 : 836 - 838 ; March, 1976.
- Mellerowicz, Harald, and Dranfeld. Ergometric. 2 Auflage Munchen Berlin : Urband and Schwarzenburg, 1957.
- Metz, Kenneth F. and John F. Alexander. "An Investigation of the Relationship between Maximum Aerobic Work Capacity and Physical Fitness in Twelve to Fifteen Year Old Boys," Research Quarterly. 41 : 75 - 81 ; March, 1967.
- Mayers, Carlton R. and T. Erwin Blesh. Measurement in Physical Education. New York : The Ronald Press Company, 1962.
- Morehouse, Laurence E. and Miller, Augustus T. Physiology of Exercise. Saint Louis : the C.V. Mosby Company, 1976.
- Nagle, F.J. "Physiological Assessment of Maximal Performance," Exercise and Sport science Reviews. 1 : 313 - 318 ; 1973.
- Pollock, M.I., Wilmore, J.H. and Fox, S.M. Health and Fitness through Physical Activity. New York : Wiley, 1978.
- Ribisl, Paul M. and William A. Kachadarian. "Maximal Oxygen Intake Prediction in Young and Middle-aged Males," Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 9 : 17 - 22 ; March, 1969.

Schnider. Physiology of Exercise. Saint Louis : The C.V. Mosby Co., 1967.

Tamer, Kemal. "A Measurement and Comparison of Selected Physical Fitness Components of American, Middle Eastern, and East and Doctoral Dissertation." Oklahoma State University, 1982. mimeographed.

The Committee on Exercise. "Exercise Testing and Training of Apparently Healthy Individual," A Handbook for Physicians. New York : American Heart Association, 1 - 31 ; 1972.

Wilmore, Jack H. "Maximum Oxygen Intake and Its Relationship to Endurance Capacity on a Bicycle Ergometer," The Research Quarterly. 40 : 203 - 210 ; June, 1967.

Winer, B.J., Statistical Principles in Experimental Design. 2 nd. ed., McGraw-Hill Kogakusha Ltd, 1971.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ข้อปฏิบัติสำหรับผู้มารับการทดสอบสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด

เพื่อให้การทดสอบได้ผลดีเป็นประโยชน์ในการประเมินสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดของต้นและส่วนรวม และได้แก้ไขปรับปรุงที่ตรงเป้าหมาย ผู้มารับการทดสอบจะต้องปฏิบัติดังนี้

1. วันก่อนการทดสอบ

- 1.1 อาหารประจำวันต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้ผิดแปลกไปจากเคยหรือเปลี่ยนแปลงอย่างน้อยที่สุด
- 1.2 งดการออกกำลังกายอย่างหนัก ก่อนการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง
- 1.3 หลีกเลี่ยงการใช้ความอดทน เพราะอาจกระทบกระเทือนต่อผลการทดสอบได้
- 1.4 งดกินยาที่มีฤทธิ์ยัดยาว หากมีความจำเป็นต้องกิน ต้องแจ้งให้ผู้ทำการทดสอบทราบ

- 1.5 นอนหลับให้เพียงพอ ควรนอนหลับอย่างน้อย 8 ชั่วโมง

2. วันที่มารับการทดสอบ

- 2.1 อาหารหนักควรรับประทานก่อนการทดสอบอย่างน้อย 2 ชั่วโมง
- 2.2 ห้ามกินยาและสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ เช่น กาแฟ น้ำชา หรือ สุนัขหรือ
- 2.3 ให้เตรียมเครื่องแต่งกาย คือ เสื้อยืด กางเกงยัดชยาว และรองเท้าผ้าใบมาด้วย

3. ในระหว่างการทดสอบ

- 3.1 หากรู้สึกไม่สบาย หรือมีสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่คิดว่ากระทบกระเทือนต่อผลการทดสอบ ควรแจ้งให้เจ้าหน้าที่ทราบ

3.2 ระหว่างรอการทดสอบควรงนั่งพัก อย่าส่งเสียงดังหรือเล่นหยอกล้อกัน เพราะนอกจากจะรบกวนผู้ถูกทดสอบคนอื่น ๆ แล้ว ยังอาจเป็นผลเสียต่อการทดสอบของตนเองด้วย

3.3 ตั้งใจรับการทดสอบอย่างเต็มความสามารถ

แบบสอบถามเกี่ยวกับกิจกรรมต่าง ๆ ที่ปฏิบัติก่อนมาทำการทดสอบ

1. เข้านอนเวลา น. ตื่นนอนเวลา น.
รวมเวลาพักผ่อน ชม.
2. เวลาอาหารเช้า น.
3. เดินทางมาเรียนโดยใช้พาหนะประเภท
4. ใช้เวลาเดินทางมาเรียน ชม.
5. กิจกรรมต่าง ๆ ก่อนมาทดสอบ
.....
6. เดินทางมาทดสอบที่ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาการออกกำลังกาย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษาโดย
7. ใช้เวลาเดินทางมาถึงที่ทดสอบเป็นเวลา ชม.

ภาคผนวก ข.

แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของออสตรานด์และไรห์มิง (Astrand and Ryhming)

ความเป็นมา

การทดสอบออสตรานด์และไรห์มิง (Astrand and Ryhming) คือ การทดสอบสำหรับวัดค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด โดยทางอ้อมด้วยการวัดจากอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายด้วยการถีบจักรยานวัดงาน จนถึงระยะคงตัว (Steady State) แล้วนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจในระยะคงตัวไปเปิดตารางสำเร็จ (Nomogram) เพื่อเทียบหาค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด โดยที่อัตราการเต้นของหัวใจในระยะคงตัวนี้จะต้องไม่ต่ำกว่า 120 ครั้ง/นาที ซึ่งถ้าต่ำกว่านี้จะต้องเพิ่มความหนักของงานขึ้นอีก และในขณะเดียวกันอัตราการเต้นของหัวใจในระยะคงตัวก็ต้องไม่เกิน 170 ครั้ง/นาที เพราะถ้าสูงเกินกว่านี้จะให้ผลที่เชื่อถือได้น้อย เนื่องจากว่างานที่ทำนั้นหนักเกินไปจนทำให้สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดไม่มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงกับอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายนั่นเอง

อุปกรณ์

1. จักรยานวัดงานแบบโมนาร์ค (Monark Bicycle Ergometer) เป็นจักรยานล้อเดียวตั้งอยู่กับที่ มีสายพานพันรอบล้อ ซึ่งสามารถขึ้นให้ตึงหรือคลายให้หย่อนได้ระหว่างถีบ ถ้าสายพานตึง มีตัวเลขบอกน้ำหนักถ่วงจากสายพานเป็นกิโลปอนด์ (Kilopond)
2. เครื่องให้จังหวะ (Meternome) เพื่อให้การปั่นจักรยานสม่ำเสมอทุก ๆ นาที ความเร็วที่ตั้งไว้ 100 ครั้งต่อนาที
3. เครื่องตรวจฟัง (Stethoscope) สำหรับนับอัตราของหัวใจ

4. นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch) อ่านละเอียด 1/100 นาที
5. นาฬิกาตั้งโต๊ะ
6. เครื่องชั่งน้ำหนักมาตรฐาน (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

วิธีการทดสอบ

1. ตรวจสอบเครื่องให้จังหวะ (100 ครั้งต่อนาที)
2. ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งพักตามสบายอย่างน้อย 15 นาที ต่อจากนั้นวัดอัตราเต้นหัวใจขณะพัก
3. ให้ผู้รับการทดสอบขึ้นนั่งบนอาวน ปรับอาวนและที่จับให้เหมาะกับผู้ถูกทดสอบ (ชายี่ตลุดและเข้างอเล็กน้อย) คลายสายพานให้ตัวเลขอยู่ที่ 0
4. ให้ผู้ถูกทดสอบซ้อมถีบจักรยานก่อนรับการทดสอบด้วยงานในการทดสอบค่อนข้างเบานาน 3 นาที ด้วยความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที อัตราเต้นหัวใจขณะซ้อมไม่เกิน 100 ครั้งต่อนาที
5. พักนาน 2 นาที
6. เริ่มต้นทดสอบโดยให้ผู้รับการทดสอบถีบจักรยานวัดงานด้วยความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที โดยผู้ทดสอบเป็นชายใช้น้ำหนักถ่วงเริ่มต้น 2 กิโลปอนด์ (600 Kilopond-meter) สำหรับผู้หญิงใช้น้ำหนักถ่วงเริ่มต้น 1.5 กิโลปอนด์ (450 Kilopond-meter) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพทางกายของแต่ละคนด้วย และเริ่มจับเวลาตรวจเช็คน้ำหนักถ่วงอย่างน้อยนาทิละครั้ง
7. จับเวลาการเต้นของหัวใจ จำนวน 30 ครั้ง เมื่อผู้รับการทดสอบทำการทดสอบครบนาที (ทุกนาทีจนครบ 6 นาที) โดยใช้หูฟังที่ตรวจอกระดับหัวใจ
8. บันทึกเวลาการเต้นของหัวใจทุกนาที (6 นาที) นำเวลาการเต้นของหัวใจ 30 ครั้ง เปิดตาราง เทียบหาจำนวนการเต้นของหัวใจเป็น 1 นาที
 เช่น เวลาการเต้นของหัวใจ = 11.5 วินาที
 เมื่อเปิดตารางเทียบการเต้นของขึ้นจร = 157 ครั้ง/นาที
9. นำอัตราการเต้นของหัวใจในภาวะคงที่ จากการถีบจักรยานวัดงานไปเปิดตาราง หาค่าคาดคะเนของปริมาตรการจับออกซิเจน ตามวิธีของออสตรานด์

เช่น อัตราการเต้นของหัวใจในภาวะคงที่ = 157 ครั้ง/นาที
 ระดับความหนักของงาน = 600 Kilopondmeter/minute
 ปริมาตรการจับออกซิเจน = 2.1 ลิตร/นาที

10. นำความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ที่ได้มาแก้ค่าพยากรณ์ โดยเทียบ
 อายุ จากตาราง เช่น

ผู้ถูกทดสอบอายุ = 17 ปี
 ค่าที่ใช้แก้ค่าพยากรณ์ = 1.08
 ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด = 2.1×1.08
 = 2.2 ลิตร/นาที

11. เมื่อต้องการทราบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ในหน่วยเป็น
 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที หรือน้ำหนักตัวเข้ามาเกี่ยวข้อง ก็นำค่าความสามารถในการจับ
 ออกซิเจนสูงสุดในหน่วยลิตร/นาที ไปเปิดตาราง

เช่น ผู้รับการทดสอบ = 52 กิโลกรัม
 ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด = 42 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที

หมายเหตุ กรณีที่ผู้รับการทดสอบมีน้ำหนักร่างกายไม่ถึง 50 กิโลกรัม จะไม่สามารถ
 ไปเปิดตารางค่าการจับออกซิเจนโดยวัดเป็นมิลลิลิตรต่อน้ำหนักร่างกายเป็นกิโลกรัมต่อนาทีได้
 ก็ให้นำค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดมีหน่วยเป็นลิตร/นาที คูณด้วยค่าแก้พยากรณ์
 โดยเทียบอายุจากตาราง และคูณด้วย 1000 หาดด้วยน้ำหนักตัวผู้รับการทดสอบ จะได้ความ
 สามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดมีหน่วยเป็นมิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที

ตาราง 10 การเทียบหาอัตราการเดินทางของหัวใจต่อนาที โดยใช้ระยะเวลาคิดเป็นวินาที ที่นับได้
จากการนับจำนวนการเต้นของหัวใจ 30 ครั้งเป็นเกณฑ์

sec	beats/min	sec	beats/min	sec	beats/min
22.0	82	17.3	104	12.6	143
21.9	82	17.2	105	12.5	144
21.8	83	17.1	105	12.4	145
21.7	83	17.0	106	12.3	146
21.6	83	16.9	107	12.1	149
21.4	84	16.7	108	12.0	150
21.3	85	16.6	108	11.9	151
21.2	85	16.5	109	11.8	153
21.1	85	16.4	110	11.7	154
21.0	86	16.3	110	11.6	155
20.9	86	16.2	111	11.5	157
20.8	87	16.1	112	11.4	158
20.7	87	16.0	113	11.3	159
20.6	87	15.9	113	11.2	161
20.5	88	15.8	114	11.1	162
20.4	88	15.7	115	11.0	164
20.3	89	15.6	115	10.9	165
20.2	89	15.5	116	10.8	167
20.1	90	15.4	117	10.7	168
20.0	90	15.3	118	10.6	170
19.9	90	15.2	118	10.5	171
19.8	91	15.1	119	10.4	173
19.7	91	15.0	120	10.3	175
19.6	92	14.9	121	10.2	176
19.5	92	14.8	122	10.1	178
19.4	93	14.7	122	10.0	180
19.3	93	14.6	123	9.9	182
19.2	94	14.5	124	9.8	184
19.1	94	14.4	125	9.7	186
19.0	95	14.3	126	9.6	188
18.9	95	14.2	127	9.5	189
18.8	96	14.1	128	9.4	191
18.7	96	14.0	129	9.3	194
18.6	97	13.9	129	9.2	196
18.5	97	13.8	130	9.1	198
18.4	98	13.7	131	9.0	200
18.3	98	13.6	132	8.9	202
18.2	99	13.5	133	8.8	205
18.1	99	13.4	134	8.7	207
18.0	100	13.3	135	8.6	209
17.9	101	13.2	136	8.5	212
17.8	101	13.1	137	8.4	214
17.7	102	13.0	138	8.3	217
17.6	102	12.9	140	8.2	220
17.5	103	12.8	141	8.1	222
17.4	103	12.7	142	8.0	225

ตาราง 11 การคาดคะเนของปริมาณการจับออกซิเจนโดยวัดจากหัวใจและระดับความหนักของงาน

Men												Women												
Heart rate	Maximal oxygen uptake, liters/min						Heart rate	Maximal oxygen uptake, liters/min						Heart rate	Maximal oxygen uptake, liters/min									
	300 kpm/ min	600 kpm/ min	900 kpm/ min	1200 kpm/ min	1500 kpm/ min			300 kpm/ min	600 kpm/ min	900 kpm/ min	1200 kpm/ min	1500 kpm/ min			300 kpm/ min	600 kpm/ min	900 kpm/ min	1200 kpm/ min	1500 kpm/ min					
120	2.2	3.5	4.8				148	2.4	3.2	4.3	5.4		120	2.6	3.4	4.1	4.8		148	1.6	3.1	3.6	3.1	3.6
121	2.2	3.4	4.7				149	2.3	3.2	4.3	5.4		121	2.5	3.3	4.0	4.8		149		3.1	3.6	3.0	3.5
122	2.2	3.4	4.6				150	2.3	3.2	4.2	5.3		122	2.5	3.2	3.9	4.7		150		3.0	3.5	3.0	3.5
123	2.1	3.4	4.6				151	2.3	3.1	4.2	5.2		123	2.4	3.1	3.8	4.6		151		2.0	2.5	3.0	3.4
124	2.1	3.3	4.5	6.0			152	2.3	3.1	4.1	5.2		124	2.4	3.1	3.8	4.5		152		2.0	2.5	3.0	3.4
125	2.0	3.2	4.4	5.9			153	2.2	3.0	4.1	5.1		125	2.3	3.0	3.7	4.4		153		2.0	2.4	2.9	3.3
126	2.0	3.2	4.4	5.8			154	2.2	3.0	4.0	5.1		126	2.3	3.0	3.6	4.3		154		2.0	2.4	2.8	3.2
127	2.0	3.1	4.3	5.7			155	2.2	3.0	4.0	5.0		127	2.2	2.9	3.5	4.2		155		1.9	2.4	2.8	3.2
128	2.0	3.1	4.2	5.6			156	2.2	2.9	4.0	5.0		128	2.2	2.8	3.5	4.2	4.8	156		1.9	2.3	2.8	3.2
129	1.9	3.0	4.2	5.6			157	2.1	2.9	3.9	4.9		129	2.2	2.8	3.4	4.1	4.8	157		1.9	2.3	2.7	3.1
130	1.9	3.0	4.1	5.5			158	2.1	2.9	3.9	4.9		130	2.1	2.7	3.4	4.0	4.7	158		1.8	2.3	2.7	3.1
131	1.9	2.9	4.0	5.4			159	2.1	2.8	3.8	4.8		131	2.1	2.7	3.4	4.0	4.6	159		1.8	2.2	2.7	3.1
132	1.8	2.8	4.0	5.3			160	2.1	2.8	3.8	4.8		132	2.0	2.7	3.3	3.9	4.5	160		1.8	2.2	2.6	3.0
133	1.8	2.8	3.9	5.3			161	2.0	2.8	3.7	4.7		133	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	161		1.8	2.2	2.6	3.0
134	1.8	2.8	3.9	5.2			162	2.0	2.8	3.7	4.6		134	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	162		1.8	2.2	2.6	3.0
135	1.7	2.8	3.8	5.1			163	2.0	2.8	3.7	4.6		135	2.0	2.6	3.1	3.7	4.3	163		1.7	2.2	2.6	2.9
136	1.7	2.7	3.8	5.0			164	2.0	2.7	3.6	4.5		136	1.9	2.5	3.1	3.6	4.2	164		1.7	2.2	2.6	2.9
137	1.7	2.7	3.7	5.0			165	2.0	2.7	3.6	4.5		137	1.9	2.5	3.0	3.6	4.2	165		1.7	2.1	2.5	2.9
138	1.6	2.7	3.7	4.9			166	1.9	2.7	3.6	4.5		138	1.8	2.4	3.0	3.5	4.1	166		1.7	2.1	2.5	2.9
139	1.6	2.6	3.6	4.8			167	1.9	2.6	3.5	4.4		139	1.8	2.4	2.9	3.5	4.0	167		1.6	2.1	2.5	2.8
140	1.6	2.6	3.6	4.8	6.0		168	1.9	2.6	3.5	4.4		140	1.8	2.4	2.8	3.4	4.0	168		1.6	2.0	2.4	2.8
141	2.0	3.5	4.7	5.9			169	1.9	2.6	3.5	4.3		141	1.8	2.3	2.8	3.4	3.9	169		1.6	2.0	2.4	2.8
142	2.5	3.5	4.6	5.8			170	1.8	2.6	3.4	4.3		142	1.7	2.3	2.8	3.3	3.9	170		1.6	2.0	2.4	2.7
143	2.5	3.4	4.6	5.7				1.7	2.2	2.7	3.3	3.8		143	1.7	2.2	2.7	3.3	3.8			2.0	2.4	2.7
144	2.5	3.4	4.5	5.7				1.7	2.2	2.7	3.2	3.8		144	1.7	2.2	2.7	3.2	3.8					
145	2.4	3.4	4.5	5.6				1.6	2.2	2.7	3.2	3.7		145	1.6	2.2	2.7	3.2	3.7					
146	2.4	3.3	4.4	5.6				1.6	2.2	2.6	3.2	3.7		146	1.6	2.2	2.6	3.2	3.7					
147	2.4	3.3	4.4	5.5				1.6	2.1	2.6	3.1	3.6		147	1.6	2.1	2.6	3.1	3.6					

Source: From a nomogram by I. Astrand: *Astrin Physical*, Second, 49 (Suppl. 169):45-60, 1960.

ตาราง 13 ค่าที่ใช้ในการแก้ค่าพยากรณ์เกี่ยวกับความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด

Age	Factor
36	.89
35	.90
34	.91
33	.92
32	.93
31	.94
30	.95
29	.96
28	.97
27	.98
26	.99
25	1.00
24	1.01
23	1.02
22	1.03
21	1.04
20	1.05
19	1.06
18	1.07
17	1.08
16	1.09
15	1.10
14	1.11
13	1.12
12	1.13
11	1.14
10	1.15

แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของ พี ดับเบิลยู ซี-170

(PWC₁₇₀)

ความเป็นมา

การทดสอบ (PWC₁₇₀) คือ การทดสอบเพื่อคาดคะเนสมรรถภาพการทำงานของร่างกาย (Physical Working Capacity) จากอัตราชีพจรเมื่อภาวะการทำงานที่ความหนักของงานต่ำกว่าสูงสุด (Submaximal Loads) หรือประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถทำงานได้เต็มที่ โดยอาศัยพื้นฐานความรู้ที่ว่าอัตราชีพจรจะสูงขึ้น เมื่อความหนักของงานเพิ่มขึ้น (de Vries. 1974 : 230 - 231)

อุปกรณ์

1. จักรยานวัดงานแบบโมนาร์ค (Monark Bicycle Ergometer) เป็นจักรยานล้อเดียวตั้งอยู่กับที่ มีสายพานพันรอบล้อ ซึ่งสามารถขึ้นให้ตึงหรือคลายให้หย่อนได้ระหว่างถีบถ้าสายพานตึง มีตัวเลขบอกน้ำหนักถ่วงจากสายพานเป็นกิโลปอนด์ (Kilopond)
2. เครื่องให้จังหวะ (Meternome) เพื่อให้การปั่นจักรยานสม่ำเสมอทุก ๆ นาที ความเร็วที่ตั้งไว้ 100 ครั้งต่อนาที
3. เครื่องตรวจฟัง (Stethoscope) สำหรับนับอัตราของหัวใจ
4. นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch) อ่านละเอียด 1/100 นาที
5. นาฬิกาตั้งโต๊ะ
6. เครื่องชั่งน้ำหนักมาตรฐาน (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

วิธีการทดสอบ

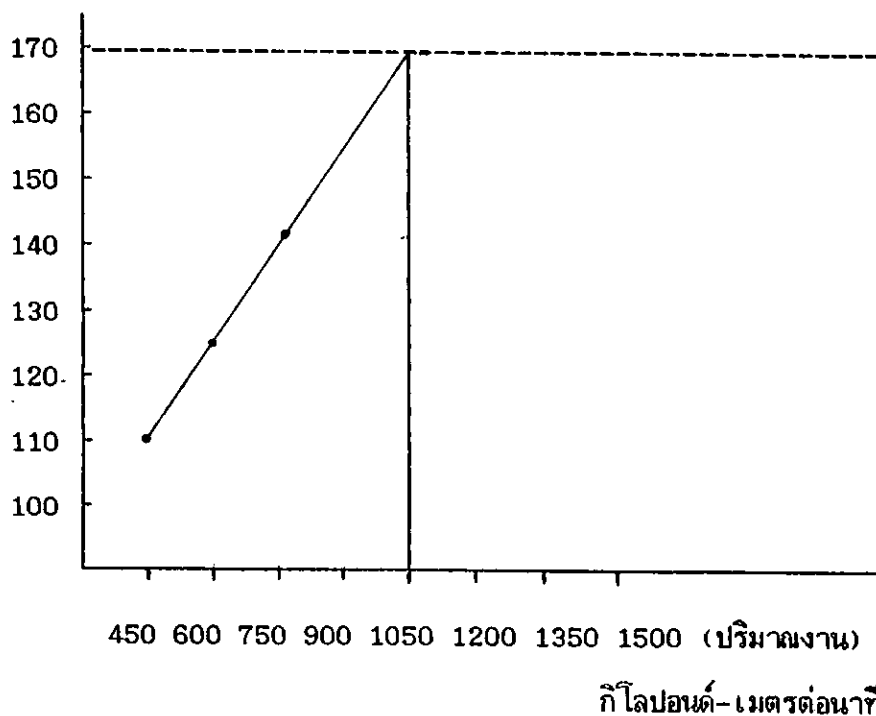
1. ตรวจสอบเครื่องให้จังหวะ (100 ครั้งต่อนาที)
2. ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งพักตามสบายอย่างน้อย 15 นาที ค่อยจากนั้นวัดอัตราเต้นหัวใจขณะพัก
3. ให้ผู้รับการทดสอบพักผ่อนบนนอน ปรับอุณหภูมิและที่จับให้เหมาะสมกับผู้ถูกทดสอบ (ชายดีที่สุดและเข้าอเล็กน้อย) คลายสาขานานให้ตัวเลขอยู่ที่ 0
4. ให้ผู้ถูกทดสอบซ้อมถีบจักรยานก่อนรับการทดสอบ ด้วยงานในการทดสอบค่อนข้างเบานาน 3 นาที ด้วยความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที
5. นึกนาน 2 นาที
6. เริ่มต้นทดสอบโดยให้ผู้รับการทดสอบถีบจักรยานวัดงานด้วยความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที โดยผู้ทดสอบเป็นชาย ใช้น้ำหนักถ่วงเริ่มต้น 300, 450 หรือ 600 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที (Kpm/min) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพทางกายของแต่ละคน ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายค่อนข้างต่ำ เริ่มโดยใช้น้ำหนักถ่วงต่ำ (300 Kpm/min) ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายดีให้เริ่มโดยใช้น้ำหนักถ่วงสูง (450 หรือ 600 Kpm/min ตามลำดับ)
7. สำหรับผู้หญิงใช้น้ำหนักถ่วงเริ่มต้น 150, 300 หรือ 450 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที (Kpm/min) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพทางกายของแต่ละคน ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายค่อนข้างต่ำเริ่มโดยใช้น้ำหนักถ่วงต่ำ (150 Kpm/min) ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายดีให้เริ่มโดยใช้น้ำหนักถ่วงสูง (300 หรือ 450 Kpm/min ตามลำดับ)
8. เพิ่มงานหนัก 150 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที ทุก ๆ 2 นาที (0.5 กิโลปอนด์ = 150 Kpm/min) ใช้เวลาทดสอบทั้งสิ้น 6 นาที
9. บันทึกอัตราหัวใจในช่วงเวลาระหว่าง 50 - 60 วินาทีของนาฬิกาที่ 2, 4 และ 6 จับเวลาอัตราการเต้นของหัวใจจำนวน 30 ครั้ง โดยใช้นิ้วที่ตรวจอกระดับหัวใจ
10. ให้ผู้ทดสอบนั่งพักจนอัตราเต้นหัวใจลดต่ำกว่า 100 ครั้งต่อนาที
11. นำเวลาการเต้นของหัวใจ 30 ครั้ง เปิดตาราง - เทียบหาจำนวนการเต้นของหัวใจเป็นนาที

เช่น เวลาการเต้นของหัวใจ = 16.3 วินาที

เมื่อเปิดตารางเทียบการเต้นของหัวใจ = 110 ครั้ง/นาที

12. นำเอาอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายในนาทีที่ 2, 4 และ 6 มาเขียนบนกระดาษกราฟ (ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 2)

ชื่อ	นายสภาพ รัตนสกุล	วันที่ทำการทดสอบ	พุธที่ 20 เมษายน 2532
อายุ	23 ปี	ทดสอบเวลา	13.00 น.
อัตราชีพจรขณะพัก	70 ครั้ง/นาที	อัตราชีพจรเป้าหมาย	170 ครั้ง/นาที
น้ำหนัก	57 กก.	PWC ₁₇₀	1050 Kpm/min
ส่วนสูง	168 ซม.	PWC ₁₇₀ /กก.	42.10 Kpm/min
อัตราการเต้นของหัวใจ			
ขณะออกกำลังกาย (ครั้ง/นาที)			



ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างใบบันทึกแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด
พี ดับเบิลยู ซี-170 (PWC₁₇₀)

13. ตามทฤษฎีแล้วอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มเป็นสัดส่วนกับงานที่เพิ่ม และสามารถต่อจุดขึ้นจากราคาจุดที่ 1, 3 หรือ 4 จุดเป็นแนวเส้นตรงไปตัดกับเส้นแนวนอน จากจุดอัตราการเต้นของหัวใจ 170 ครั้ง/นาที จากจุดนั้นลากเส้นแนวตั้งมาพบกับเส้นแนวนอนบนกันที่ระดับใดถือว่าจุดนั้นเป็นค่าปริมาณงานสูงสุด นำค่าที่ได้มาหารกับน้ำหนักตัวของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน จะได้ค่าปริมาณงานสูงสุดต่อน้ำหนักตัวของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน จะได้ค่าปริมาณงานสูงสุดต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

14. เปลี่ยนปริมาณงานสูงสุดเป็นความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) ได้ด้วยสูตรของ อเมริกันสปอร์ตเมดิซีน (American Sports Medicine. 1980 : 146)

$$\dot{V}O_2 = (\text{Kpm/min}) \times 2 \text{ ml/kpm} + 300 \text{ ml/min}$$

เมื่อ $\dot{V}O_2$ = อัตราการจับออกซิเจนเป็นมิลลิลิตรต่อนาที

Kpm/min = ปริมาณงานในการทดสอบเป็นกิโลปอนด์-เมตรต่อนาที

2 ml/Kpm = อัตราการจับออกซิเจนเป็นมิลลิลิตรต่อนาที เมื่อทำงานหนัก
1 กิโลปอนด์-เมตร

300 ml/min = อัตราการจับออกซิเจนเมื่อนั่งบนจักรยานวัดงานโดยไม่ให้ทำงานในการทดสอบ

ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) ที่คำนวณได้มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อนาที เมื่อหารด้วยน้ำหนักตัวของผู้รับการทดสอบจะมีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของ ไอ ซี เอส พี เอฟ ที (ICSPFT)

ความเป็นมา

การทดสอบ (ICSPFT) คือ การทดสอบความสมบูรณ์ทางกายเกี่ยวกับสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) ด้วยจักรยานวัดงานตามแบบของคณะกรรมการนานาชาติ เพื่อจัดมาตรฐานการทดสอบสมรรถภาพทางกาย (International Committee for Standardization of Physical Fitness Test) โดยใช้หลักการเพิ่มปริมาณในการทดสอบขึ้นเรื่อย ๆ ด้วยจักรยานวัดงาน (Bicycle-Ergometer) จนอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดตามอายุของแต่ละคน (Submaximal Bicycle Ergometer Test)

อุปกรณ์

1. จักรยานวัดงานแบบโมนาร์ค (Monark Bicycle Ergometer) เป็นจักรยานล้อเดียว ตั้งอยู่กับที่ มีสายพานพันรอบล้อ ซึ่งสามารถขึ้นให้ตึงหรือคลายให้หย่อนได้ระหว่างกับถ้าสายพานตึง มีตัวเลขบอกน้ำหนักถ่วงจากสายพานเป็นกิโลปอนด์ (Kilopond)
2. เครื่องให้จังหวะ (Metronome) สำหรับนับอัตราการเต้นของหัวใจ
3. เครื่องตรวจฟัง (Stethoscope)
4. นาฬิกาตั้งโต๊ะ
5. นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch) อ่านละเอียด 1/100 นาที
6. เครื่องชั่งน้ำหนักมาตรฐาน (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

วิธีการทดสอบ

1. ตรวจสอบเครื่องให้จังหวะ 100 ครั้งต่อนาที

2. ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งพักตามสบายอย่างน้อย 15 นาที ต่อจากนั้นวัดอัตราเต้นหัวใจขณะพัก
3. ให้ผู้รับการทดสอบขึ้นนั่งบนอาน ปรับอานและที่จับให้เหมาะสมกับผู้ถูกทดสอบ (ชายยืดสุดและเข่างอเล็กน้อย) คลายสายพานให้ตัวเลขอยู่ที่ 0
4. ให้ผู้ถูกทดสอบซ้อมถีบจักรยานก่อนรับการทดสอบด้วยงานในการทดสอบก่อนข้างบนาน 3 นาที ด้วยความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที อัตราเต้นหัวใจขณะซ้อมไม่เกิน 100 ครั้งต่อนาที
5. พักนาน 2 นาที
6. เริ่มต้นทดสอบโดยให้ผู้รับการทดสอบถีบจักรยานวัดงานด้วยความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที โดยผู้ทดสอบเป็นชายใช้น้ำหนักถ่วงเริ่มต้น 450 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที (Kpm/min) สำหรับผู้หญิงใช้น้ำหนักถ่วงเริ่มต้น 300 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที (Kpm/min) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพทางกายของแต่ละคน
7. เพิ่มงานหนัก 150 กิโลปอนด์-เมตรต่อนาทีทุก ๆ 2 นาที (0.5 กิโลปอนด์ = 150 Kpm/min)
8. จะหยุดทดสอบเมื่ออัตราเต้นหัวใจเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 85-90 ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุดตามอายุ โดยคำนวณจากสูตรของคาร์วโนเนน (Karvonen. 1957 : 307 - 315) ดังนี้

$$\text{อัตราเต้นหัวใจเป้าหมาย} = \text{อัตราเต้นหัวใจขณะพัก} + 85 \% (\text{อัตราเต้นหัวใจสูงสุด} - \text{อัตราเต้นหัวใจขณะพัก})$$
 เช่น ผู้ทดสอบอายุ 20 ปี อัตราเต้นหัวใจขณะพัก = 70 ครั้ง/นาที

$$\begin{aligned} \text{อัตราเต้นหัวใจเป้าหมาย} &= 70 + .85 \times (220 - 20) - 70 \\ &= 180 \text{ ครั้ง/นาที} \end{aligned}$$
9. บันทึกอัตราหัวใจในช่วงเวลาระหว่าง 50 - 60 วินาที ของทุก ๆ 2 นาที จนกว่าจะถึงอัตราเต้นหัวใจเป้าหมายและหยุดทำการทดสอบ โดยจับเวลาอัตราการเต้นของหัวใจจำนวน 30 ครั้ง โดยใช้หูฟังที่ตรวจอกระดับหัวใจ
10. ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งพักจนอัตราเต้นหัวใจลดต่ำกว่า 100 ครั้งต่อนาที

11. นำเวลาการเต้นของหัวใจ 30 ครั้ง เปิดตาราง เทียบหาจำนวนการเต้นของหัวใจเป็นนาที

$$\begin{aligned} \text{เช่น เวลาการเต้นของหัวใจ} &= 16.3 \text{ วินาที} \\ \text{เมื่อเปิดตารางเทียบการเต้นของหัวใจ} &= 110 \text{ ครั้ง/นาที} \end{aligned}$$

12. นำเอาปริมาณงานในการทดสอบ (กิโลปอนด์-เมตรต่อนาที) และอัตราเต้นหัวใจขณะทดสอบที่ปริมาณงานระดับเดียวกัน (ครั้งต่อนาที) ไปเขียนกราฟจะได้กราฟเส้นตรง แล้วต่อกราฟเส้นตรงที่ได้ไปยังระดับอัตราเต้นใจสูงสุด ตามอายุของแต่ละคน จากจุดนั้นลากเส้นแนวตั้งมาพบกับเส้นแนวนอน พบกันที่ระดับใดถือว่าจุดนั้นเป็นค่าปริมาณงานสูงสุด นำค่าที่ได้มาหารกับน้ำหนักตัวของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน จะได้ปริมาณงานสูงสุดต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 3)

13. เปลี่ยนปริมาณงานสูงสุดเป็นความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) ได้ด้วยสูตรของลาร์สัน (Larson. 1974 : 477 - 487)

$$\begin{aligned} \dot{V}O_2 &= (\text{Kpm} \times 1.78) + 1.5 \text{ Mets} \\ \text{เมื่อ } \dot{V}O_2 &= \text{อัตราการจับออกซิเจนเป็นมิลลิลิตรต่อนาที} \\ \text{Kpm} &= \text{ปริมาณงานในการทดสอบเป็นกิโลปอนด์-เมตรต่อนาที} \\ 1.78 &= \text{อัตราการจับออกซิเจนเป็นมิลลิลิตรต่อนาที เมื่อทำงานหนัก 1 กิโลปอนด์เมตร} \\ \text{Met} &= \text{หน่วยของการจับออกซิเจน ซึ่งกำหนดว่า 1 Kpm เท่ากับ} \\ &\quad \text{อัตราการจับออกซิเจนในขณะพักเต็มที่ที่มีค่า 3.5 มิลลิลิตรต่อ} \\ &\quad \text{กิโลกรัมต่อนาที} \\ 1.5 \text{ Mets} &= \text{อัตราการจับออกซิเจนเมื่อนั่งถีบจักรยานวัดงานโดยไม่ให้งาน} \\ &\quad \text{ในการทดสอบซึ่งเท่ากับ } 1.5 \times 3.5 \times \text{น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)} \\ &\quad \text{มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อนาที} \end{aligned}$$

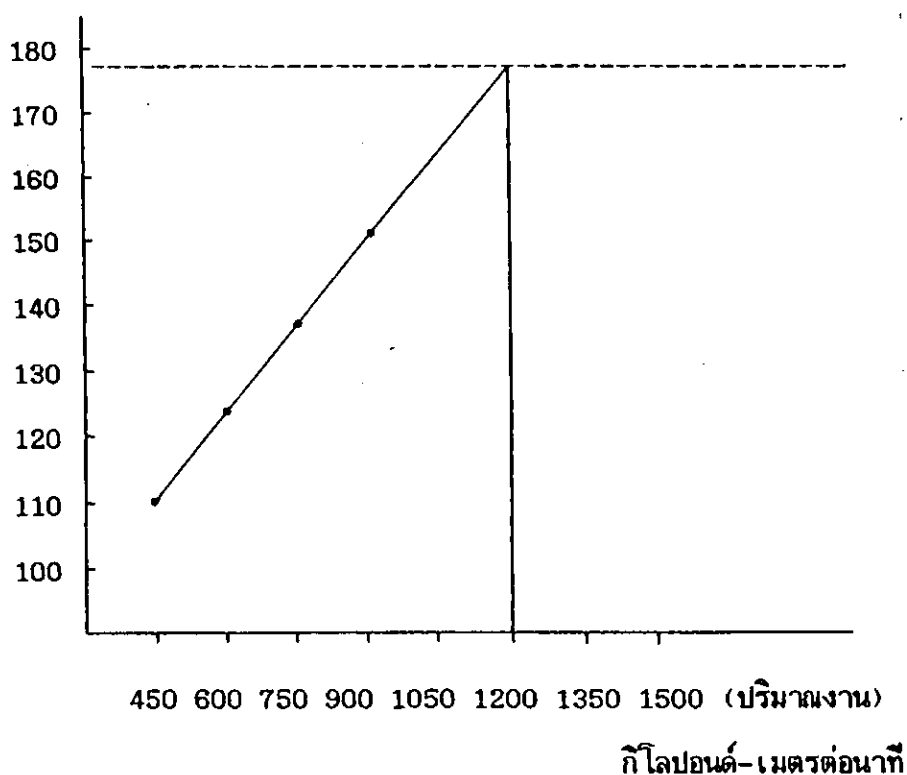
ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) ที่คำนวณได้มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อนาที เมื่อหารด้วยน้ำหนักตัวของผู้รับการทดสอบจะมีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อน้ำหนักโลกรัมต่อนาที

ข้อบ่งชี้ให้หยุดการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$)

1. เมื่อผู้รับการทดสอบมีอาการดังต่อไปนี้
 - 1.1 เจ็บหน้าอก หรือเหนื่อยจนหายใจลำบาก หรือเหนื่อยจนหมดแรง
 - 1.2 มีอาการแสดงของเลือดไปเลี้ยงสมองไม่พอ เช่น เวียนศีรษะ หน้ามืด เสียการทรงตัวสับสน หรือขาดความร่วมมือในการทดสอบ
 - 1.3 มีอาการแสดงการขาดเลือดไปเลี้ยงอวัยวะส่วนปลาย เช่น ปวดกล้ามเนื้อ ขามาก มือและเท้าเย็น ชีตหรือเขียว
 - 1.4 มีอาการความดันเลือดสูง เช่น ปวดศีรษะ หรือตามืด
2. ความดันเลือดสูงเกิน 250/130 มิลลิลิตรปรอท หรือความดันซิสโตลิก (Systolic) ลดต่ำลงมากกว่า 25 มิลลิลิตรปรอท เมื่อเพิ่มปริมาณงานในการทดสอบขึ้น
3. เมื่ออัตราเต้นหัวใจขณะออกกำลังกายมีค่าเท่ากับร้อยละ 85 - 90 ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุดตามอายุ

ชื่อ นายสถาพร รัตนสกุล	วันที่ทำการทดสอบ พฤศจิกายน 21 เมษายน 2532
อายุ 23 ปี	ทดสอบเวลา 13.00 น.
อัตราชีพจรขณะพัก 70 ครั้ง/นาที	อัตราชีพจรเป้าหมาย 177 ครั้ง/นาที
น้ำหนัก 57 กก.	ICSPFT 1200 Kpm/min
ส่วนสูง 168 ซม.	ICSPFT/kk. 42.72 Kpm/min

อัตราการเต้นของหัวใจ
ขณะออกกำลังกาย (ครั้ง/นาที)



ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างใบบันทึกแบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด
ไอ ซี เอส พี เอฟ ที (ICSPFT)

แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดลู่กลของบอลกี
(Balke Treadmill)

แบบทดสอบลู่กล ของบอลกี คือ การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดโดยให้ทำงานในภาวะสูงสุด (Maximal Work)

อุปกรณ์

1. ลู่กล (Treadmill)
2. เครื่องวัดชีพจร (Pulse meter)
3. นาฬิกาตั้งโต๊ะ

การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด โดยการเดินบนลู่กลด้วยวิธีของบอลกี (Balke) มีวิธีการดังนี้

1. เริ่มการทดสอบโดยผู้ทดสอบเป็นชาย ตั้งความเร็วของลู่กลที่ 3.4 ไมล์ต่อชั่วโมง (90 เมตร ต่อ นาที) สำหรับผู้หญิงตั้งความเร็วของลู่กลที่ 3 ไมล์ต่อชั่วโมง (80 เมตรต่อ นาที) ให้ผู้รับการทดสอบเดินบนลู่กลตามแนวระดับ (Horizontal) เป็นเวลา 1 นาที
2. เมื่อหมดเวลา 1 นาที ให้เพิ่มระดับความชันของลู่กลขึ้น 2 เปอร์เซ็นต์ (โดยดูขีดบอกระดับความชันของลู่กล)
3. เมื่อหมดเวลา 1 นาที อีกครั้ง หลังจากหมดเวลา 1 นาทีแรกให้เพิ่มระดับความชันของลู่กลขึ้นอีก 1 เปอร์เซ็นต์ ของทุก ๆ นาที และจะตรวจนับชีพจรทุกนาทีด้วย
4. หยุดทำการทดสอบเมื่อผู้รับการทดสอบถึงการทำงานในภาวะสูงสุด (Maximal Work) คือ ไม่สามารถที่จะทำการทดสอบต่อไปได้อีก หรือเมื่อผู้รับการทดสอบมีอาการดังต่อไปนี้
 - 4.1 เจ็บหน้าอก หรือเหนื่อยจนหายใจลำบาก หรือเหนื่อยจนหมดแรง
 - 4.2 มีอาการแสดงของเลือดไปเลี้ยงสมองไม่พอ เช่น เวียนศีรษะ หน้ามืด

- 4.3 มีอาการแสดงการขาดเลือดไปเลี้ยงอวัยวะส่วนปลาย เช่น ปวดกล้ามเนื้อขา
- 4.4 มีอาการความดันเลือดสูง เช่น ปวดศีรษะ หรือตามัว
- 4.5 ความดันเลือดสูงเกิน 250/130 มิลลิเมตรปรอท หรือความดันซิสโตลิก (Systolic) ลดต่ำลงมากกว่า 25 มิลลิเมตรปรอท เมื่อเพิ่มปริมาณงานในการทดสอบขึ้น
- 4.6 เมื่ออัตราเต้นหัวใจขณะออกกำลังกายมีค่าเท่ากับอัตราเต้นหัวใจสูงสุดตามอายุของแต่ละคนโดยคำนวณได้จากสูตรของนายฟอกซ์ และคนอื่น ๆ (Fox and others. 1971 : 404 - 432) คือ อัตราเต้นหัวใจ

$$= 220 - \text{อายุ}$$

5. ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดที่ผู้ทดสอบทำได้เมื่อเทียบจากตารางแบบทดสอบลูกลของบอลก์ (Balke Treadmill) แล้วมีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ตัวอย่างเช่น เมื่อทำการทดสอบแบบลูกลของบอลก์แล้ว ปรากฏว่า ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดที่ผู้ทดสอบทำได้หลังจากทำงานในภาวะสูงสุด (Maximal Work) คือ 34.55 มิลลิลิตร/1 กิโลกรัม/นาที (9.87 METS)

หมายเหตุ ในกรณีที่ผู้ทดสอบทำการทดสอบจนหมดระดับความชันแล้ว แต่อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ทดสอบยังเด่นอยู่ในระดับ 85% ของระยะสูงสุดของอัตราการเต้นของหัวใจ แสดงว่าผู้ทดสอบยังไม่ได้ทำงานในภาวะสูงสุด ให้คำนวณค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) โดยใช้สูตรของฟอกซ์ และคนอื่น ๆ (Fox, S.M. and others. 1978 : 300 - 301)

1. หาค่าการสร้างพลังงาน (MET) จากการใช้ออกซิเจนที่สมมูลยด์กับระยะเวลาที่ออกกำลังกายบนลูกล โดยให้ค่าสูงถึง 85 % ของระยะสูงสุดของอัตราการเต้นของหัวใจ
2. คูณค่าที่ได้ด้วย 0.174 ค่าคงที่ (Constant Value)
3. นำคำตอบที่ได้ไปบวกกับค่าแรกที่ได้ในข้อ 1

ตัวอย่างเช่น ถ้าบุคคลมีอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย (Target Heart Rate) 179 ครั้ง/นาที เมื่อทำการทดสอบแบบบอลก์ ลูกล (Balke Treadmill) แล้วปรากฏว่า ค่าแรก

ของการใช้ออกซิเจนสูงสุดหลังจากออกกำลังกายจนอัตราการเต้นของหัวใจ 179 ครั้ง/นาทีได้ 34.5 มิลลิลิตร/1 กิโลกรัม/นาที (9.9 METS) คูณ 34.5 ด้วย 0.174 จะได้ 6.0 มิลลิลิตร/1 กิโลกรัม/นาที นำเอาเอา 6.0 ไปบวกกับ 34.5 ดังนั้นค่าประมาณของการใช้ออกซิเจนสูงสุด คือ 40.5 มิลลิลิตร/1กิโลกรัม/นาที (11.6 METS)

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) ที่คำนวณได้มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที

ตาราง 14 การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดลู่กลของบอลกี (ชาย)

ชื่อ - นามสกุล อายุ เพศ วันที่

ขณะพัก อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต

ขณะนอน /

ขณะยืน /

3.4 ไมล์/ชั่วโมง

ระดับความชัน	METS	O ₂	อัตราการเต้น ของหัวใจ	ความดันโลหิต	ผลการทดสอบ คลื่นไฟฟ้าหัวใจ
0	3.4	11.9			
2	4.2	14.7			
3	4.7	16.45			
4	5.1	17.85			
5	5.7	19.95			
6	6.1	21.35			
7	6.6	23.1			
8	7.1	24.85			
9	7.5	26.25			
10	8.0	28.0			
11	8.5	29.75			
12	9.0	31.5			

ตาราง 14 (ต่อ)

ระดับความชัน	METS	O ₂	อัตราการเต้น ของหัวใจ	ความดันโลหิต	ผลการทดสอบ คลื่นไฟฟ้าหัวใจ
13	9.4	32.9			
14	9.9	34.65			
15	10.3	36.05			
16	10.8	37.8			
17	11.2	39.2			
18	11.7	40.95			
19	12.2	42.7			
20	12.7	44.45			
21	13.2	46.2			
22	13.6	47.6			
23	14.0	49.0			
24	14.9	52.15			
25	15.3	53.55			

การฟื้นคืนสภาพปกติ

อัตราการเต้นของหัวใจ

ความดันโลหิต

3 นาที /

5 นาที /

8 นาที /

เหตุผลของการหยุด : ความกังวล ☐ การหายใจขัด ☐ อาการคลื่นไส้ ☐
 เวียนศีรษะ ☐ เจ็บหน้าอก ☐ ขาหมดกำลัง ☐
 เหนื่อยผิดปกติ ☐ ปวดเมื่อย ☐ ความดันโลหิตต่ำ ☐
 คลื่นไฟฟ้าหัวใจเปลี่ยนแปลง ☐ ความดันโลหิตสูง ☐
 อื่น ๆ

METS หมายถึง อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย 1 Met เท่ากับ การใช้พลังงานใน
 ขณะพัก หรือประมาณ 1.25 แคลอรี (หรือออกซิเจนเท่ากับ 0.25 ลิตร)
 เช่น 7 Met หมายถึง อัตราการใช้พลังงานซึ่งมากกว่าขณะพักเท่ากับ
 7 เท่า หรือเท่ากับ 8.75 แคลอรี (Getchell. 1979 : 42)

ตาราง 15 การทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดลู่กลของบอลกี (หญิง)

ชื่อ - นามสกุล อายุ เพศ วันที่

ขณะพัก อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต

ขณะนอน /

ขณะยืน /

3 ไมล์/ชั่วโมง

ระดับความชัน	METS	O ₂	อัตราการเต้น ของหัวใจ	ความดันโลหิต	ผลการทดสอบ คลื่นไฟฟ้าหัวใจ
0	3.0	10.5			
2	3.9	13.65			
3	4.2	14.7			
4	4.5	15.75			
5	5.0	17.5			
6	5.4	18.9			
7	5.8	20.3			
8	6.2	21.7			
9	6.6	23.1			
10	7.0	24.5			
11	7.45	26.08			
12	7.9	27.65			

ตาราง 15 (ต่อ)

ระดับความชัน	METS	O ₂	อัตราการเต้น ของหัวใจ	ความดันโลหิต	ผลการทดสอบ คลื่นไฟฟ้าหัวใจ
13	8.3	29.05			
14	8.7	30.45			
15	9.0	31.5			
16	9.5	33.25			
17	9.87	34.55			
18	10.25	35.88			
19	10.63	37.21			
20	11.0	38.5			

การฟื้นคืนสภาพปกติ

อัตราการเต้นของหัวใจ

ความดันโลหิต

3 นาที /

5 นาที /

8 นาที /

เหตุผลของการหยุด : ความวิตกกังวล ☐ การหายใจขัด ☐ อาการคลื่นไส้ ☐เวียนศีรษะ ☐ เจ็บหน้าอก ☐ ขาหมดกำลัง ☐เดินผิดปกติ ☐ ปวดเมื่อย ☐ ความดันโลหิตต่ำ ☐คลื่นไฟฟ้าหัวใจเปลี่ยนแปลง ☐ ความดันโลหิตสูง ☐

อื่น ๆ

Mets หมายถึง อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย 1 Met เท่ากับ การใช้พลังงานในขณะพัก หรือประมาณ 1.25 แคลอรี (หรือออกซิเจนเท่ากับ 0.25 ลิตร) เช่น 7 Met หมายถึง อัตราการใช้พลังงานซึ่งมากกว่าขณะพัก เท่ากับ 7 เท่า หรือ เท่ากับ 8.75 แคลอรี (Getchell. 1979 : 42)

แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด วึ่ง 12 นาทีของคูเปอร์
(12 minutes Test)

หลักการที่สำคัญ คือ ต้องการรู้ระยะทางที่ผู้ทดสอบทำได้ในเวลา 12 นาที เพื่อที่จะได้นำระยะทาง
ที่ทำได้กับเวลาเข้าตารางสำเร็จ (Nomogram) เพื่อเทียบหาค่าประมาณของการใช้ออกซิเจน
สูงสุด

อุปกรณ์

1. นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch) ที่สามารถบอกเวลาได้ละเอียด 1/100 วินาที
2. ชงบอกระยะทางทุก ๆ 20 เมตร
3. สนามวิ่ง 400 เมตร โดยรอบ ๆ สนามปักธงไว้ทุก ๆ ระยะทาง 20 เมตร

เจ้าหน้าที่

ผู้ปล่อยตัวและจับเวลา 1 คน ผู้บันทึก 1 คน

วิธีทดสอบ

1. เมื่อให้สัญญาณ "เข้าที่" ผู้รับการทดสอบยืนให้เท้าหนึ่งแต่ละเส้นเริ่ม เมื่อพร้อม และ
ให้ผู้ทำการทดสอบสั่ง "ไป" พร้อมกับกดนาฬิกาจับเวลา ผู้รับการทดสอบออกวิ่งไปตามทางที่กำหนด
ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ (เน้นให้วิ่งเต็มที่) โดยกำหนดให้วิ่งจนครบ 12 นาที โดยใช้เวลา
เป็นเกณฑ์
2. ขณะที่ผู้รับการทดสอบวิ่ง ผู้ทำการทดสอบจะบอกเวลาที่ใช้วิ่งในแต่ละรอบเพื่อ
ให้ผู้รับการทดสอบสามารถคาดคะเนระยะทาง และใช้แรงได้ถูกต้อง และพยายามกระตุ้นให้

ผู้รับการทดสอบวิ่งให้เร็วที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ (ถ้าผู้ทดสอบไม่สามารถวิ่งได้ตลอดระยะเวลา 12 นาทีจริง ๆ ให้เดินสลับวิ่งได้)

3. พยายามทดสอบครั้งละ 2 คนขึ้นไป เพื่อให้ผู้รับการทดสอบอยู่ในภาวะคล้ายการแข่งขัน ซึ่งจะทำให้ผู้รับการทดสอบต้องพยายามวิ่งอย่างเต็มความสามารถ

4. บันทึกระยะทางที่ผู้ทดสอบทำได้

5. นำระยะทางที่ผู้ทดสอบทำได้ กับเวลาในการทดสอบ 12 นาที ไปเข้าตารางสำเร็จ (Nomogram) เพื่อเทียบหาค่าประมาณของการจับออกซิเจนสูงสุด

เช่น ผู้ทดสอบวิ่ง 12 นาที ได้ระยะทาง 2 กิโลเมตร (km)

ค่าประมาณของการจับออกซิเจนสูงสุดคือ 36 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

ตาราง 16 ตารางสำเร็จ (Nomogram) วัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ได้จาก
การลากเส้นระยะทางที่ผู้ทดสอบทำได้ (km) ผ่านเวลาที่ใช้ในการทดสอบคือ 12 นาที จะได้
ค่าประมาณของการจับออกซิเจนสูงสุด มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

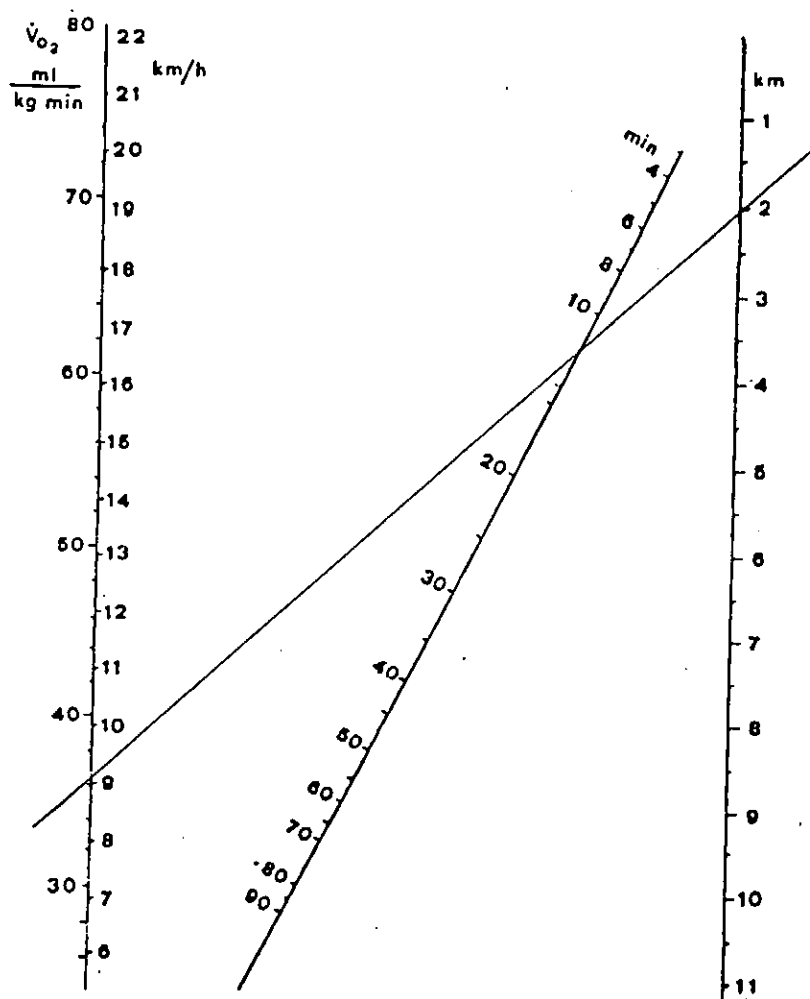


FIG. 1. Nomogram to relate the maximal aerobic power of the subject $\dot{V}O_{2\max}$ with the minimal time necessary in min, when running at maximal speed to cover the distance in km according to Eq. 2. On the $\dot{V}O_{2\max}$ line the corresponding maintenance speed of running as due to oxidations only, as from Eq. 1, is also indicated.

(Margaria. 1975 : 351)

แบบทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด วิ่ง 1.5 ไมล์ของคูเปอร์หรือ 2,400 เมตร
(1.5 miles Test)

หลักการที่สำคัญ คือ ต้องการรู้เวลาที่ผู้ทำการทดสอบทำได้ในการวิ่งระยะทาง 1.5 ไมล์ (2,400 เมตร) เพื่อที่จะได้นำเวลาที่ทำได้กับระยะทางเข้าตารางสำเร็จ (Nomogram) เพื่อเทียบหาค่าประมาณของการจับออกซิเจนสูงสุด

อุปกรณ์

1. นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch) ที่สามารถบอกเวลาได้ละเอียด 1/100 วินาที
2. สนามวิ่ง 400 เมตร

เจ้าหน้าที่

ผู้ปล่อยตัวและจับเวลา 1 คน ผู้บันทึก 1 คน

วิธีทดสอบ

1. เมื่อให้สัญญาณ "เข้าที่" ผู้รับการทดสอบยืนให้เท้าหนึ่งแตะเส้นเริ่ม เมื่อพร้อม และหนึ่ง ผู้ทำการทดสอบสั่ง "ไป" พร้อมกับกดนาฬิกาจับเวลา ผู้รับการทดสอบออกวิ่งไปตามทางที่กำหนดให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ (เน้นให้วิ่งเต็มที่) โดยกำหนดให้วิ่งจนครบ 1.5 ไมล์ (2,400 เมตร) โดยใช้ระยะทางเป็นเกณฑ์
2. ขณะที่ผู้รับการทดสอบวิ่ง ผู้ทำการทดสอบจะบอกเวลาที่ใช้วิ่งในแต่ละรอบเพื่อให้ผู้รับการทดสอบสามารถคาดคะเนระยะทาง และใช้แรงได้ถูกต้อง และพยายามกระตุ้นให้ผู้รับการทดสอบวิ่งให้เร็วที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ (ถ้าผู้ทดสอบไม่สามารถวิ่งได้ตลอดระยะทาง

1.5 ไมล์จริง ๆ ให้เดินสลับวิ่งได้)

3. พยายามทดสอบครั้งละ 2 คนขึ้นไป เพื่อให้ผู้รับการทดสอบอยู่ในภาวะคล้ายการแข่งขัน ซึ่งจะทำให้ผู้รับการทดสอบต้องพยายามวิ่งอย่างเต็มความสามารถ
4. บันทึกเวลาที่ผู้ทดสอบทำได้
5. นำเวลาที่ผู้ทดสอบทำได้กับระยะทาง 1.5 ไมล์ (2,400 เมตร) ไปเข้าตารางสำเร็จ (Nomogram) เพื่อเทียบหาค่าประมาณของการใช้ออกซิเจนสูงสุด
 เช่น ผู้ทดสอบวิ่ง 1.5 ไมล์ (2.4 km) ใช้เวลาในการทดสอบ 15 นาที
 ค่าประมาณของการจับออกซิเจนสูงสุดคือ 35 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

ตาราง 17 ตารางสำเร็จ (Nomogram) วัดความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ได้จากการลากเส้นเวลาที่ผู้ทดสอบทำได้ ผ่านระยะทางที่ใช้ในการทดสอบคือ 1.5 ไมล์ (2,400 เมตร หรือ 2.4 กิโลเมตร) จะได้ค่าประมาณของการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อ กิโลกรัมต่อนาที)

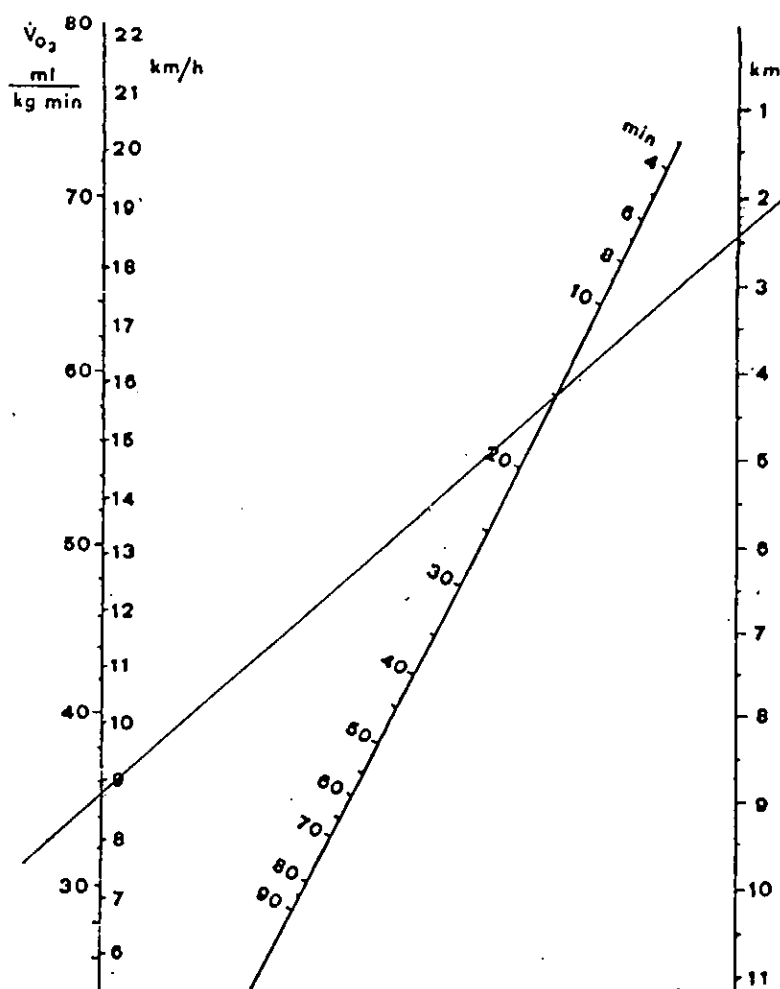


FIG. 1. Nomogram to relate the maximal aerobic power of the subject $\dot{V}O_{2\max}$ with the minimal time necessary in min, when running at maximal speed to cover the distance in km according to Eq. 2. On the $\dot{V}O_{2\max}$ line the corresponding maintenance speed of running as due to oxidations only, as from Eq. 1, is also indicated.

ภาคผนวก ค.

ตาราง 18 แสดงอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจน
สูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศชาย

ลำดับที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)	วิ่ง12นาที (มล./กก. /นาที)	วิ่ง1.5ไมล์ (มล./กก. /นาที)	ออสตรานด์ (มล./กก. /นาที)	พิตช์เบลยู ซี-170 (มล./กก. /นาที)	ไอซีเอส พีเอฟที (มล./กก. /นาที)	บอลกี้ (มล./กก. /นาที)
1.	20	52.5	163	52	53	53	50.85	51.45	53.55
2.	23	64	175	43	44.5	44	45	44	49.0
3.	21	59	167	47.5	46.5	46	45.25	45.84	49.0
4.	21	54	160	48.5	46.5	46	47.22	48.99	53.55
5.	21	55	161	46.5	48	49	48.72	48.73	49.0
6.	21	58.5	173	43	43	47	43.58	42.78	49.0
7.	21	54.5	168	46	47.5	45	46.60	48.63	49.0
8.	21	63	165	45	44.5	46	44.76	44.83	47.6
9.	21	54.5	164	45	46.5	45	45.13	47.10	49.0
10.	22	62	174	49	48	50	51.61	47.07	49.0
11.	20	64	172	44	45.5	42	44.06	43.38	46.2
12.	22	58	162	41.5	42	45	45.51	43.99	47.6
13.	21	52	165	49	50	54	54.61	55.11	53.55
14.	21	59	171	52.5	55	51	54.40	51.43	53.55

ตาราง 18 (ต่อ)

ลำดับที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)	วิ่ง12นาที (มล./กก. /นาที)	วิ่ง1.5ไมล์ (มล./กก. /นาที)	ออสตรานด์ (มล./กก. /นาที)	พีดับเบิลยู ซี-170 (มล./กก. /นาที)	ไอซีเอส พีเอฟที (มล./กก. /นาที)	บอลกี (มล./กก. /นาที)
15.	23	54	167	44	49.5	44	49.44	48.85	49.0
16.	23	52	167	42	44	44	45.57	46.60	46.2
17.	21	60	167	47	48	50	49	47.13	52.15
18.	22	53	165	44.5	43.5	47	46.41	44.45	49.0
19.	22	62	168	48	52.5	53	49.35	48.26	52.15
20.	21	64.5	163.5	45	49.5	45	46.51	45.52	49.0
21.	22	68	179	50	51	47	49.11	47.47	52.15
22.	22	64	172.5	48	53	47	46.98	46.62	49.0
23.	21	68	174	50	48.5	50	49.11	46.03	49.0
24.	23	65	171	44	44	46	44.30	44.95	46.2
25.	20	70	185	43	45	41	45.42	43.07	46.2
26.	21	55	167	43	45	42	45.09	45.80	47.6
27.	21	69	167	49	48	48	47.82	47.67	52.15
28.	20	59	162	44.5	46	47	46.77	47.73	49.0
29.	21	62	173	45	46.5	47	45.80	45.90	49.0
30.	25	54	170	45	44.5	46	46.66	46.26	46.2
$\bar{X}$	21.46	59.65	168.6	46.15	47.3	46.9	47.35	46.85	49.42
S.D.	1.10	5.51	5.59	2.92	3.27	3.23	2.81	2.68	2.36

ตาราง 19 แสดงอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และผลการทดสอบความสามารถในการจับออกซิเจน
สูงสุดทุกวิธีทดสอบ ของเพศหญิง

ลำดับที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)	วิ่ง12นาที (มล./กก. /นาที)	วิ่ง1.5ไมล์ (มล./กก. /นาที)	ออสตรานด์ (มล./กก. /นาที)	พิตช์เบลยู ซี-170 (มล./กก. /นาที)	ไอซีเอส พีเอฟที (มล./กก. /นาที)	บอลกี (มล./กก. /นาที)
1.	21	58	163	41	41	40	39.65	41.46	42.12
2.	22	42.5	162	37	39	38.77	42.35	42.09	38.5
3.	21	44.5	155	39	37.5	39.73	41.79	40.40	40.56
4.	21	55	156.5	35.5	37	38	36	38.82	37.21
5.	21	50	160	38	38.5	40	39.6	39.91	40.56
6.	21	43	152	40.5	39	43.53	43.25	42.85	39.03
7.	21	57	158	37	39	37	36.31	37.39	37.21
8.	20	46.5	156.5	39	39	40.64	41.29	39.84	40.56
9.	20	44.5	152	46	46	47.19	47.19	46.86	45.19
10.	21	49	153	34.5	34.5	36.08	35.10	36.11	33.25
11.	21	48.5	157.5	39.5	39.5	40.74	40	39.96	39.03
12.	21	46	149	38	38.5	40.69	39.13	40.24	40.56
13.	22	54.5	156	39.5	37.5	37	36.88	37.22	37.21
14.	22	54	151	39	40	41	40.74	41.25	42.12
15.	23	50	158	40.5	41	40	39	38.82	38.5
16.	23	56.5	158	38	40	38	38.93	38.91	38.5

ตาราง 19 (ต่อ)

ลำดับที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)	วิ่ง12นาที (มล./กก. /นาที)	วิ่ง1.5ไมล์ (มล./กก. /นาที)	ออสตรานด์ (มล./กก. /นาที)	พีดับเบิลยู ซี-170 (มล./กก. /นาที)	ไฮซีเอส พีเอ็นที (มล./กก. /นาที)	บอลกี (มล./กก. /นาที)
17.	21	60	156	39	39.5	38	38	37.15	38.5
18.	23	46	162	33	34	35.4	33.69	35.85	33.25
19.	24	45	152	39	37.5	38.15	40	38.85	38.5
20.	22	53	150	41.5	40.5	43	41.88	41.96	43.68
21.	21	54	163	43	40.5	43	40.92	42.54	43.68
22.	21	53	164	40	40	40	38.49	41	42.12
23.	21	47	157	40	39	39.82	41.48	39.97	40.56
24.	22	49	157	41.5	40.5	42	41.09	39.85	42.12
25.	21	57	165	41	40.5	40	41.05	40.72	42.12
26.	20	60	166	39	37	40	37.66	39.12	40.56
27.	21	49	155	40	39	40.32	38.77	39.87	40.56
28.	22	52	158	38.5	40.5	38	39.61	39.25	39.03
29.	20	55	164	41	43	44	44.36	43.29	43.68
30.	21	48	156	40	41	39	40.41	39.48	40.56
$\bar{X}$	21.36	50.92	157.4	39.28	39.32	39.97	39.82	40.03	39.97
S.D.	0.96	5.11	4.64	2.46	2.27	2.50	2.75	2.26	2.76

ประวัติย่อของนักวิจัย

ชื่อ นางสาวเอมอร	ชื่อสกุล เอี่ยมสำอางค์
เกิดวันที่ 6 กุมภาพันธ์	พุทธศักราช 2507
สถานที่เกิด	เขตป้อมปราบ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 3/42 หมู่ 5 ซอยวัดจันทร์ประดิษฐาราม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2525	เตรียมอุดมศึกษา (แผนกศิลปภาษา) จากโรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย
พ.ศ. 2527	ปศ.สูง (พลศึกษา) จากวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดอ่างทอง
พ.ศ. 2529	กศ.บ. (พลศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
พ.ศ. 2532	กศ.ม. (พลศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร