หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การแข่งขันกีฬาประเภทที่มีความหนักของงานค่อนข้างสูง เช่น การวิ่งระยะไกล ว่ายน้ำ ฟุตบอล บาสเกตบอล ฯลฯ บุคคลซึ่งมีหัวใจและหลอดโลหิตที่มีประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่ายอมเป็นผู้ได้เปรียบ คาร์ตัน อาร์ เมเยอร์ (Carlton R.Meyers)และที เออร์วิน เบลช์ (T.Erwin Blesh) ได้กล่าวไว้ว่า " การที่จะทราบการทำงานของระบบหัวใจและหลอดโลหิตได้นั้นจะดูได้จากความอดทนของระบบหัวใจและหลอดโลหิตในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพของงานที่ทำอยู่ รวมทั้งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วย"[1] ในขณะที่กล้ามเนื้อทำงาน หัวใจและหลอดโลหิตจะช่วยลำเลียงเชื้อเพลิงไปยังกล้ามเนื้อและนำของเสียออกไป ความต้องการเชื้อเพลิงและการขับถ่ายของเสียของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนักของกิจกรรม ระหว่างการออกกำลังกายความต้องการจะเพิ่มมากขึ้นกว่าขณะที่พัก การทำงานของหัวใจจะถูกเร่งเพื่อให้มีการไหลเวียนของโลหิตอย่างรวดเร็ว "ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับสมรรถภาพในการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิต และเมื่อเปรียบเทียบสภาพร่างกายของบุคคลในขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหว ออกกำลังหรือทำงาน หัวใจและหลอดโลหิตหรือระบบไหลเวียนโลหิตของผู้ที่ได้รับการฝึกหรือมีสภาพร่างกายดีจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า และกลับคืนสู่สภาพปกติเร็วกว่า ภายหลังจากการออกกำลังกายหรือการทำงาน"

---

[1] Carlton R.Meyers and T.Erwin Blesh, Measurement in Physical Education (New York: The Ronald Prees Company, 1962), p.232.

เพื่อที่จะวัดความสามารถในการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิตออกมาเป็นปริมาณที่เปรียบเทียบได้ อันจะเป็นประโยชน์ในการบอกความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ละบุคคล นักพลศึกษาและนักสรีรวิทยาจึงพยายามคิดค้นว่าอะไรบ้างที่จะเป็นเครื่องบอกได้ว่าใครมีประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตดีกว่ากัน และพบว่าสิ่งที่จะสามารถใช้เป็นตัวบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตได้นั้นมีหลายอย่างด้วยกัน เช่น อัตราการเต้นของชีพจร ความดันเลือด การใช้ออกซิเจ็น ปริมาณการไหลเวียนโลหิตใน 1 นาที ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในโลหิต และองค์ประกอบของโลหิตเป็นต้น อย่างไรก็ตามการวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตเป็นเรื่องซับซ้อน เพราะมีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อร่างกายขณะออกกำลัง เช่น อายุ เพศ การเปลี่ยนแปลงงานที่ทำ การเปลี่ยนอิริยาบท การออกกำลังกาย ฤดูกาลและสภาพอากาศ การอดนอน การย่อยอาหาร การหายใจ สภาพทางอารมณ์และประสาทเป็นต้น การจะใช้วิธีวัดอย่างไรควรจะได้คำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆดังได้กล่าว รวมทั้งขบวนการวัดที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพ ได้มีการเปรียบเทียบวิธีวัดหลายวิธีเพื่อหาความแม่นตรงในการทดสอบโดยการทดสอบผู้รับการทดสอบที่ได้รับการฝึกมาอย่างดีแล้ว ผลปรากฏว่า การวัดประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตโดยการใช้อัตราการเต้นของชีพจรเป็นเกณฑ์จะบอกถึงการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตได้ นอกจากนี้ เมเยอร์ (Meyers) และเบลช์ (Blesh) ได้กล่าวว่า "การใช้อัตราการเต้นของชีพจรเป็นวิธีง่ายที่สุดและเชื่อถือได้มากที่สุด และไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรือสถานที่ในการทดสอบที่ยุ่งยากและมีราคาแพง"[1]

เนื่องจากการทดสอบด้วยวิธีเออร์โกเมทรีย์จำกัดการประเมินผลเฉพาะด้านการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิตเท่านั้น แต่โดยเหตุที่มีปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่อการเต้นของหัวใจดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงน่าจะมีผลไปถึงค่าที่ได้จากการทดสอบด้วย ดังนั้นในการประชุมสัมมนานานาชาติเกี่ยวกับเออร์โกเมทรีย์ ครั้งที่ 2 ที่กรุงเมอร์ลิน เมื่อวันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2510 จึงได้กำหนดมาตรฐานสำหรับการทดสอบเออร์โกเมทรีย์ไว้ดังนี้

---

[1]Ibid., p. 233.

1. ในวันก่อนการทดสอบ อาหารประจำวันต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้ผิดแผกไปจากที่เคยหรือเปลี่ยนแปลงอย่างน้อยที่สุด ในวันทดสอบอาจให้อาหารประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรทในปริมาณเล็กน้อย ไม่ช้ากว่า 3 ชั่วโมงก่อนลงมือทดสอบ (เช่น แซนด์วิช 1 ชุด กับของเหลว 1 แก้ว เช่น น้ำ น้ำผลไม้ น้ำนม)

2. ในวันก่อนการทดสอบ ต้องงดการออกกำลังกายและใช้ความคิดอย่างหนักหน่วง และในวันทดสอบนั้นการออกกำลังกายหรือการใช้ความคิดแม้แต่นอยก็ต้องห้าม เพราะอาจทำให้กระทบกระเทือนผลการทดสอบ

3. ก่อนลงมือทดสอบต้องอธิบายให้ผู้ถูกทดสอบทราบถึงลักษณะของการทดสอบที่ใช้ และต้องเน้นให้วางใจว่าไม่มีอันตรายใดๆ การรบกวนจากภายนอก เช่น เสียงดัง เสียงพูดคุย กระแสลม ภาพการเคลื่อนไหวในถนนที่มีการจราจรมากฯลฯ ต้องพยายามไม่ให้มีเท่าที่จะทำได้ ผู้คนที่เกินความจำเป็นก็ไม่ควรให้อยู่

4. ก่อนการทดสอบต้องให้ผู้รับการทดสอบพักอย่างน้อย 10 นาที โดยให้นั่งหรือนอน (นอนดีกว่า)

5. อากาศในห้องทดสอบควรอยู่ระหว่าง 18° ซ. ถึง 22° ซ. ถ้าเป็นไปได้ และไม่ควรเกิน 24° ซ. ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ถึง 60 % ในวันที่อากาศร้อนและความชื้นสูงมากควรงดการทดสอบ

6. ด้วยเหตุผลเกี่ยวกับการระบายความร้อน ระหว่างการทดสอบควรให้ผู้รับการทดสอบสวมกางเกงขาสั้น

7. ในวันทดสอบห้ามกินยาและสิ่งกระตุ้นต่างๆ เช่น น้ำชา กาแฟ หรือสูบบุหรี่ ยาที่มีฤทธิ์ยืดยาวก็ควรงดเสียตั้งแต่ก่อนวันทดสอบ ถ้ามีความจำเป็นต้องกินยาให้บันทึกไว้ในรายงานการตรวจ

8. เวลาที่ทำการทดสอบต้องจดเอาไว้ด้วย ถ้ามีการทดสอบซ้ำเพื่อเปรียบเทียบต้องเลือกทำในเวลาเดียวกันเท่าที่จะทำได้ เนื่องด้วยสมรรถภาพการทำงานของร่างกายเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

9. ภาวะผิดธรรมดาต่าง ๆ ต้องบันทึกไว้ในรายงานด้วย[1]

คณะกรรมการนานาชาติในการประชุมเพื่อจัดมาตรฐานของการทดสอบสมรรถภาพทางกาย(The International Committee for Standardization of Physical Fitness Test) ที่กรุงเม็กซิโก เมื่อเดือนตุลาคม 2511 ได้ลงมติว่า เออร์โกเมตรีย์(Ergometry) ซึ่งเป็นการวัดประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตวิธีหนึ่ง สามารถใช้เครื่องมือได้ 3 แบบคือ

1. จักรยานวัดงาน(Bicycle Ergometry) มาตรฐานของงานกำหนดด้วยความฝืดของการถีบและอัตรารอบของการถีบ

2. วิ่งบนทางเลื่อน(Treadmill Ergometry) มาตรฐานของงานกำหนดด้วยความเร็วและความชันของทางเลื่อน

3. ม้าก้าวขึ้นลงปรับระดับได้(Stepping Ergometry) มาตรฐานของงานกำหนดด้วยความสูงของม้าและจังหวะการก้าวขึ้นลง[2]

นอกจากการใช้การทดสอบเออร์โกเมตรีย์เป็นเครื่องมือในการวัดประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตแล้ว ยังผู้คิดค้นการทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตด้วยการวิ่ง ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป เพราะมีความสะดวกสบายในการวัด และไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรือสถานที่ในการทดสอบที่ยุ่งยากและมีราคาแพง ดังเช่น

---

[1]คณะกรรมการนานาชาติเพื่อการกีฬาและพลศึกษา, "ข้อตกลงของคณะกรรมการวิจัยของคณะกรรมการนานาชาติเพื่อการกีฬาและพลศึกษาสำหรับวางมาตรฐานการทดสอบเออร์โกเมตรีย์" การประชุมสัมมนานานาชาติเกี่ยวกับเออร์โกเมตรีย์ ครั้งที่ 2, กรุงเบอร์ลิน, ประเทศเยอรมันนี่, เมื่อวันที่ 6 กันยายน 2510.

[2]The International Committee for Standardization of Physical Fitness Test, "Final Report on Standards Approved at 1968 Conference," Mexico City, Mexico, pp. 20-27.

1. การทดสอบวิ่ง 12 นาที ของเคนเน็ท เอช คูเปอร์ (Kenneth H. Cooper) ซึ่งใช้ระยะทางที่วิ่งได้ในเวลา 12 นาทีเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ[1]

2. การทดสอบวิ่ง 600 หลา ของสมาคมสุขศึกษา พลศึกษาและสันทนาการ แห่งสหรัฐอเมริกา(The American Association for Health, Physical Education and Recreation) ซึ่งใช้เวลาในการวิ่งเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ[2]

3. การทดสอบวิ่ง 600 เมตรสำหรับเด็กชายและหญิงอายุต่ำกว่า 12 ปี 800 เมตรสำหรับหญิงอายุ 12 ปีขึ้นไป และ1,000 เมตรสำหรับชายอายุ 12 ปีขึ้นไป ของแบบทดสอบสมรรถภาพทางกายระหว่างประเทศ(The International Committee for Standardization of Physical Fitness Tests)ใช้เวลาในการวิ่งเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ[3]

สำหรับวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตด้วยการวิ่งทั้ง 3 วิธี ดังกล่าว จำเป็นต้องกระตุ้นหรือสร้างแรงจูงใจให้ผู้รับการทดสอบทำเต็มความสามารถ ซึ่งสิ่งนี้คือปัญหาสำคัญของการทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตด้วยการวิ่ง ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตตามแบบการทดสอบเออร์โกเมตรีย์ เป็นวิธีที่มีความแม่นตรงและเชื่อถือได้มากที่สุด แต่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง ซึ่งในประเทศไทยเรายังไม่สามารถจัดหาเครื่องมือดังกล่าวมาไว้ใช้ได้โดยทั่วไป ประกอบกับการทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตด้วยวิธีเออร์โกเมตรีย์ต้องควบคุมการทำงาน

---

[1]Barry L. and Jack K.Nelson, Practical Measurements for Evaluation in Physical Education (Minneapolis,Minneasota: Burgess Publishing Company, 1974), pp. 136 - 138.

[2]Ibid., pp. 138 - 140.

[3]จรวย แก่นวงษ์กำ และ อุดม พิมพา, การทดสอบสมรรถภาพทางกาย (กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2516), หน้า 90 - 100.

ของแต่ละคนให้เท่ากันโดยการกำหนดความเร็วหรือจังหวะในการทำงาน เพื่อให้งานที่ทำของแต่ละคนเท่ากัน ซึ่งก็เป็นปัญหาในการทดสอบเช่นกัน ผู้วิจัยจึงมีความคิดเห็นว่า หากเราสามารถนำเอาอัตราการเต้นของชีพจรเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตด้วยการวิ่ง โดยการเปรียบเทียบอัตราการทำงานที่ได้จากการวิ่งต่อ 1 หน่วยเวลา กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของชีพจรจากก่อนวิ่งและหลังวิ่ง น่าจะช่วยให้ผลที่ได้จากการทดสอบมีความแม่นตรงและเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลหรือตัวแปรต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการวิ่ง เช่น น้ำหนักตัวของผู้วิ่ง ระยะทางในการวิ่ง ความเสียดทานระหว่างลู่วิ่งกับพื้นรองเท้า เวลาที่ใช้ในการวิ่ง และอัตราการเปลี่ยนแปลงชีพจรจากก่อนวิ่งและหลังวิ่งมาหาความสัมพันธ์กัน โดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. งาน(Work)ที่ได้จากการวิ่ง=ระยะทางในการวิ่ง x น้ำหนักตัวผู้วิ่งx สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างลู่วิ่งกับพื้นรองเท้า

2. สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานฯ = $\frac{\text{แรงดึงที่ทำให้รองเท้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่}}{\text{น้ำหนักของรองเท้า}}$

3. พลัง(Power)ที่ใช้ในการวิ่ง= $\frac{\text{งานที่ทำได้จากการวิ่ง}}{\text{เวลาที่ใช้ในการวิ่ง(นาที)}}$

4. เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างพลังที่ใช้ในการวิ่ง กับ อัตราการเปลี่ยนแปลงชีพจรจากก่อนวิ่งและหลังวิ่งหรือผลต่างของอัตราชีพจรก่อนวิ่งและหลังวิ่ง ซึ่งสามารถสรุปเป็นสูตรหรือสมการในการคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตได้ดังนี้

ประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิต= $\frac{\text{พลังที่ใช้ในการวิ่ง}}{\text{ผลต่างอัตราชีพจรก่อนวิ่งและหลังวิ่ง}}$

หรือ

ประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิต= $\frac{\text{ระยะทางวิ่ง x น.น.ตัว x ส.ป.ส.แรงเสียดทานฯ}}{\text{เวลาในการวิ่ง(นาที)x ผลต่างอัตราชีพจรก่อนวิ่งและหลังวิ่ง}}$

จากข้อคิดและหลักการดังกล่าว ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าสูตรหรือสมการดังกล่าวน่าจะนำไปใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตได้

เอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับเอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตนั้น ผู้วิจัยได้แบ่งเอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 2 ลักษณะ คือแบบทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิต และการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบไหลเวียนโลหิต ดังรายละเอียดต่อไปนี้

แบบทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิต

1. ดรรชนี บาแรค(Barach's Index) คือดรรชนีการหาพลังงานของหัวใจและหลอดโลหิตในรูปของปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ ซึ่งบาแรคเรียกว่า"ดรรชนีพลังงาน" (the energy index) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ดรรชนีพลังงาน} = \frac{(\text{แรงดันหัวใจบีบตัว} \times \text{แรงดันที่หัวใจคลายตัว}) \times \text{อัตราชีพจร}}{100}$$

จากผลงานของบาแรคพบว่า คนที่มีสุขภาพดีจะมีค่าดรรชนีพลังงานระหว่าง 110 และ 160 โดยมีค่าสูงสุดเป็น 200 ต่ำสุดเป็น 90 ผู้ที่ค่าสูงกว่า 200 จะเป็นผู้ที่มีอาการของโรคความดันโลหิตสูง ส่วนผู้ที่ได้ค่าต่ำกว่า 90 จะมีอาการของโรคความดันโลหิตต่ำ[1]

2. แบบทดสอบวัดแรงดันเลือดของแครมตัน(Crampton's Blood Ptosis test) แบบทดสอบนี้ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของชีพจรและแรงดันเลือดในขณะที่หัวใจบีบตัว เมื่อยืนขึ้นจากท่านอน จากการวิจัยพบว่า การเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นจาก 0 – 44 ครั้งต่อนาที เมื่อยืนขึ้นจากท่านอนราบ แรงดันเลือดจะแปรจาก –10 ถึง +10 มิลลิเมตรปรอท ในคนปกติแรงดันเลือดจะเพิ่มจาก 8 ถึง 10 มิลลิเมตรปรอท แต่ในนักกีฬาที่แข็งแรงแรงดันเลือดจะไม่เปลี่ยนแปลง[2]

---

[1] สมคิด บุญเรือง, การวัดผลในวิชาพลศึกษา (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์โรงเรียนสตรีเนติศึกษา, 2520), หน้า 50.

[2] เรื่องเดียวกัน, หน้า 53 – 55.

3. ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ (Harvard Step Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสภาวะของหัวใจและหลอดโลหิต โดยการให้ก้าวขึ้นลงบนม้าหรือพื้นยกสูง 20 นิ้วเป็นเวลา 5 นาที ตามจังหวะคงที่ 120 ครั้งต่อนาที เมื่อครบกำหนดให้นั่งพักและจับชีพจรหลังจากการนั่งพักในนาทีที่ 1 นาทีที่ 2 และนาทีที่ 3 ครั้งละ 30 วินาที นำผลรวมของชีพจรทั้ง 3 ครั้งมาคำนวณตามสูตรเพื่อหาดรรชนีประสิทธิภาพทางกาย(Index of Physical Efficiency)(IPE) ; แล้วนำตัวเลขที่ได้ไปเทียบเกณฑ์ที่กำหนดไว้

$$\text{ดรรชนีประสิทธิภาพทางกาย} = \frac{100 \times \text{เวลาที่ออกกำลัง (เป็นวินาที)}}{2 \times \text{ผลรวมของชีพจรทั้ง 3 ครั้ง}}$$

ต่อมา จอห์นสันและโรบินสัน (Johnson and Robinson) ได้คิดสูตรแบบสั้นขึ้น โดยการจับชีพจรเพียงครั้งเดียวเมื่อหลังออกกำลัง 1 นาที จับชีพจร 30 วินาที แล้วนำมาคำนวณตามสูตร

$$\text{ดรรชนีประสิทธิภาพทางกาย} = \frac{100 \times \text{เวลาที่ออกกำลัง (เป็นวินาที)}}{5.5 \times \text{ชีพจรเมื่อหลังออกกำลัง 1 นาที}}$$ [1]

4. แบบทดสอบแกลแลคเกอร์ และ บรูฮา สำหรับเพศชายระดับมัธยมศึกษา (Gallagher and Brouha Test of High School Boys) มีวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับกับฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ แต่เพิ่มความสูงและน้ำหนักตัวเพื่อหาพื้นที่ผิว เพื่อแบ่งเด็กออกให้เหมาะกับปริมาณงาน การหาพื้นที่ผิวหาได้จากสูตรสำเร็จเป็นกราฟที่ได้จากการคำนวณมาเรียบร้อยแล้ว ผู้รับการทดสอบที่มีพื้นที่ผิวต่ำกว่า 1.85 ตารางเมตรใช้มาสูง 18 นิ้ว ผู้ที่มีพื้นที่ผิวสูงกว่า 1.85 ตารางเมตรขึ้นไปใช้มาสูง 20 นิ้ว ทั้ง 2 กลุ่มออกกำลัง 4 นาทีเท่ากัน คำนวณหาดรรชนีประสิทธิภาพทางกายเช่นเดียวกับกับฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์[2]

---

[1] เรื่องเดียวกัน, หน้า 55 - 57.

[2] เรื่องเดียวกัน, หน้า 58 - 59.

5. แบบทดสอบแกลแลคเทอร์และบรูฮา สำหรับเพศหญิง (Gallagher and Brouha test for girl)วิธีการเช่นเดียวกับฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ แต่ใช้มาสูง 16 นิ้ว ให้ออกกำลัง 4 นาทีแล้วจับชีพจร เนื่องจากเพศหญิงมักทำไม่ครบ 4 นาที ให้คิดคะแนนเทียบดังนี้ ถ้าทำได้ 2 นาที ได้ 25 คะแนน ทำได้ 2.5 นาทีได้ 30 คะแนน ทำได้ 3 นาทีได้ 35 คะแนน ทำได้ 3.5 นาทีได้ 40 คะแนน ถ้าทำได้ครบ 4 นาที ได้ 45 คะแนน หรืออาจคำนวณตามสูตรเดิมของฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ก็ได้[1]

6. แบบทดสอบสโลน เทสต์ (Sloan Test) เป็นแบบทดสอบที่ปรับปรุงมาจากแบบทดสอบฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ ให้เหมาะสำหรับเพศหญิง โดยให้ก้าวขึ้นลงบนม้าสูง 17 นิ้วในอัตรา 30 ก้าวต่อนาที ในเวลา 5 นาที หรือจนทำไม่ไหว จับชีพจรในระยะพักนาทีที่ 1,2 และ 3 แล้วนำไปคำนวณหาค่าดรรชนี สมรรถภาพ(Fitness Index) ตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ดรรชนี สมรรถภาพ} = \frac{\text{เวลาในการออกกำลังเป็นวินาที} \times 100}{2 \times \text{ผลรวมชีพจรในระยะฟื้นตัว}}$$

หรือ

$$\text{ดรรชนี สมรรถภาพ} = \frac{\text{เวลาในการออกกำลังเป็นวินาที} \times 100}{5.5 \times \text{ชีพจรระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังครั้งเดียว}}$$[2]

7. แบบทดสอบก้าวเต้น (Hop Step) หรือ 9 จตุรัส (Nine Squares Test) ของศาสตราจารย์ นายแพทย์ อวย เกตุสิงห์ วิธีทดสอบคือ ให้ผู้รับการทดสอบก้าวลงในช่องจตุรัสตามจังหวะเช่นเดียวกันกับฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ เป็นเวลา 5 นาที แล้วจับชีพจรขณะพักเช่นเดียวกัน นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าดรรชนีประสิทธิภาพทางกายตามสูตรของฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์เช่นเดียวกัน[3]

---

[1]เรื่องเดียวกัน, หน้า 60.

[2]เรื่องเดียวกัน, หน้า 60.

[3]เรื่องเดียวกัน, หน้า 66 - 67.

การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบไหลเวียนโลหิต

ในปี ค.ศ. 1957 เม็ลเลโรวิทซ์ และ ดรานส์เฟลด์ (Mellerowicz and Dranfeld) ทำการทดสอบความสมบูรณ์ทางกายด้วยวิธี PWC_{170} กับเพศหญิงและชายอายุระหว่าง 20 – 23 ปี เพศละ 100 คนโดยกำหนดงานเริ่มต้น 1 วัตต์/กก. และ 2 วัตต์/2กก. เพิ่มงานทุกๆ 3 นาที พบว่า ค่ากลางของ PWC_{170} สำหรับชายเท่ากับ 3 วัตต์/กก. (± 5 วัตต์) สำหรับหญิงเท่ากับ 2.5 วัตต์/กก. (± 5 วัตต์)[1]

ในปี ค.ศ. 1962 ดับบลิว ฮอลล์มานน์ (W. Hollmann) และ เอช เวนร้าช (H. Venrath) ได้กล่าวว่า การฝึกซ้อมสัปดาห์ละ 4 ครั้ง ครั้งละครึ่งชั่วโมงให้อัตราการเต้นของหัวใจเท่ากับ 115 – 125 ครั้งต่อนาที จะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและขณะออกกำลังกายในภาวะเกือบสูงสุดต่ำ และการฝึกซ้อมสัปดาห์ละ 4 ครั้ง ครั้งละครึ่งชั่วโมง เป็นเวลา 5 สัปดาห์ในอัตราการเต้นของหัวใจเท่ากับ 170 – 180 ครั้งต่อนาที จะช่วยเพิ่มสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดและเพิ่มปริมาตรหัวใจ[2]

ในปี ค.ศ. 1964 เฮอร์เบริค เอ เดวรี่ส์ (H.A. DeVries) และ คาร์ล อี คลาฟส์ (C.E. Klafs) ได้รายงานความสัมพันธ์ระหว่างฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ และสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดว่ามีค่าเท่ากับ 0.77[3]

---

[1]Mellerowicz Harald and Dranfeld, Ergometric, 2 Auflage. (Munchen-Berlin: Urban and Schwarzenburg, 1975), pp. 340 - 344.

[2]W.Hollmann and H.venrath, Experimentelle Untersuchungen Zur Bedeutung Eines Training Unterhalb and Aberhalb Der Dauerbelastungsgrenze in Korbs (W.U.A.,Carl Diem Festschrift, Frankfurt, A.M./Wein, 1962).

[3]Herbert A.DeVries and Carl E.Klafs, "Prediction of Maximal Oxygen Intake for Submaximal Tests," (Research paper presented at the American College of Sport Medicine, Hollywood, California, 1964).

ในปี ค.ศ. 1967 แจ็ค เอช วิลมอร์ (Jack H. Wilmore) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดและความสามารถในการทำงาน โดยใช้วิธีสังเคราะห์อากาศที่หายใจและเวลาที่ใช้ในการขี่จักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometry) ปรากฏว่า สหสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดที่มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที และความสามารถในการทำงานมีค่าเท่ากับ 0.84 แต่สหสัมพันธ์จะลดลงอีกเมื่อสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัว คือมีค่าเท่ากับ 0.37 และสหสัมพันธ์จะลดลงอีกเมื่อสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวที่ไม่คิดไขมัน คือมีค่าเท่ากับ 0.18 อย่างไรก็ตาม เมื่ออิทธิพลของน้ำหนักตัวที่ไม่คิดไขมันได้ทำให้คงที่ทางสถิติ สหสัมพันธ์ระหว่างความอดทนในการทำงานและสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดที่มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที และสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดที่มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร/น้ำหนักตัวที่ไม่คิดไขมัน/นาที จะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.78 และ 0.64 ตามลำดับ แสดงว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างความอดทนในการทำงานและสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุด ดังนั้นก็สามารถใช้สมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดเป็นเครื่องวัดความสามารถในการทำงาน และเป็นดรรชนีชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการทำงานระหว่างระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต และมีข้อแนะนำว่า สหสัมพันธ์จะมีค่าสูงขึ้นถ้าเพิ่มแรงจูงใจให้ผู้ถูกทดลองได้เพียงพอ และสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆที่เกี่ยวข้องได้อย่างดี[1]

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1967) เคนเนทซ์ เอฟ เมทซ์ (Kenneth F.Metz) และ จอห์น เอฟ อเล็กซานเดอร์ (John F.Alexander) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำงานสูงสุด และสมรรถภาพทางกายในเด็กอายุ 12 – 15 ปี ความสามารถในการทำงานสูงสุดใช้การทดสอบบนลู่กล (Treadmill) ส่วนสมรรถภาพทางกายใช้แบบทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับเยาวชนของสมาคมสุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ แห่งสหรัฐอเมริกา (AAHPER Youth Fitness Test) แบบทดสอบ

---

[1] Jack H.Wilmore, "Maximum Oxygen Intake and its Relationship to Edurance Capacity on Bicycle Ergometry," The Research Quarterly 40(March 1969): 203 - 210.

ความแข็งแรงของแมคคลอย (McCloy Strength Test) และฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ (Harvard Step Test) โดยให้ผู้รับการทดสอบทำการทดสอบดังกล่าวมาแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ทางสถิติ ผลปรากฏว่า สำหรับเด็กอายุ 12 – 13 ปี แบบทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับเยาวชนของสมาคมสุขศึกษา พลศึกษาและสันทนาการแห่งสหรัฐอเมริกาทุกข้อทดสอบ นอกจากลุกนั่ง (Sit-up) มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับเด็กอายุ 14 – 15 ปี แบบทดสอบทุกข้อทดสอบยกเว้นลุกนั่ง ขว้างลูกซอฟท์บอล และเดินและวิ่ง 600 หลา มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ และเช่นเดียวกัน แบบทดสอบความแข็งแรงของแมคคลอยทุกข้อทดสอบ และคะแนนฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสต์ มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ [1]

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1967) แจค แอนทีล (Jack Antel) และ กอร์ดอน อาร์ คัมมิ่ง (Gordon R.Cumming) ได้ศึกษาถึงผลการกระตุ้นทางอารมณ์ที่มีต่ออัตราการเต้นของชีพจรในการออกกำลังกาย เขาได้รายงานว่า อารมณ์เป็นสิ่งสำคัญที่จะเปลี่ยนผลการทำงานในภาวะเกือบสูงสุด ซึ่งใช้อัตราการเต้นของชีพจรเป็นเกณฑ์เพียงอย่างเดียว การออกกำลังที่อัตราการเต้นของชีพจรเท่ากับ 170 ครั้งต่อนาที อัตราการเต้นของชีพจรจะเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากอารมณ์ และการออกกำลังกายที่อัตราการเต้นของชีพจรเท่ากับ 100 – 175 ครั้งต่อนาที อัตราการเต้นของชีพจรจะเพิ่มเนื่องมาจากความเจ็บหรือความรู้สึกถูกบังคับให้ทำ การเพิ่มนี้เพียง 4 – 7 ครั้งต่อนาทีในชายที่อายุ 9 ปีมีร่างกายปกติ [2]

---

[1] Kenneth F.Metz and John F.Alexander,"An Investigation of the Relationship between Maximum Aerobic Work Capacity and Physical Fitness in Twelve- to Fifteen Year Old Boys," The Research Quarterly 41(March 1970): 75 - 81.

[2] Jack Antel and Gordon R.Cumming,"Effect of Emotional Stimulation on Exercise Heart Rate," The Research Quarterly 40(March 1969): 6 - 10.

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1967) ชไนเดอร์ (Schneider) ได้ศึกษาพบว่า ในการออกกำลังกายโดยการถีบจักรยานวัดงาน เมื่อเพิ่มปริมาณขึ้น (Work Load) อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นตามด้วยเป็นลำดับ ขอนี้แสดงให้เห็นว่า อัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กับปริมาณการออกกำลัง แต่จากการสังเกตพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขึ้นสูงสุดจนถึงขีดจำกัด ในคนที่ขาดการออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจอาจขึ้นสูงถึง 240 – 270 ครั้งต่อนาที แต่ในคนส่วนมากอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกายเต็มที่จะประมาณ 200 ครั้งต่อนาที [1]

ในปี ค.ศ. 1968 แมทที อาสทิลา (Matti Arstila) ได้ศึกษาการใช้ ECG และเครื่องทดสอบวัดกำลัง ได้พิจารณาอัตราการเต้นของหัวใจ โดยประเมินผลจากผู้ป่วยให้ถีบจักรยานวัดงาน อัตราถีบ 50 รอบต่อนาที ให้ผู้ป่วยทำงานจนไม่สามารถรักษาจังหวะถีบได้ บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจด้วยเครื่อง ECG ในขณะออกกำลังกาย พบว่า การทดสอบความสมบูรณ์ทางกายโดยใช้เครื่อง ECG เป็นเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ สามารถบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจอย่างอัตโนมัติถูกต้องและสมบูรณ์ [2]

---

[1] Schneider, Physiology of Exercise (Saint Louis: The C.V. Mosby Co., 1967), p. 99.

[2] Matti Arstila, " Combine ECG and Ergometric Exercise Test Regular by Heart Rate," 2 Internationales Seminar fur Ergometric (Berlin: Ergon-Verlag Ludwing Austermeur, 1968), p. 275.

ในปี ค.ศ. 1968 ดอยซ์ เจ. คอทเทน (Doyice J.Cotten) ได้ศึกษาแบบทดสอบสำหรับวัดสมรรถภาพการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิต (Cardiovascular Fitness) โดยพัฒนาจากแบบทดสอบสเต็ปเทสท์ของมหาวิทยาลัยโอไฮโอ (Ohio State University Step Test) แบบทดสอบที่เขาดัดแปลงมีวิธีการคือ การทดสอบให้ทำ 18 ครั้งติดต่อกันไป โดยการก้าวขึ้นลงบนม้าสูง 17 นิ้ว แต่ละครั้งทำ 30 วินาที แล้วหยุด 20 วินาที เพื่อจับชีพจร 10 วินาที ตั้งแต่วินาทีที่ 5 – 15 ในการทำงานแบบนี้ให้เพิ่มน้ำหนักเป็น 3 ระยะ แต่ต้องทำติดต่อกันไป แต่ละระยะทำ 6 ครั้ง ครั้งที่ 1 ให้จังหวะ 24 ครั้ง/นาที ครั้งที่ 2 ให้จังหวะ 30 ครั้ง/นาที และครั้งที่ 3 ให้จังหวะ 36 ครั้ง/นาที แต่ละคนทำงานจนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจเท่ากับ 150 ครั้ง/นาที หรือเมื่อทำครบ 18 ครั้งจึงหยุดให้คะแนนตามจำนวนครั้งที่สามารถทำได้ ผู้รับการทดสอบสเต็ปเทสท์ที่เขาดัดแปลงและทดสอบบัลเก้เทรดมิลล์เทสท์ (Balke Treadmill Test) ภายในสัปดาห์เดียวกัน แต่ไม่ให้ทดสอบทั้ง 2 อย่างในวันเดียวกัน ผลปรากฏว่า สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการทดสอบทั้ง 2 อย่างมีค่าเท่ากับ 0.84 ดังนั้น สเต็ปเทสท์ที่เขาดัดแปลงขึ้นมานี้สามารถใช้วัดการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิตได้ [1]

ในปี ค.ศ. 1969 ซูซาน เอ. ยีเกอร์ (Susan A.Yeager) และ พอล บรินทีสัน (Paul Brynteson) ได้ศึกษาผลของระยะการฝึกซ้อมที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิตในเด็กและผู้หญิงระดับอุดมศึกษา โดยแบ่งผู้รับการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ให้ฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน แต่ในวันหนึ่งๆ แต่ละกลุ่มฝึกไม่เท่ากัน คือฝึกวันละ 10, 20 และ 30 นาทีตามลำดับ การฝึกโดยให้อัตราการเต้นของชีพจรเท่ากับ 144 ครั้ง/นาที ใช้จักรยานวัดงานในการฝึก จากการเปรียบเทียบสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดโดยใช้วิธีของออสตรานด์ก่อนและหลังฝึก และหลังการฝึกทดสอบหาความสามารถในการทำงานของร่างกาย(Test of Physical Work Capacity)

---

[1] Doyice J.Cotten, " A Modified Step Test for Group Cardiovascular Testing," The Research Quarterly 42(March 1971): 91 – 95.

เพื่อดูผลการฝึกต่อประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิต ผลปรากฏว่าทั้ง 3 กลุ่ม มีการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิตอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดสอบสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดเพิ่มขึ้น 5, 5 และ 8 มิลลิเมตร/กิโลกรัม/นาที ในกลุ่มที่ฝึก 10,20 และ 30 นาทีตามลำดับ และจากการทดสอบความสามารถในการทำงานของร่างกาย เวลาเพิ่มขึ้น 24,50 และ 35 วินาที ตามลำดับเช่นกัน[1]

ในปี ค.ศ. 1969 เฮนเรียตต้า เอช. เอเวนต์ (Henrietta H. Avent), โดนัลด์ อี. แคมเบลล์ (Donald E.Campbell),โรเบิร์ต เอ็ม. มาลินา (Robert M. Malina) และ แอลเบิร์ต บี. ฮาร์เปอร์ (Albert B.Harper) ได้ศึกษานักกรีฑาในเรื่องเกี่ยวกับลักษณะการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิต โดยเลือกเฉพาะนักกรีฑาที่เข้าแข่งขันในรอบสุดท้ายจำนวน 13 คน โดยแบ่งผู้รับการทดสอบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ นักวิ่งระยะสั้น ระยะกลาง และระยะไกล จากการทดสอบสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดโดยวิธีของออสตรานด์ ผลปรากฏว่า สมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดของนักวิ่งระยะสั้น ระยะกลาง และระยะไกล มีค่าเท่ากับ 2.6 ลิตร/นาที, 3.2 ลิตร/นาที และ 3.8 ลิตร/นาที ตามลำดับ หรือมีค่าเท่ากับ 45 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที, 57 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที และ 67 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ [2]

---

[1] Susan A.Yeager and Paul Brynteson," Effect of Varying Training Period on Development of Cardiovascular Efficiency of College Women," The Research Quarterly 41(October 1970): 589 - 592.

[2] Henrietta H.Avent,Donald E.Campell,Robert M.Malina and Albert B.Harper, " Cardiovascular Characteristics of Selected Track Participants in the First Annual DGWS Track and Field Meet," The Research Quarterly 42(December 1971): 440 - 443.

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1969) กอร์ดอน อเล็กซานเดอร์ เลสลี เอ็ดเวิร์ดส์ (Gordon Alexander Leslie Edwards) ได้ศึกษาถึงผลการฝึกแบบวงจร (Circuit Training) การฝึกยกน้ำหนัก (Weight Training) และการฝึกแบบเป็นช่วง (Interval Training) ที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการทำงานของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต (Circulorespiratory Endurance) โดยใช้ผู้รับการทดลอง 51 คน เลือกฝึกโปรแกรมใดโปรแกรมหนึ่งผู้รับการทดลอง 38 คน ฝึกทั้ง 3 โปรแกรม ก่อนฝึกและหลังฝึกให้ผู้รับการทดลองทุกคนวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยใช้เคเบิลเทนสิโอมีเตอร์เทสท์(Cable Tensiometer Test) ส่วนการวัดการทำงานของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตใช้การทำนายสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดที่ได้จากออสตรานด์ – ริชย์มิงค์โนโมแกรม (Astrand-Rhyming Nomogram) ผลปรากฏว่า การฝึกทั้ง 3 แบบ มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการทำงานของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ[1]

ในปี ค.ศ. 1970 แฟรงค์ เออร์วิน แคทซ์ (Frank Irwin Katch) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดและความสามารถในการทำงานหนัก เขาคาดว่า บุคคลที่มีสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดจะมีความอดทนในการทำงานหนักได้ นอกจากนี้ก็หาช่วงเวลาที่ดีที่สุดในการทดสอบการทำงานประเภทที่ต้องใช้ความอดทนโดยการใช้สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดเป็นเกณฑ์ การหาสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดทำโดยวิธีการเพิ่มจังหวะในการทำสเต็ปเทสท์ การวัดความสามารถในการทำงานหนักให้ขี่จักรยานวัดงาน โดยใช้น้ำหนักถ่วง 2.5 กิโลปอนด์ ในอัตรา 60 รอบต่อนาที และเพิ่ม 0.5 กิโลปอนด์ทุก 2 นาที จนกระทั่งผู้รับการทดลองไม่สามารถขี่ต่อไปได้

---

[1] Gordon Alexander Leslie Edwards, " The Effects of Circuit Training, Weight Training,and Interval Training on Muscular Strength and Circulorespiratory Endurance," Dissertation Abstracts International 31 (October 1970): 1600-A.

ส่วนการทดสอบการทำงานประเภทนี้ต้องใช้ความอดทนใช้ก้าวแบบลงที่บนเทรดมิลล์ (Treadmill) เป็นเวลา 12 นาที สหสัมพันธ์ที่คิดเป็นนาทีแต่ละนาทีระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดกับคะแนนการทดสอบการทำงานที่ต้องใช้ความอดทน เพิ่มขึ้น ดังนี้ นาทีที่ 1 และ 2 ไม่มีนัยสำคัญ นาทีที่ 3 สหสัมพันธ์ มีค่า 0.40 นาทีที่ 6 สหสัมพันธ์มีค่า 0.71 และนาทีที่ 12 สหสัมพันธ์มีค่า 0.78 สรุปได้ว่า สมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดมีความสัมพันธ์ปานกลางกับความสามารถในการอดทนทำงาน และสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดไม่มีประสิทธิภาพในการทำนายการงานประเภทที่ต้องใช้ความอดทน นอกจากงานนี้จะทำอย่างน้อย 7 หรือ 8 นาที ภายใต้สภาพการณ์ที่ควบคุมด้วย[1]

ในปี ค.ศ. 1970 เปอร์ โอลอฟ ออสตรานด์ (Per-Olof Astrand) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ กับการใช้ออกซิเจ็นสูงสุด (Maximum Oxygen Uptake) ในการทำงานต่ำกว่าสูงสุด (Submaximum Work Load) โดยถีบจักรยานวัดงาน 50 รอบต่อนาที พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กับการใช้ออกซิเจ็นสูงสุดในขณะทำงาน และสามารถใช้อัตราการเต้นของหัวใจในภาวะคงที่ (Steady State) ในการทำงานเกือบสูงสุดมาเป็นเครื่องบอกการใช้ออกซิเจ็นสูงสุดโดยมีโนโมแกรม(Nomogram) และตารางแปลค่ากำหนดไว้[2]

---

[1] Frank Irwin Katch, " Optimal Duration of Heavy Work Endurance Test in Relation to Oxygen Intake Capacity," Dissertation Abstracts International 31(April 1971): 5181-A.

[2] Per-Olofs Astrand, " Estimation of the Maximal Oxygen Uptake on Basis of the Heart Rate Response to Submaximal Work Load," Textbook of Work Physiology 2d ed. Per-Olof Astrand and Kaare Rodalh (New York: Mcgraw-Hill Book Co., 1970), pp. 617 - 619.

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1970) เปอร์รี่ ฟอร์ด มิลเลอร์(Perry Ford Miller) ได้ศึกษาแบบทดสอบความอดทนของร่างกายโดยการวิ่ง 300 หลา และศึกษาถึงผลของความเร็วและโครงสร้างของร่างกายที่มีต่อการวิ่ง โดยแบ่งผู้รับการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งให้ทดสอบวิ่งและเดิน 12 นาที อีกกลุ่มหนึ่งให้ทดสอบ ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสท์ (Harvard Step Test) ผู้รับการทดสอบจะต้องวิ่ง 300 หลา, 60 หลา, ชั่งน้ำหนัก, วัดส่วนสูงและศึกษาโครงสร้างทางร่างกาย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบวิ่ง 300 หลา กับการทดสอบฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสท์ (Harvard Step Test) และความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบวิ่ง 300 หลา กับการทดสอบวิ่ง 60 หลา, น้ำหนัก, ส่วนสูง, โครงสร้างทางร่างกาย ผลปรากฏว่า การวิ่ง 300 หลา และการวิ่งและเดิน 12 นาที มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และการวิ่ง 300 หลา มีความสัมพันธ์กันกับการทดสอบฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสท์ (Harvard Step Test) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 จึงสรุปได้ว่า การวิ่ง 300 หลา สามารถวัดความอดทนในการทำงานได้อย่างแม่นยำ และเขายังได้รายงานอีกว่า ความเร็วในการวิ่งและรูปร่างเป็นปัจจัยสำคัญในการวิ่ง 300 หลา แต่ความสูงและน้ำหนักไม่ใช่ปัจจัยในการวิ่ง 300 หลา[1]

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1970) ฟรานซิส เจ. เนเกิ้ล(Francis J.Nagle) และ อาร์. เพลลิกริโน (R. Pelligrino) ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดในนักวิ่งระดับอุดมศึกษา เนื่องจากผลการศึกษาหลายเรื่องได้พบว่า สมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดจะเพิ่มได้โดยการฝึกซ้อมเป็นประจำ การเพิ่มนี้อยู่ระหว่าง 7 % ถึง 33 % ซึ่งขึ้นอยู่กับสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นที่มีอยู่ก่อนแล้ว และขึ้นอยู่กับความหนักของการฝึก วิธีการคือ ให้ผู้รับการทดสอบทุกคนทำการทดสอบหาสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุด โดยการทดสอบ 2 ครั้ง ครั้งแรกก่อนการแข่งขัน 2 สัปดาห์ และ

---

[1] Perry Ford Miller, " The 300 Yard Run as an Endurance Test and Effect of Running Speed and Body Structure on it Performance," Dissertation Abstracts International 31(June 1971): 6387-A.

ครั้งหลังเมื่อเสร็จสิ้นการแข่งขัน โดยที่ผู้รับการทดสอบทุกคนเป็นนักวิ่ง 440 หลา ถึง 2 ไมล์ และอยู่ในฤดูการแข่งขันที่มีการฝึกซ้อมอยู่เป็นประจำ ให้ผู้รับการทดสอบวิ่งบนเทรดมิลล์ ในความเร็ว 300 – 316 เมตร/นาที (5 นาที ต่อ 1 ไมล์) อีก 4 คน ความเร็ว 268 เมตร/นาที (6 นาที ต่อ 1 ไมล์) ในนาทีที่ 3 เพิ่ม 2 % และเพิ่ม 1 % ทุกนาที ให้ทำจนไม่สามารถจะทำได้ เพื่อว่าจะได้คำสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุด แล้วนำความแตกต่างในสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดของแต่ละคนก่อนและหลังการแข่งขันมาคำนวณ ผลปรากฏว่าสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดของทุกคนเพิ่มขึ้นมากอย่างมีนัยสำคัญ[1]

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1970) อัลเบิร์ต เลสเตอร์ เลวิส (Albert Lester Lewis) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาสเต็ปเทสท์ เพื่อใช้สำหรับวัดความอดทนร่างกายในเด็กผู้ชายระดับอุดมศึกษา โดยการให้ผู้รับการทดลองแต่ละคนก้าวเป็นจังหวะขึ้นลงบนม้าสูง 14 นิ้ว ในอัตราที่ละ 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36 และ 39 จังหวะ โดยทำแบบละ 1 นาที หรือ $1\frac{1}{2}$ นาที แล้วจับชีพจรหลังพัก 30 วินาที ให้ผู้รับการทดลองก้าวตามอัตราดังกล่าว จนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจถึง 180 ครั้ง/นาที ในครั้งต่อไปให้ผู้รับการทดลองทำการทดสอบบัลเก้เทรดมิลล์เทสท์ เพื่อหาสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุด จากการนำผลการทดสอบมาหาความสัมพันธ์ทางสถิติ ปรากฏว่า สหสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบสเต็ปเทสท์ โดยการใช้จังหวะก้าว 30 จังหวะ/นาที และสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดโดยการใช้แบบทดสอบบัลเก้เทรดมิลล์เทสท์ มีค่าเท่ากับ 0.898 ดังนั้นแบบทดสอบนี้สามารถใช้ทำนายระดับความอดทนทางร่างกายของนักเรียนระดับอุดมศึกษาได้อย่างแม่นยำและเชื่อถือได้[2]

---

[1] Francis J.Nagle and Pelligrino, " Change in Maximal Oxygen Uptake in High School Runners over a Competitive Ttack Season," The Research Quarterly 42(December 1971): 456 - 459.

[2] Albert Lester Lewis, " A Progressive Step Test to Predict Maximal Oxygen Intake," Dissertation Abstracts International 31(May 1971): 5825-A.

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1970) จอห์น อี. มานาฮาน (John E.Manahan) และ เบอร์นาร์ด กูติน (Bernard Gutin) ได้ค้นคว้าเกี่ยวกับแบบทดสอบสเต็ปเทสท์ต่างๆ เพื่อใช้ในการทำนายความสามารถของเด็กผู้หญิง เกรด 9 ในการวิ่ง 600 หลา สเต็ปเทสท์แบบต่างๆ ได้แก่ แบบของสกรูบิคและฮอดกินส์ (Skubic-Hodgkins Step Test) สเต็ปเทสท์แบบก้าวขาจังหวะละ 4 ครั้ง เป็นเวลา 1 และ 2 นาที และสเต็ปเทสท์แบบก้าวขาจังหวะละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 1 และ 2 นาที ส่วนการวิ่ง 600 หลาใช้ทดสอบบนพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉากขนาด 290 คูณ 160 ฟุต วิ่ง 2 ครั้ง จับเวลาเป็นวินาที ปรากฏว่า อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายด้วยสเต็ปเทสท์มีความสัมพันธ์กับการวิ่ง 600 หลาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือผู้รับการทดลองที่อัตราการเต้นของชีพจรน้อยจะมีเวลาในการวิ่งน้อยด้วย ค่าความสัมพันธ์นี้จะมีมากถ้านับอัตราการเต้นของหัวใจทันทีที่หยุดออกกำลัง แต่สหสัมพันธ์ที่ได้มีค่าไม่สูงนัก เพราะจับเมื่อพัก 5 – 20 นาที คือมีค่าเท่ากับ 0.399 จับเมื่อพักนาทีที่ 25 – 40 มีค่าเท่ากับ 0.325 และจับเมื่อนาทีที่ 60 – 90 มีค่าเท่ากับ 0.344 ส่วนสเต็ปเทสท์แบบอื่นมีความสัมพันธ์สูงกับการวิ่ง 600 หลา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 คือคะแนนสเต็ปเทสท์มาก จะมีเวลาในการวิ่งน้อย คือ สเต็ปเทสท์แบบจังหวะละ 4 ครั้ง ทำ 2 นาที สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ – 0.718 สเต็ปเทสท์แบบจังหวะละ 2 ครั้ง ทำ 2 นาที สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ – 0.783 และสเต็ปเทสท์แบบจังหวะละ 2 ครั้ง ทำ 1 นาที มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ – 0.824 จะเห็นได้ว่าสเต็ปเทสท์แบบจังหวะละ 2 ครั้ง ในเวลา 1 นาที จะเป็นแบบทดสอบที่เหมาะสมในการทำนายการวิ่ง[1]

---

[1]John E.Manahan and Bernard Gutin, " The One-Minute Step Test as a Measure of 600-Yard Run Performance," The Research Quarterly 42 (May 1971): 173 - 177.

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1970) เออร์วิน อี. ฟาเรีย(Irvin E.Faria) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของการฝึกซ้อมที่มีต่อความหนักต่างๆ กันต่อการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิต โดยแบ่งผู้รับการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มให้ฝึกก้าวขาขึ้นลงบนม้าจนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในอัตราดังต่อไปนี้ 120 – 130, 140 – 150, หรือ 160 – 170 ครั้งต่อนาที ตามลำดับ ให้ฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ๆละ 5 วัน พบว่าความแตกต่างก่อนและหลังฝึกซ้อมเห็นได้ชัดโดยการทดสอบความสามารถในการทำงานของร่างกาย (The PWC-180 Test) ผลปรากฏว่า กลุ่มที่ฝึกจนอัตราการเต้นของหัวใจถึง 140 – 150 และ 160 – 170 ครั้งต่อนาที พัฒนาได้ดีและเห็นได้ชัดกว่ากลุ่มเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจถึง 120 – 130 ครั้งต่อนาที และกลุ่มที่ฝึกเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจถึง 140 – 150 และ 160 – 170 ครั้งต่อนาที ไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าการจะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิตนั้น จะต้องมีการฝึกซ้อมที่หนัก และการพัฒนานี้ไม่ได้ขึ้นเป็นสัดส่วนกับความหนักของงานที่ให้ฝึก[1]

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1970 หรือ พ.ศ. 2513) สมชาย ประเสริฐศิริสัมพันธ์ ได้ศึกษาผลการวัดการจับออกซิเจ็นของร่างกายในขณะออกกำลัง ซึ่งคำนวณได้ตามหลัก – เกณฑ์ของออสตรานด์ เพื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์อากาศหายใจที่เก็บไว้ในขณะออกกำลัง เมื่อทำงานในอุณหภูมิต่างกัน ผู้รับการทดลองเป็นนิสิตชาย 6 คน ให้ออกกำลังถีบจักรยานวัดงานในห้องปรับอุณหภูมิและความชื้นได้ต่างๆ กัน โดยใช้น้ำหนักถ่วงที่เหมาะสม จับชีพจรจนถึงภาวะคงตัว แล้วจึงเพิ่มน้ำหนักถ่วงจนถึงขีดสูงสุดที่พอเหมาะ ให้ถีบต่อไปจนกระทั่งอัตราชีพจรถึง 180 ครั้ง/นาที เก็บอากาศหายใจออกขณะออกกำลังนำไปวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจ็นที่ร่างกายใช้หมดไป นำผลคำสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นตามวิธีของออสตรานด์กับที่ได้จากการวิเคราะห์อากาศหายใจมาเปรียบเทียบกัน พบว่าสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดของร่างกายที่อุณหภูมิ 20° ซ. กับ 30° ซ.

---

[1] Irvin E.Faria, " Cardiovascular Response to Exercise as Influenced by Training of Various Intensities," The Research Quarterly 41(March 1970): 44 – 50.

ต่างกันเพียงเล็กน้อย และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่อุณหภูมิ 40° ซ. สมรรถภาพทางการจับออกซิเจ็นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ค่าการใช้ออกซิเจ็นจากผลการออกกำลังกายที่อุณหภูมิ 30° ซ. น้อยกว่าที่อุณหภูมิ 20° ซ. กับ 40° ซ. แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการของออสตรานด์อาจไม่เหมาะสมกับการทดสอบเพื่อวัดสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดของร่างกายในขณะอุณหภูมิ 40° ซ. แต่อาจจะใช้ได้กับการทดสอบในอุณหภูมิ 20° ซ. ถึง 30° ซ.[1]

ในปี ค.ศ. 1971 แลร์รี่ ไรน์ฮาร์ท เกตต์มาน(Larry Rhineheart Gettmann) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของน้ำหนักตัวและสภาพทางร่างกายที่มีผลต่อการทดสอบด้วยจักรยานวัดงานและเทรดมิลล์ เขาได้แบ่งผู้รับการทดลองออกเป็น 4 กลุ่มๆละ 15 คน กลุ่มที่ 1 สภาพร่างกายปกติ น้ำหนักน้อย กลุ่มที่ 2 สภาพร่างกายไม่ปกติ น้ำหนักน้อยและกลุ่มที่ 3 สภาพร่างกายปกติ น้ำหนักมาก กลุ่มที่ 4 สภาพร่างกายไม่ปกติ น้ำหนักมาก ให้ทั้ง 4 กลุ่มทำงานในระดับที่ใช้ความสามารถเกือบสูงสุด แล้วดูความแตกต่างของทั้ง 4 กลุ่ม ปรากฏว่า ผู้ที่มีน้ำหนักมากและสภาพร่างกายปกติ มีความสามารถในการทำงานได้ดีกว่าผู้ที่มีน้ำหนักน้อยและผู้ที่สภาพร่างกายไม่ปกติ ในการที่จะทำนายความสามารถในการทำงาน บุคคลที่มีน้ำหนักมากจะได้กำไรมากกว่าบุคคลที่มีน้ำหนักน้อยในจำนวนงานที่ให้ในการทดสอบจักรยาน แต่คนที่มีน้ำหนักน้อยจะสามารถทำงานได้ดีมากกว่าคนที่น้ำหนักมากเมื่อเทียบต่อน้ำหนักตัวของเขา[2]

---

[1]สมชาย ประเสริฐศิริพันธ์, "การเปรียบเทียบผลการวัดการจับออกซิเจ็นขณะออกกำลังกายตามวิธีของออสตรานด์กับวิธีวิเคราะห์อากาศหายใจ" (วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2513).

[2]Larry Rhineheart Gettmann, " Influence of Body Weight and Physical Condition on Bicycle and Treadmill Submaximal Work," Dissertation Abstracts International 32 (March 1972): 5017-A.

ในปีเดียวกัน (ค.ศ. 1971) ซูซานน์ ลี ฮิกส์ (Susanne Lee Higgs) ได้ค้นคว้าเรื่องเกี่ยวกับการทำงานประเภทที่ต้องใช้ความอดทนทางร่างกายของนักกีฬาที่มีความสามารถมากและนักกีฬาที่มีความสามารถปานกลาง โดยศึกษาในสภาพที่มีแรงจูงใจของตนเองและสภาพการแข่งขัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจะดูความแตกต่างระหว่างนักกีฬาที่มีความสามารถมากกับมีความสามารถปานกลางว่ามีผลเนื่องมาจากความสามารถของเขาเองหรือจากแรงจูงใจ และดูว่าคนจะสามารถทำงานได้เท่าไรในระดับสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุด นอกจากนี้ก็เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุด และความสามารถในการทำงานประเภทที่ต้องใช้ความอดทน เขาได้แบ่งนักกีฬาออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่มีความสามารถมากและกลุ่มที่มีความสามารถปานกลาง วัดสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นทั้ง 2 กลุ่ม แล้วให้ผู้รับการทดลองทั้ง 2 กลุ่มทำแบบทดสอบ 2 แบบ คือ ให้วิ่งบนเทรดมิลล์ภายใต้สภาพที่มีแรงจูงใจ และวิ่งภายใต้สภาพที่มีการแข่งขัน ผลปรากฏดังนี้ 1. ไม่มีความแตกต่างทางด้านแรงจูงใจในระหว่างนักกีฬาที่มีความสามารถมากและนักกีฬาที่มีความสามารถปานกลาง 2. นักกีฬาที่มีความสามารถมากคะแนนความสามารถทางกลไกจะสูงกว่านักกีฬาที่มีความสามารถปานกลาง 3. ค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดของกลุ่มที่มีความสามารถมากมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่มีความสามารถปานกลางอย่างมีนัยสำคัญ 4. ค่าเฉลี่ยของเวลาในการทำงานประเภทที่ต้องใช้ความอดทนของกลุ่มที่มีความสามารถมากจะสูงกว่ากลุ่มที่มีความสามารถปานกลางที่มีแรงจูงใจของตนเองและสภาพการแข่งขัน 5. มีความสัมพันธ์กันเล็กน้อยระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดและเวลาที่สามารถทำงานได้ 6. มีความสัมพันธ์กันอย่างสูงระหว่างสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดและจำนวนงานที่ทำได้ 7. ค่าเฉลี่ยเวลาของการทำงานในระดับการจับออกซิเจ็นสูงสุดเท่ากับ 4 นาที 35.8 วินาที ภายใต้แรงจูงใจของตนเอง ในสภาพการแข่งขันจะเพิ่มขึ้นประมาณ 30 วินาที[1]

---

[1] Susanne Lee Higgs, " Endurance Performance of Good and Average Women Competitions Under Self-Motivated and Competitive Condition," Dissertation Abstracts International 32(December 1971): 3076-A.

ในปี ค.ศ. 1972 เอ็ม. ออสทีน, ดี. แวน เกอร์เวน และ พี. เดอร์ บรูน ปรีโวสท์ (M.Ostyn, D.Van Gervan and P.de Bruyn Prevost) ได้ศึกษาเรื่องอิทธิพลของน้ำหนักตัวที่มีผลต่อการทำงานระดับต่ำกว่าระดับสูงสุดของนักกีฬา ผู้รับการทดลอง 178 คน อายุ 19 -- 21 ปี ทดสอบถีบจักรยานวัดงานในเวลาเดียวกัน คือหลังจากเวลา 12.00 น. พบว่า อัตราชีพจร 130 ครั้ง/นาที ผลงานที่ทำไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัว แต่เมื่อเพิ่มความหนักของงานจนกระทั่งอัตราชีพจร 170 ครั้ง/นาที พบว่าความสามารถในการทำงานขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัว จากการทดสอบครั้งนี้เน้นความสัมพันธ์ด้านความแตกต่างในน้ำหนักของแต่ละคน ในการทดลองครั้งนี้กำหนดงานเท่ากับ 1 วัตต์/นาที/กิโลกรัม[1]

ในปี ค.ศ. 1972 ฟรานซ์ (Franz) ได้ทำการทดสอบ PWC_{170} กับชายที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 20 – 30 ปี โดยเปรียบเทียบวิธีเพิ่มงาน 3 วิธีต่างกันดังนี้ วิธีที่ 1 เพิ่มงาน 10 วัตต์/ นาที ใช้เวลาทั้งสิ้น 6 นาที วิธีที่ 2 เพิ่มงาน 25 วัตต์ต่อนาที ใช้เวลาทั้งสิ้น 6 นาที วิธีที่ 3 เพิ่มงาน 1 วัตต์ต่อ 1 กิโลกรัมต่อ 3 นาที นาทีที่ 1 ถึงนาทีที่ 3 ใช้ 1 วัตต์ต่อ 1 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว นาทีที่ 4 ถึงนาทีที่ 6 ใช้ 2 วัตต์ต่อ 1 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว พบว่าการทดสอบทั้ง 3 วิธีดังกล่าวข้างต้น ค่า PWC_{170} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ[2]

---

[1] M.Ostyn, D.Van Gervan and Bruyn Prevost, " Influence of Body Weight on results obtained by sportman in Submaximal Work Test," Internationes Seminar fur Ergometric 3(Berlin: Ergon-Verlag Ludwing Austermeur, 1972), pp. 201 - 204.

[2] Franz,Ingomar, " Verglichende Untersuchungen Zur Messung der PWC_{170} International Seminar fur Ergometric 3(Berlin: Ergon-Verlag Ludwing Astermeur, 1972), 136.

ในปี พ.ศ. 2515 เทพวาณี สมะพันธ์ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของอากาศและเครื่องแต่งกายที่มีต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นในขณะออกกำลังกาย ผู้รับการทดลองแต่งกาย 2 แบบ คือ แบบปิดและแบบเปิด โดยออกกำลังถีบจักรยานวัดงานในห้องที่มีอากาศแวดล้อม 4 แบบ คือ อุณภูมิ 40° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % อุณหภูมิ 40° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 68 % บันทึกอัตราชีพจร ความดันเลือด อุณหภูมิร่างกายขณะออกกำลังและหลังการออกกำลังกาย น้ำหนักตัวก่อนและหลังการออกกำลังกาย ผลการทดลองพบว่า อากาศปกติ (28° ซ.) เป็นอากาศที่เหมาะกับการออกกำลังกายมาก ร่างกายทำงานได้นานกว่าและมีสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงกว่าในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง (80 %) นอกจากนั้นยังพบว่า เครื่องแต่งกายแบบเปิดช่วยให้ร่างกายทำงานได้มากกว่าแบบปิดเกือบทุกสภาพแวดล้อม เว้นแต่ในอากาศร้อนชื้น ซึ่งเสื้อผ้าแบบปิดช่วยให้การทำงานได้ปริมาณมากกว่าเล็กน้อย สำหรับสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นนั้น เครื่องแต่งกายไม่มีอิทธิ พลใดๆ ทั้งสิ้น[1]

ในปี พ.ศ. 2516 เจริญทัศน์ จินตนเสรี ได้ศึกษาเปรียบเทียบ PWC_{170} ซึ่งได้จากการเพิ่มงานที่ต่างกัน 2 วิธี โดยใช้ผู้รับการทดลองเป็นชาย อายุระหว่าง 11 – 38 ปี โดยให้ทดสอบถีบจักรยานวัดงานทั้ง 2 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1 เพิ่มงานขั้นละ 25 วัตต์ต่อ 2 นาที งาน 3 ขั้น

วิธีที่ 2 เพิ่มงานขั้นละ 50 วัตต์ต่อ 6 นาที งาน 2 ขั้น

ผลการทดสอบทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ[2]

---

[1] เทพวาณี สมะพันธ์, "อิทธิพลของอากาศและเครื่องแต่งกายที่มีต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นระหว่างการออกกำลังกาย" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2515).

[2] Chintanaseri, Charoentasn, " Untersuchng Zur Bestimmung der PWC_{170} mit unterchiedlichen Leistungsstufen," (Inaugural Dissertation Zur Erlangung medizinschen Doktorwurde and den medizinschen Eachbereichen der Freien Universität Berlin, 1973).

ในปี พ.ศ. 2516 แน่งน้อย สงวนวิทย์ ได้ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ของผลการทดสอบเออร์โกเมตรีย์ ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสท์ และการวิ่งระยะไกล ผู้รับการทดสอบแต่ละคนทำการทดสอบทั้ง 3 แบบ ในแต่ละแบบห่างกันไม่เกิน 1 สัปดาห์ ผลการทดสอบพบว่า แบบทดสอบเออร์โกเมตรีย์ ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสท์ และการวิ่ง 1,500 เมตร มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบเออร์โกเมตรีย์ กับ ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสท์เท่ากับ 0.73 สหสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบเออร์โกเมตรีย์ กับการวิ่ง 1,500 เมตร เท่ากับ 0.71 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสท์ กับการวิ่ง 1,500 เมตร เท่ากับ 0.58 ดังนั้นการวัดความสามารถในการทำงานหรือการวัดการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิต สามารถเลือกแบบทดสอบแบบใดแบบหนึ่งใน 3 แบบนี้ได้ [1]

ในปี พ.ศ. 2517 ฐิติมาวดี เจริญรัชต์ ได้ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิกายที่มีต่อความสามารถในการทำงาน โดยให้ผู้รับการทดลอง 9 คน ออกกำลังถีบจักรยานวัดงานจนหมดแรง ในสภาพแวดล้อมปกติ 2 ครั้ง คือ เมื่ออุณหภูมิกายปกติครั้งหนึ่ง และเมื่ออุณหภูมิกายสูงกว่าปกติอีกครั้งหนึ่ง โดยเว้นระยะห่างกัน 3 วัน ผลปรากฏว่า ในการออกกำลังเมื่ออุณหภูมิกายแตกต่างกันเล็กน้อย (0.5° ซ.) ปริมาณงานที่ทำได้ อัตราชีพจรสูงสุด อุณหภูมิที่ทวารหนักที่เพิ่มขึ้น ปริมาตรอากาศที่หายใจและน้ำหนักตัวที่ลดลง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทั้ง 2 สภาวะ ในระยะคืนสู่สภาพปกติ เวลาการคืนสู่สภาพปกติของอัตราชีพจรและอุณหภูมิที่ทวารหนักใช้เวลามากกว่าการคืนสู่สภาพปกติของปริมาตรอากาศหายใจอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และระยะเวลาที่คืน

---

[1] แน่งน้อย สงวนวิทย์, "ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบเออร์โกเมตรีย์ ฮาร์วาร์ด สเต็ป เทสท์ และการวิ่งระยะไกล" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2516).

สู่สภาพปกติของอุณภูมิที่ทวารหนัก ขึ้นอยู่กับความร้อนที่สะสมอยู่ในร่างกายระหว่างเวลาที่ออกกำลัง[1]

ในปี พ.ศ. 2517 นันทิยา พณิชยพงศ์ ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการจัดอัตราถีบที่พอเหมาะกับความหนักของระดับงานต่างๆ ในการทดสอบความสมบูรณ์ของร่างกายด้วยจักรยานวัดกำลัง ผู้รับการทดลอง 40 คน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ทดสอบคนละ 4 ครั้ง ใช้อัตราถีบ 30, 40, 50, และ 60 รอบต่อนาที กลุ่มที่ 1 ทำงาน 450 กิโลปอนด์เมตรต่อนาที กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 ทำงาน 600, 750 และ 900 กิโลปอนด์เมตรต่อนาที ผลปรากฏว่า การทำงานด้วยปริมาณงานเท่ากันแต่อัตรารอบถีบต่างกัน อัตราการเต้นของหัวใจในภาวะคงที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 การใช้อัตรารอบถึง 30 รอบต่อนาที ไม่ควรนำมาใช้ในการทดสอบจักรยานวัดงาน ไม่ว่าจะใช้ปริมาณงานเท่าใด เพราะทำให้ได้ผลต่ำกว่าความเป็นจริง การใช้อัตรารอบถีบ 40 รอบต่อนาที เป็นอัตราถีบที่พอเหมาะเมื่อใช้กับงานไม่หนักมาก (450 – 470 กิโลปอนด์เมตรต่อนาที) แต่ไม่เหมาะกับงาน 900 กิโลปอนด์เมตรต่อนาที การใช้อัตรารอบถีบ 50 รอบต่อนาที เป็นอัตราที่เหมาะกับงานทุกระดับ ตั้งแต่ 450 – 900 กิโลปอนด์เมตรต่อนาที [2]

---

[1]ฐิติมา เจริญรัชต์, "อิทธิพลของอุณหภูมิกายที่มีต่อความสามารถในการทำงาน" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2517).

[2]นันทิยา พณิชยพงศ์, "การจัดอัตรารอบที่พอเหมาะกับความหนักของงานระดับต่างๆ ในการทดสอบความสมบูรณ์ของร่างกายด้วยจักรยานวัดกำลัง" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2517).

ในปี พ.ศ. 2518 นิ่มนวล สกุลพานิช ได้ศึกษาเรื่องอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศแวดล้อมต่อสมรรถภาพการทำงานที่ศึกษาโดยวิธีเออร์โกเมตรีย์ ให้ผู้รับการทดลองถีบจักรยานวัดงานในปริมาตรที่เท่ากัน ความชื้นใกล้เคียงกัน (60 – 80 %) อุณหภูมิ 20° ซ., 25° ซ., 30° ซ. และ 40° ซ. ให้ผู้รับการทดลองถีบจักรยานเพื่อหาค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุดตามวิธีของออสตรานด์ ปรากฏว่า อุณหภูมิที่ 35° ซ. กับ 40° ซ. มีอิทธิพลต่ออัตราชีพจรขณะทำงานและสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นลดลงอย่างเห็นได้ชัด อุณหภูมิที่พอเหมาะในการออกกำลังกายอยู่ระหว่าง 20° ซ. ถึง 30° ซ. และอุณหภูมิวิกฤตทำให้สมรรถภาพการทำงานของร่างกายลดลงอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 35° ซ.[1]

ในปีเดียวกัน พริ้มเพรา ผลเจริญสุข ได้ศึกษาวิจัยเรื่องอิทธิพลของอากาศร้อนเย็นต่อสมรรถภาพทางทำงานของผู้หญิงที่ศึกษาโดยวิธีเออร์โกเมตรีย์ ใช้ผู้รับการทดลอง 20 คน ออกกำลังถีบจักรยานวัดงานในอากาศแวดล้อมที่ต่างกัน คือ ความชื้นสัมพัทธ์ 70 – 80 % อุณหภูมิ 40° ซ., 28° ซ. และ 19° ซ. ให้ผู้รับการทดลองถีบจักรยานวัดงาน 6 นาที จับชีพจรทุก 1 นาที นำไปแปลผลเป็นสมรรถภาพการจับออกซิเจ็นสูงสุด โดยใช้ตารางของออสตรานด์ ผลปรากฏว่า การออกกำลังกายในที่เย็นจะทำงานได้นานกว่า เหนื่อยน้อยกว่าในที่ร้อน[2]

---

[1]นิ่มนวล สกุลพานิช, "อิทธิพลอุณหภูมิอากาศแวดล้อมต่อสมรรถภาพการทำงานที่ศึกษาโดยวิธีเออร์โกเมตรีย์" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518).

[2]พริ้มเพรา ผลเจริญสุข, "อิทธิพลของอากาศร้อนเย็นต่อสมรรถภาพของการทำงานของผู้หญิงที่ศึกษาโดย เออร์โกเมตรีย์" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518).

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อสร้างแบบทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตที่มีความประหยัด สะดวกสบายในการวัด มีความแม่นตรงและเชื่อถือได้

สมมุติฐานของการวิจัย

แบบทดสอบประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตด้วยการวิ่ง สามารถนำไปใช้วัดประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตได้จริง

ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1. ผู้รับการทดลอง คือ นักศึกษาชายอาสาสมัคร ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง วิทยาลัยครูอุตรดิตถ์ จำนวน 40 คน

2. การทดสอบเออร์โกเมตรี่ทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว นอกจากมีความผิดปกติ หรือมีข้อสงสัยเกิดขึ้น

3. ระยะทางในการทดสอบวิ่ง กำหนดเป็น 3 ระยะ คือ 800, 1,200 และ 1,600 เมตร โดยผู้รับการทดลองทุกคนจะต้องทำการทดสอบทั้ง 3 ระยะ

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. จักรยานวัดงานแบบโมนาร์ค นาฬิกาจับเวลา และเครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้รับการตรวจสอบแล้วว่าแม่นตรงและเชื่อถือได้

2. เครื่องให้จังหวะ (Metronome) สามารถใช้เป็นสัญญาณในการให้จังหวะ เพื่อประกอบการถีบจักรยานได้อย่างสม่ำเสมอ

3. ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างลูวิ่งกับพื้นรองเท้าที่ใช้ในการคำนวณการคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิต เป็นค่าที่ใช้เฉพาะสนามกรีฑาของวิทยาลัยครูอุตรดิตถ์เท่านั้น

4. ในการทดสอบทุกครั้ง ผู้รับการทดสอบแต่งกายโดยสวมกางเกงขาสั้น เสื้อยืดคอกลมแขนสั้น และสวมรองเท้าผ้าใบ

ความจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้หากไม่สมบูรณ์อาจเนื่องมาจาก

1. อาหารและการพักผ่อนของผู้รับการทดลองเป็นไปตามสภาพปกติของแต่ละคน

2. เวลาในการทดลองในวันหนึ่งๆ อาจมีผลต่อการทดลองได้ เนื่องจากการแกว่งไกวตามธรรมชาติ (Natural Daily Rhythm) ถึงแม้ว่าในการทดลองจะได้ระมัดระวังให้คนหนึ่งๆ ทำการทดลองในเวลาเดียวกันทุกครั้ง

ความหมายของคำที่ใช้ในการวิจัย

1. ความอดทนทางร่างกาย (Endurance) หมายถึงความสามารถของร่างกายที่จะทำงานที่หนักติดต่อกันได้เป็นเวลานาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 ความอดทนของกล้ามเนื้อ(Muscular Endurance) หมายถึงความอดทนของกล้ามเนื้อที่จะทนทำงานหนักได้ติดต่อกันเป็นเวลานาน ซึ่งขึ้นอยู่กับ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อจะมีความอดทนได้ต้องมีการฝึกซ้อมอยู่เสมอ และมีจำนวนเส้นโลหิตฝอยที่จะทำงานมาก เพื่อจะได้ส่งอาหารไปหล่อเลี้ยงและนำของเสียจากการทำงานออกไป

1.2 ความอดทนในการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ (Circulorespiratory Endurance)หมายถึงประสิทธิภาพในการที่ร่างกายสามารถทำงานประสานกันได้ดีระหว่างระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต

2. สมรรถภาพในการทำงานของหัวใจและหลอดโลหิต(Cardiovascular Fitness) หมายถึง ความสามารถที่จะส่งเลือดไปถึงส่วนต่างๆ ของร่างกายที่กำลังทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ สมรรถภาพในการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดนี้แสดงให้เห็นถึงสภาพของหัวใจและสภาพร่างกายทั่วๆ ไป

3. สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด(Maximum Oxygen Uptake or Intake Capacity) หมายถึง ความสามารถของร่างกายที่จะจับออกซิเจน เพื่อไปใช้ให้เพียงพอในระหว่างการออกกำลังกายอย่างเต็มที่

4. ภาวะอยู่ตัว(Steady State) หมายถึงระยะเวลาที่การออกกำลังคงที่ การจับออกซิเจ็นคงที่ การใช้ออกซิเจ็นคงที่ ความต้องการออกซิเจ็นของร่างกายคงที่ และหนี้ออกซิเจ็นคงที่ด้วย ซึ่งทราบได้ด้วยการตรวจนับอัตราชีพจรขณะออกกำลังกาย

5. ปริมาณภาระด้านงาน (Work Load) หมายถึงความหนักของงาน (Intensity) คิดเป็นกิโลปอนด์ (Kp)

6. ผู้รับการทดสอบ หมายถึง นักศึกษาชายอาสาสมัคร ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง วิทยาลัยครูอุตรดิตถ์

7. ผู้ทำการทดสอบ หมายถึง ผู้วิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นช่วยให้เกิดความประหยัด สะดวกสบายในการวัดประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิต และสามารถนำไปใช้แทนแบบทดสอบเออร์โกเมตรีย์ได้

2. การวิจัยครั้งนี้ อาจเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย