บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสาร งานวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พอสรุปได้โดยสังเขปดังต่อไปนี้

1 ความรู้เกี่ยวกับสมรรถภาพทางกาย
2 การทดสอบสมรรถภาพทางกาย
3 ความทนทานของหัวใจและหลอดเลือด
4 การทดสอบความทนทานของหัวใจและหลอดเลือด
5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้เกี่ยวกับสมรรถภาพทางกาย

สมรรถภาพทางกาย (Dwyer, 2008)

สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) หมายถึง ความสมบูรณ์ของบุคคลในการควบคุมสั่งการให้ร่างกายสามารถปฏิบัติภารกิจต่างๆ รวมทั้งภารกิจในชีวิตประจำวันได้อย่างราบรื่น โดยปราศจากความเหนื่อยล้า และยังคงสามารถปฏิบัติภารกิจอื่นๆที่นอกเหนือออกไปได้อีก ทั้งงานอดิเรก หรือกิจกรรมนันทนาการ หรือกิจกรรมการออกกำลังกาย เล่นกีฬา ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย

ประเภทของสมรรถภาพทางกาย (Thompson, 2009)

สมรรถภาพทางกาย แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สมรรถภาพทางกายทั่วไป (General physical fitness) และสมรรถภาพทางกายเฉพาะ (Special physical fitness)

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพร่างกาย (Health-Related Physical Fitness) Components (Thompson, 2009)

1. ระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular system) ในขณะทำกิจกรรมต่างๆ ระบบหัวใจและหลอดเลือดจะทำหน้าที่ส่งออกซิเจนไปสนับสนุนเซลล์ต่างๆ ให้ทำงานตามหน้าที่
2. สัดส่วนของร่างกาย (Body compositions) เป็นความเหมาะสมของกล้ามเนื้อ ไขมัน กระดูก และความเหมาะสมของรูปร่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) เป็นความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดแรง
4. ความทนทานของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) เป็นความทนต่อการล้าเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวติดต่อกันเป็นเวลานาน
5. ความยืดหยุ่นของร่างกาย (Flexibility) เป็นความสามารถในการยืดเหยียดข้อต่อ เอ็น และกล้ามเนื้อของร่างกาย

สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวกับทักษะ (Skill-Related Physical Fitness Components) (Thompson, 2009)

1. ความคล่องตัว (Agility) คือ ความสามารถในการเปลี่ยนตำแหน่งในพื้นที่หนึ่งโดยมีความเร็ว และความแม่นยำมาเกี่ยวข้อง
2. การประสานสัมพันธ์ (Coordination) คือความสามารถในการใช้การรับความรู้สึก เช่น การมองเห็นและการได้ยิน ในการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายด้วยความราบรื่นและแม่นยำ
3. การทรงตัว (Balance) คือการรักษาการทรงท่าเมื่ออยู่กับที่หรือเคลื่อนไหว
4. กำลัง (Power) คือความสามารถหรือระดับของแรงในการทำงาน
5. ปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction time) คือ เวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อสิ่งที่มากระตุ้น
6. ความเร็ว (Speed) คือ ความสามารถในการเคลื่อนไหวในช่วงเวลาสั้น

การทดสอบสมรรถภาพทางกาย (Thompson, 2009)

การทดสอบสมรรถภาพทางกาย เป็นเครื่องชี้วัดความสมบูรณ์ของร่างกาย ทำให้บุคคลทราบถึงสมรรถภาพของตนเอง และเป็นสิ่งกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาร่างกาย การออกกำลังกาย การดูแลสุขภาพของตนเองอย่างสม่ำเสมอ

จุดประสงค์ของการทดสอบสมรรถภาพทางกาย (Thompson, 2009)

1. ทราบถึงสุขภาพร่างกายของตนเองเพื่อเป็นการประเมินสถานภาพที่เป็นอยู่
2. ตรวจข้อบกพร่องทางสุขภาพ และสมรรถภาพเพื่อการแก้ไขปรับปรุง
3. เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายให้เหมาะสม
4. เพื่อตั้งเป้าหมายในการออกกำลังกาย
5. เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงของระบบหัวใจและหลอดเลือด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อปฏิบัติของผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพทางกาย (Thompson, 2009)

1. ไม่รับประทานอาหาร เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน และสูบบุหรี่ อย่างน้อย 3 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ
2. พักผ่อนอย่างเพียงพอและงดออกกำลังกาย 1 วันก่อนการทดสอบ
3. สวมใส่เสื้อผ้าที่สบายและสวมรองเท้ากีฬาในการทดสอบ
4. ถ้ารู้ตัวว่าไม่สบาย หรือมีสิ่งหนึ่งสิ่งใดมากระทบกระเทือนต่อสภาวะร่างกายหรือจิตใจ ซึ่งมีผลต่อการทดสอบ ควรแจ้งให้ผู้ทำการทดสอบทราบ
5. ก่อนการทดสอบ 1 วัน ควรดื่มน้ำอย่างเพียงพอ เพื่อป้องกันภาวะขาดน้ำ

ข้อห้ามในการทดสอบสมรรถภาพร่างกาย (Ehrman, 2010)

1. เริ่มมีสัญญาณ ECG ที่แสดงถึงหัวใจขาดเลือด หรือมีกล้ามเนื้อหัวใจตาย หรืออุบัติเหตุเกี่ยวกับหัวใจต่างๆ
2. เจ็บหน้าอกอย่างรุนแรง
3. มีภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ
4. มีอาการของหลอดเลือดหัวใจตีบอย่างรุนแรง
5. ไม่สามารถควบคุมอาการของภาวะหัวใจวายได้
6. มีก้อนอุดตันในปอดและภาวะปอดขาดเลือด
7. มีภาวะกล้ามเนื้อหัวใจอักเสบเฉียบพลันหรือเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบเฉียบพลัน
8. มีประวัติเส้นเลือดโป่งพอง
9. มีอาการติดเชื้อเฉียบพลับ เช่น มีไข้สูง ปวดตามร่างกาย หรือต่อมน้ำเหลืองบวม

ควรหยุดการทดสอบสมรรถภาพร่างกายเมื่อ (Ehrman, 2010)

1. มีความดันโลหิตลดลงมากกว่า 10 มิลลิเมตรปรอท จากการวัดก่อนทดสอบ
2. มีอาการเจ็บหน้าอกปานกลางถึงมากในขณะทดสอบ
3. มีอาการของระบบประสาทผิดปกติ เช่น วิงเวียนหรือการมองเห็นผิดปกติ
4. มีอาการของการขาดเลือด คือซีดหรือเขียว
5. ไม่สามารถวัดค่า ECG หรือความดันโลหิต Systolic ได้
6. ผู้ทดสอบต้องการหยุดการทดสอบ
7. หัวใจเต้นเร็วผิดปกติ
8. ค่า ST เพิ่มขึ้น (+ 0.1 mm) โดยไม่มีการวินิจฉัยว่ามี Q-wave

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

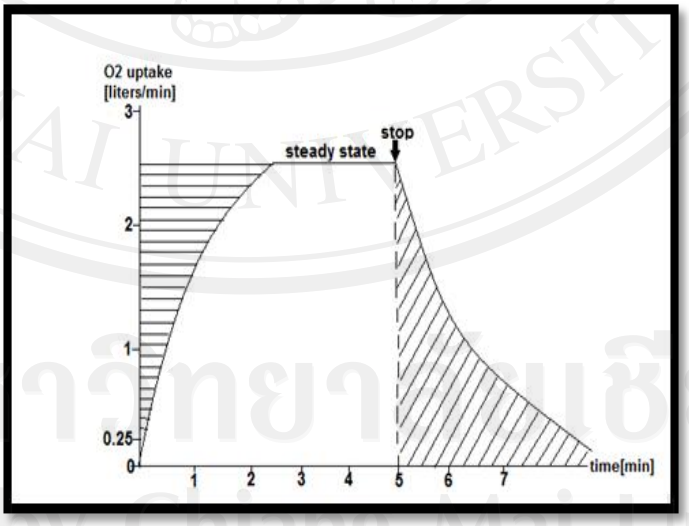
ความทนทานของหัวใจและหลอดเลือด (Thompson, 2009)

ระดับความทนทานของหัวใจและหลอดเลือด

จะสามารถอธิบายโดยใช้จำนวนสูงสุดของออกซิเจน หน่วยที่ใช้คือ ลิตรต่อนาที (liters per minute; L/min) หรือมิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมในหนึ่งนาที (milliliters per kilogram per minute; ml/kg/min) ซึ่งหน่วยมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที (ml/kg/min) เป็นหน่วยที่ใช้บ่อยที่สุด เพราะมีการพิจารณาเกี่ยวกับน้ำหนักของร่างกายด้วย เมื่อมีการเปรียบเทียบระหว่างสองค่าของการใช้ออกซิเจนสูงสุด ค่าที่มีน้ำหนักน้อยจะมีค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะมีการเปลี่ยนแปลงทุกๆ กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย เนื่องจากเนื้อเยื่อและอวัยวะทั้งหมดของร่างกายจะมีหน้าที่ในการใช้ออกซิเจน ค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด จึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงความทนทานของหัวใจ

ค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดในร่างกาย (Maximum oxygen uptake VO_{2max}) (American Thoracic Society, 2003)

คือ ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับไปให้เซลล์ใช้ได้ต่อช่วงเวลา 1 นาที หน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมในเวลาหนึ่งนาที (ml/kg/min) หรือลิตรต่อนาที (L/min) และเป็นเครื่องหมายบอกขีดความสามารถสูงสุดของมนุษย์ในการสร้างพลังงานแบบแอโรบิค



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างระยะเวลาในการออกกำลังกาย กับค่าปริมาณการใช้ออกซิเจน
ที่มา : (ชูศักดิ์ เวชแพทย์, 2536)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่า Oxygen consumption หรือ Oxygen uptake จะเพิ่มขึ้นจากขณะพักอย่างรวดเร็วในระยะ 1-2 นาทีแรก ของการออกกำลังกาย หลังจากนั้นจะรักษาระดับให้คงที่ไว้ (Steady state) จนกระทั่งการออกกำลังกายได้สิ้นสุดลง Oxygen consumption จึงค่อยๆ ลดปริมาณลงสู่ระดับที่อยู่ในขณะพัก

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (อิฐสิญา คุ้มภัย, 1996)

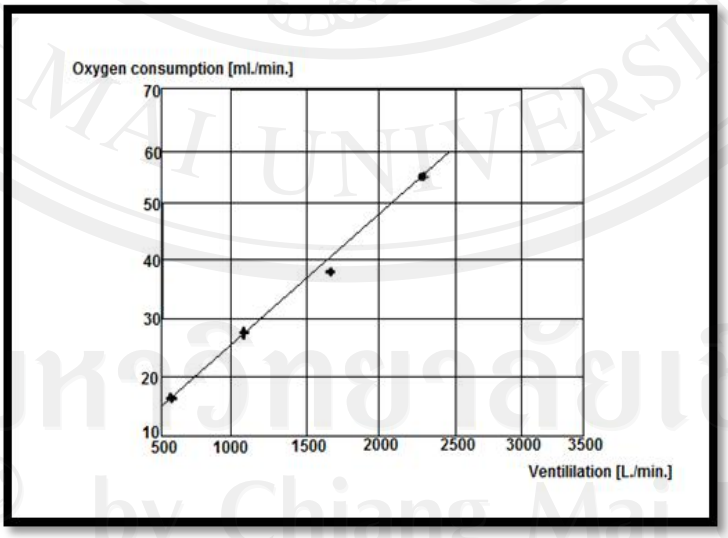
Scionolfi at al (1985) ได้กล่าวว่า การใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) จะถูกส่งไปให้กล้ามเนื้อโดยขึ้นอยู่กับปริมาณของอากาศที่เข้าปอด (Ventilation) การกระจายตัวของหลอดเลือด (Vascularization) ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจต่อ 1 นาที (Cardiac output) และการใช้ออกซิเจน (Oxygen utilization)

1. ปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ปอด (Ventilation)

"Pulmonary ventilation" คือ การเคลื่อนที่เข้าออกอย่างเป็นจังหวะของอากาศสู่ปอด

"Minute ventilation" คือ ปริมาณของอากาศที่หายใจออกในเวลา 1 นาที ($V^{O}e$) ซึ่งหาได้จากผลคูณระหว่างการหายใจเข้า-ออกปกติกับอัตราการหายใจ (VT x RR)

$V^{O}e$ ขณะพักผ่อนในคนทั่วๆ ไป จะมีค่าประมาณ 7.5-8 ลิตรต่อนาที ซึ่งมีออกซิเจนเพียงพอที่จะถูกลำเลียงไปกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเลือด การออกกำลังกายที่มีความหนักปานกลาง $V^{O}e$ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมากกับ



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $V^{O}e$ กับ VO_{2max} เมื่อ $V^{O}e$ มีค่าสูงขึ้น VO_{2max} จะมีค่าสูง
ที่มา : (ชูศักดิ์ เวชแพทย์, 2536)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากในรูปที่ 2 แสดงระดับของสมรรถภาพทางกายมีอิทธิพลต่อ V^{O} e ขณะออกกำลังกาย กล่าวคือ ผู้ที่ฝึกออกกำลังกายอยู่เสมอมีค่า V^{O} e ที่ลดน้อยลง สามารถทำงานหนักเท่าเดิมได้โดยที่งานของการหายใจไม่ต้องมีมาก แสดงถึงประสิทธิภาพและความประหยัดในการหายใจที่ดี

นอกจากนั้นในผู้ที่รับการฝึกมาช่วงระยะเวลาหนึ่ง (training subject) จะทำให้ค่าสูงสุดของ V^{O}e มีค่าสูงกว่าคนที่ไม่ได้รับการฝึก (untrained subject)

2. การใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อ (Oxygen utilization)

โดยทั่วไปขณะพักผ่อนเลือด 100 มิลลิลิตร จะปล่อยออกซิเจนให้กับเนื้อเยื่อประมาณ 4.5 มิลลิลิตร แต่ขณะออกกำลังกายอัตราการปล่อยอาจเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่า ดังนั้นจึงทำให้ต้องมีการนำเอาออกซิเจน จากบรรยากาศมาทดแทนในส่วนที่เลือดได้สละให้กับเนื้อเยื่อมากขึ้น

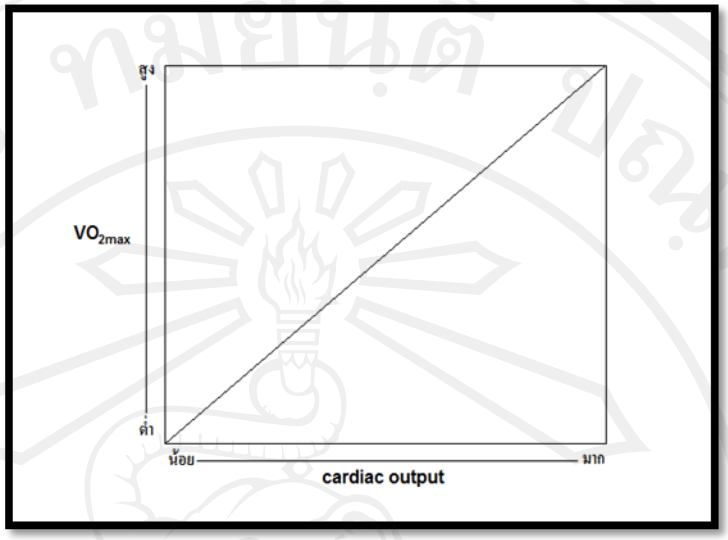
3. ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจห้องล่างใน 1 นาที (Cardiac output)

ขณะออกกำลังกาย Cardiac output อาจเพิ่มขึ้นจาก 4 เป็น 20 ลิตรในคนทั่วไป และอาจถึง 40 ลิตร ในนักกีฬาที่ได้รับการฝึกเป็นอย่างดี การเพิ่มของ Cardiac output ขณะออกกำลังกายเป็นผล มาจากการเพิ่มทั้งอัตราการเต้นของหัวใจและ Stroke volume (ปริมาณของเลือดที่หัวใจห้องล่างซ้ายฉีดออกสู่ Aorta ในการบีบตัว 1 ครั้ง)

ถ้า Stroke volume สูง แสดงว่ามี Venous return สูง และมีกล้ามเนื้อที่หดตัวไล่เลือดให้กลับสู่หัวใจได้ดี

ดังนั้นคนที่มี Cardiac output สูง จึงสามารถรับเอาออกซิเจนเข้าไปได้มากกว่าผู้ที่มี Cardiac output ต่ำ อาจนับได้ว่า Cardiac output เป็นสิ่งที่คอยกำหนดปริมาณ VO_{2max} สัญลักษณ์ที่สำคัญ อย่างหนึ่งของนักกีฬาที่มีความอดทนสูงคือการที่ Cardiac output สูง ซึ่งจะทำให้มี VO_{2max} สูงตาม ไปด้วยดังแสดงในรูปที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง VO_{2max} และ Cardiac output
ที่มา : (ชูศักดิ์ เวชแพทย์, 2536)

ปัจจัยที่มีผลต่อความอดทนของหัวใจและหลอดเลือด (ชูศักดิ์ เวชแพทย์, 2536)

1. จังหวะ ในการเคลื่อนไหว ถ้ารักษาจังหวะให้สม่ำเสมอย่อมทำให้ใช้พลังงานน้อย เมื่อเพิ่มความเร็วหรือลดความเร็วจะทำให้ใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น

2. ทักษะ ในการออกกำลังกาย พลังงานส่วนหนึ่งจะเสียไป สำหรับการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น ดังนั้นผู้ที่มีทักษะดี จึงมีความทนทานในการทำงานมาก

3. อายุ ช่วงอายุที่มีความทนทานสูงสุด จะเป็นช่วงที่มีพลังกล้ามเนื้อสูงสุด คือสำหรับหญิงจะอายุประมาณ 20-25 ปี สำหรับชายประมาณ 25 จนเกือบถึง 30 ปี เมื่อความทนทานถึงจุดสูงสุดแล้ว จะคงอยู่ 3-5 ปี จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง จากการเปลี่ยนแปลงทางระบบไหลเวียนเลือดและระบบการหายใจ ผู้ชายเมื่อถึงอายุ 70-80 ปี ความสามารถในการมีพลังงานแอโรบิคจะลดลงครึ่งหนึ่ง

4. เพศ ถ้าเป็นการออกกำลังปานกลาง ความทนทานของผู้หญิงจะต่ำกว่าผู้ชายเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าเป็นการออกกำลังกายอย่างหนัก ความทนทานของผู้หญิงจะต่ำกว่าผู้ชายมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ชนิดของรูปร่าง ความทนทานมักจะเป็นผู้ที่มีรูปร่างอยู่ในพวกที่มีโครงกระดูกใหญ่ กล้ามเนื้อแข็งแรง และค่อนไปทางพวกที่มีรูปร่างผอมสูง โครงกระดูกเล็ก ส่วนผู้ที่มีรูปร่างอ้วนเนื้อเหลว มีไขมันมากจะเป็นพวกที่มีความทนทานน้อยที่สุด

6. น้ำหนัก ไขมันที่อยู่ในร่างกาย จะขัดขวางการทำงานและความทนทานของร่างกาย คือ

- ไขมันที่อยู่ในกล้ามเนื้อทำให้เกิดความฝืด และขัดขวางการหดตัวของกล้ามเนื้อ
- ไขมันเพิ่มน้ำหนักของร่างกาย ทำให้เพิ่มความต้านทานต่อการเคลื่อนไหว
- ไขมันจะเพิ่มภาระต่อการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต คือเลือดต้องเข้าไปเลี้ยงไขมัน

7. อุณหภูมิ ความทนทานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

8. การหายใจ ภาวะในการหายใจเกินอาจเกิดโดยไม่ได้ตั้งใจ หรืออาจตั้งใจทำให้เกิดขึ้นโดยการหายใจลึกๆ อย่างแรงๆ จะทำให้อากาศที่เข้าไปและออกจากปอดมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เมื่อมีการหายใจมากจะทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ในระบบหายใจและระบบไหลเวียนเลือดลดลง แต่ไม่มีการเพิ่มจำนวนออกซิเจนในเลือด ออกซิเจนที่หายใจเข้าไปมาก็จะส่งกลับออกมาเป็นอากาศหายใจออก ไม่สามารถเก็บสำรองได้

9. ความจุชีพของปอด (Vital capacity) เป็นจำนวนของอากาศที่สามารถหายใจออกมาจากปอดอย่างเต็มที่ภายหลังจากหายใจเข้าเต็มที่แล้ว แต่ข้อมูลในปัจจุบันนี้ได้บ่งบอกว่า ค่าความจุชีพของปอดมีประโยชน์น้อยในการคาดการความสามารถของความอดทนในการทำงาน โดยมีปัจจัยอื่นซึ่งสำคัญกว่า เช่น การจำกัดความสามารถของการขนส่งออกซิเจนไปสู่เซลล์ จะทำให้สมรรถภาพความทนทานลดลง

การทดสอบความอดทนของหัวใจและหลอดเลือด (Tritschler et al, 2000)

การทดสอบความทนทานของหัวใจและหลอดเลือดจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของสุขภาพทางกายบางอย่างเช่น ผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงทางโรคหัวใจ โรคระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น

การทดสอบจะแบ่งเป็น Maximum Exercise Test เป็นการออกกำลังกายที่ใช้แรงมากที่สุดหรือที่ ระดับความหนักสูงสุด (80-90 % Max heart rate) ใช้เวลาน้อยและก่อให้เกิดความเมื่อยล้าได้ง่าย เช่น การวิ่งบน Treadmill และการปั่นจักรยาน

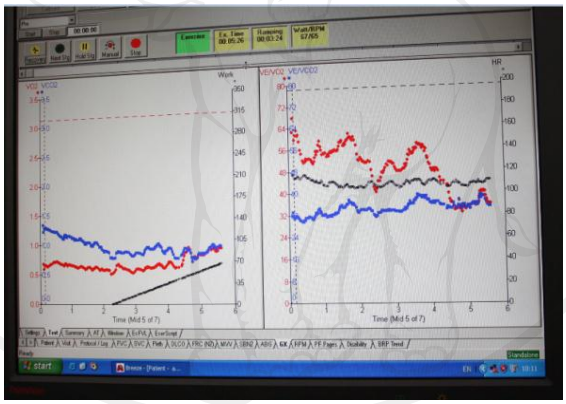
Submaximum Exercise Test (70-80 % Max heart rate) เป็นการออกกำลังกายแบบปานกลางหรือที่ระดับความหนักปานกลาง จะใช้กับบุคคลที่มีอายุมากๆ และในคนที่ไม่ออกกำลังกายหรือออกกำลังกายอย่างไม่สม่ำเสมอ เช่น Step test, การวิ่งบน Treadmill และการปั่นจักรยาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีที่ใช้ในการทดสอบค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})

1. ทดสอบโดยตรง (Direct VO_{2max}) (Ehrman, 2010) เป็นวิธีที่ใช้วัดค่า VO_{2max} ได้ถูกต้องที่สุด แต่มีราคาแพงและไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย เนื่องจากต้องทำในห้องทดลอง การทดสอบโดยตรงมี 3 เทคนิคคือ

- Bag collection method เป็นวิธีที่จะเก็บอากาศใส่ในถุงหลังจากการหายใจภายใน 30 วินาที แล้วนำอากาศที่ได้มาวิเคราะห์ค่า VO_{2max}
- Mixing chamber เป็นวิธีการเก็บอากาศใส่ในขวดภายใน 5 วินาทีหลังจากการหายใจ แล้วนำเอาอากาศที่ได้จากขวดมาวิเคราะห์
- Breath-by-breath mode เป็นการวิเคราะห์ค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) จากลมหายใจเข้า-ออก ทันที ซึ่งระบบคอมพิวเตอร์จะวิเคราะห์ค่าต่างๆ แล้วเปลี่ยนมาแสดงผลในแบบดิจิตอลซึ่งจะแสดงในมอนิเตอร์หรือสามารถพิมพ์ออกมาได้ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงกราฟวิเคราะห์ค่าต่างๆบนหน้าจอระบบคอมพิวเตอร์

2. ทดสอบโดยอ้อม (Indirect VO_{2max}) (Ehrman, 2010) เป็นการประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกายจากความสามารถในการออกกำลังกายที่สามารถทำได้ ทดสอบความสามารถในการออกกำลังกายโดยประเมินการตอบสนองของร่างกายที่มีต่อกิจกรรมการออกกำลังกายในช่วงเวลาที่กำหนด และแปลผลที่ได้เพื่อทำนายถึงความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงความแข็งแรงของแต่ละบุคคล และเป็นตัวบ่งบอกถึงสรีรวิทยาของร่างกายว่าสามารถปรับตัวให้สัมพันธ์กับความต้องการการเผาผลาญของร่างกายที่เพิ่มขึ้นได้เพียงใด ซึ่งสามารถทดสอบได้หลายวิธีเช่น

- การออกกำลังกายด้วยการเดินบนเครื่องที่มีสายพานเลื่อน (Treadmill exercise stress test) เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสมรรถภาพของหัวใจในขณะออกกำลังกาย โดยการติด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุปกรณ์เพื่อติดตามดูการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และประเมินความสามารถของการออก กำลังกายอย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มอบอุ่นร่างกาย (Warm up) แล้วค่อย ๆ เพิ่มความหนักมากขึ้นเรื่อย ๆ และในช่วงสุดท้ายจะค่อย ๆ ลดระดับความหนักลง

- วิธีวิ่ง 1.5 ไมล์ ใช้การวิ่งให้ได้ระยะทาง 1.5 ไมล์ โดยแนะนำให้ทำเวลาให้ได้ดีหรือสั้นที่สุดโดยใช้ระยะทาง 400 เมตรและสามารถวิ่งไปและกลับ ควรอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 15 นาที ก่อนทำการทดสอบ ใช้สมการในการคำนวณหาการใช้ออกซิเจนสูงสุดสำหรับการวิ่งในระยะ 1.5 ไมล์ โดยใช้สูตร VO_{2max} (ml/kg/min) = 3.5 + 483/time (min)

- การประเมินด้วยระยะทางที่สามารถเดินบนทางราบในเวลา 6 นาที (Six minute walk test [6MWT]) เป็นการวัดระยะทางที่สามารถเดินบนทางราบในเวลา 6 นาที เพื่อประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกาย โดยวัดการตอบสนองของร่างกายที่มีต่อกิจกรรม การออกกำลังกายว่าสามารถปรับตัวให้สัมพันธ์กับความต้องการการเผาผลาญของร่างกายที่เพิ่มขึ้นได้เพียงใด

- การประเมินด้วยการก้าวขึ้น – ลงบนกล่อง ที่มีความสูงเท่ากัน (Step test) ซึ่งเป็นการประเมินที่ใช้ระยะเวลาสั้นๆ 3 – 5 นาที วิธีการทดสอบจะขึ้นอยู่กับผู้คิดค้น และแปลผลสามารถใช้ประเมินสมรรถภาพและหัวใจได้ดี

ประเภทของ Step Test

1. Harvard step test (Mackenzie, 2005)

การทดสอบนี้ใช้ การเดินก้าวขึ้นลงกล่องไม้ สูง 20 นิ้ว สำหรับผู้ชาย และ 18 นิ้ว สำหรับผู้หญิงใช้ระยะเวลาของการออกกำลังกายและอัตราการเต้นหัวใจขณะฟื้นตัว (recovery HR) มาคำนวณหาดัชนีของความสามารถในการจับออกซิเจน (Index of aerobic capacity) แล้วนำค่าที่ได้ไปเทียบกับค่าจากตารางเพื่อดูระดับสมรรถภาพ ดังแสดงในตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 แสดงค่าระดับสมรรถภาพของคนอายุ 16 ปี เมื่อวัดโดยวิธี Harvard Step Test (Mackenzie, 2007)

ค่าระดับสมรรถภาพ	ระดับ
>90	ยอดเยี่ยม
80-89	ดี
65-79	สูงกว่าเกณฑ์
55-64	ต่ำกว่าเกณฑ์
<55	แย่

2. Home step test (Mackenzie, 2005)

เป็นการทดสอบโดยใช้กล่องที่มีความสูง 12 นิ้วหรือ 30 เซนติเมตร โดยก้าวขึ้น-ลง กล่อง 22 รอบสำหรับเพศหญิงและ 24 รอบสำหรับเพศชาย โดยก้าวขึ้นลงตามจังหวะที่ตั้งโดยเครื่องตั้งจังหวะ ตั้งไว้ที่ 88 ครั้งต่อนาทีสำหรับเพศหญิงและ 96 ครั้งต่อนาทีสำหรับเพศชาย ก้าวขึ้น-ลง เป็นเวลา 3 นาที หลังจากหยุดให้ผู้ถูกทดสอบยืนและวัดชีพจรเป็นเวลา 15 วินาที นำค่าที่ได้มาคูณด้วย 4 นำค่าที่ได้ไปเทียบกับตารางเพื่อดูระดับสมรรถภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงค่าระดับสมรรถภาพของเพศชายในช่วงอายุต่างๆ เมื่อวัดโดยวิธี Home step test (ข้อมูลอ้างอิงจาก Topend Sports Network, 2010)

อายุ	อายุ					
	18-25	**26-35**	**36-45**	**46-55**	**56-65**	**65+**
ยอดเยี่ยม	<79	<81	<83	<87	<86	<88
ดี	79-89	81-89	83-96	87-97	86-97	88-96
สูงกว่าเกณฑ์	90-99	90-99	97-103	98-105	98-103	97-103
ปานกลาง	100-105	100-107	104-112	106-116	104-112	104-113
ต่ำกว่าเกณฑ์	106-116	108-117	113-119	117-122	113-120	114-120
ต่ำ	117-128	118-128	120-130	123-132	121-129	121-130
ต่ำมาก	>128	>128	>130	>132	>129	>130

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 แสดงค่าระดับสมรรถภาพของเพศหญิงในช่วงอายุต่างๆ เมื่อวัดโดยวิธี Home step test (ข้อมูลอ้างอิงจาก Topend Sports Network, 2010)

อายุ	อายุ					
	18-25	**26-35**	**36-45**	**46-55**	**56-65**	**65+**
ยอดเยี่ยม	<85	<88	<90	<94	<95	<90
ดี	85-98	88-99	90-102	94-104	95-104	90-102
สูงกว่าเกณฑ์	99-108	100-111	103-110	105-115	105-112	103-115
ปานกลาง	109-117	112-119	111-118	116-120	113-118	116-122
ต่ำกว่าเกณฑ์	118-126	120-126	119-128	121-129	119-128	123-128
ต่ำ	127-140	127-138	129-140	130-135	129-139	129-134
ต่ำมาก	>140	>138	>140	>135	>139	>134

3. Three minute step test (Mackenzie, 2005)

เป็นการทดสอบโดยใช้ กล่อง ที่มีความสูง 12 นิ้วหรือ 30 เซนติเมตร ก่อนทำการทดสอบให้ผู้ถูกทดสอบอบอุ่นร่างกายก่อน แล้วเริ่มทดสอบโดยก้าวขึ้น-ลง กล่อง 24 รอบการก้าวต่อนาที โดยตั้งจังหวะโดยใช้เครื่องตั้งจังหวะ 96 ครั้งต่อนาที หลังจากครบ 3 นาทีแล้ว ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งพักแล้ววัดชีพจรบริเวณคอเป็นเวลาทั้งหมด 60 วินาที โดยเริ่มวัดหลังจากนั่งลง 5 วินาที แล้วนำค่า Recovery heart rate ที่ได้เทียบกับตาราง โดยใช้ตารางเดียวกับ Home step test

4. Tecumseh step test (Mackenzie, 2005)

การทดสอบจะใช้กล่อง ที่มีความสูง 8 นิ้วหรือ 20.3 เซนติเมตร โดยจะก้าวเป็น 4 จังหวะเหมือน Queen's college step test ก้าวขึ้น-ลง 24 รอบการก้าวต่อหนึ่งนาที หรือใน 5 วินาที ก้าวขึ้น-ลง 2 รอบการก้าว อาจจะใช้เครื่องตั้งจังหวะในการตั้งจังหวะก็ได้ ทำการทดสอบเป็นเวลา 3 นาที แล้วให้ผู้ถูกทดสอบยืน หลังจากผ่านไป 30 วินาที แล้วจึงเริ่มจับชีพจรเป็นเวลา 30 วินาที นำค่าที่ได้มาเทียบกับตารางเพื่อดูระดับสมรรถภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 แสดงระดับสมรรถภาพของเพศชายในช่วงอายุต่างๆ โดยวิธี Tecumseh step test (Mackenzie, 2005)

ระดับ	อายุ			
	20-29	**30-39**	**40-49**	**49+**
ยอดเยี่ยม	34-36	35-38	37-39	37-40
ดีมาก	37-34	39-41	40-42	41-43
ดี	41-42	42-43	43-44	44-45
ปานกลาง	43-47	44-47	45-49	46-49
ต่ำกว่าเกณฑ์	48-51	48-51	50-53	50-53
แย่	52-59	52-59	54-60	54-62

ตารางที่ 5 แสดงค่าระดับสมรรถภาพของเพศหญิงช่วงอายุต่างๆเมื่อวัดโดยวิธี Tecumseh step (Mackenzie, 2005)

ระดับ	อายุ			
	20-29	**30-39**	**40-49**	**49+**
ยอดเยี่ยม	39-42	39-42	41-43	41-44
ดีมาก	43-44	43-45	44-45	45-47
ดี	45-46	46-47	46-47	48-49
ปานกลาง	47-52	48-53	48-54	50-55
ต่ำกว่าเกณฑ์	53-56	54-56	55-57	56-58
แย่	57-66	57-66	58-67	59-66

5. Queen' s college step test (Mackenzie, 2005)

Queen's College Step Test เป็นการทดลองที่ใช้เวลาน้อย และสามารถใช้กับคนจำนวนมากๆ ได้ แต่จะไม่ใช้ในคนที่มีอาการหรือโรคบางอย่าง เช่น โรคหัวใจ หรือในบางคนที่มีน้ำหนักมากเกิน หรือมีปัญหาของข้อต่อของขา ในการทดสอบจะใช้กล่อง ที่มีความสูง 16.25 นิ้ว หรือ 41.3 เซนติเมตร ใช้เครื่องตั้งจังหวะในการตั้งจังหวะก้าวขึ้น-ลงกล่อง โดยเพศชายจะตั้งจังหวะ 96 ครั้งต่อนาที (ก้าวขึ้น-ลง 24 ครั้งต่อนาที) และผู้หญิงจะตั้งจังหวะ 88ครั้งต่อนาที (ก้าวขึ้น-ลง 22

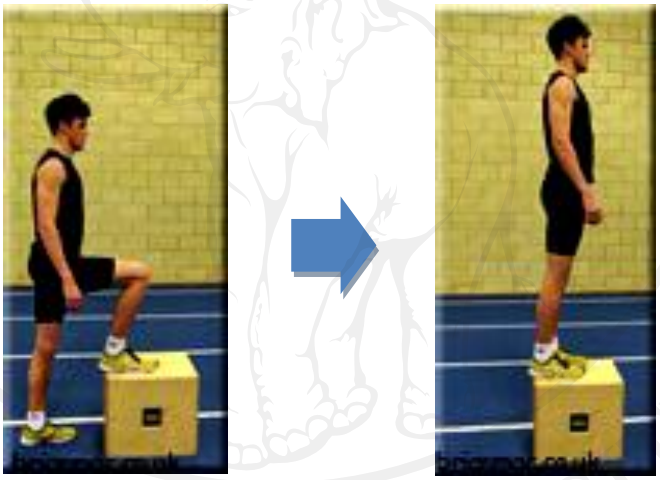
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ครั้งต่อนาที) โดยมีวิธีการทดสอบคือ ผู้ทดสอบสาธิตการก้าวขึ้น-ลง ให้ผู้ถูกทดสอบดูก่อน ซึ่งในการก้าว ขึ้น-ลงจะนับเป็น 4 จังหวะคือ จังหวะที่ 1ก้าวเท้าขวาขึ้นบนกล่อง จังหวะที่ 2 ก้าวเท้าซ้ายขึ้นบนกล่อง แล้วยืนตรงดังรูปที่ 6 จังหวะที่ 3 ก้าวเท้าขวาลงจากกล่อง และจังหวะที่ 4 ก้าวเท้าซ้ายลงจากกล่อง มายืนบนพื้นทำการทดสอบเป็นเวลา 3 นาที แล้วให้ผู้ถูกทดสอบยืนนิ่งๆ วัดชีพจรในวินาทีที่ 5 ถึงวินาทีที่ 20 หลังจากหยุดเวลา นำค่าที่ได้มาคูณด้วย 4 จะได้ค่า Recovery heart rate (RHR) ซึ่งจะนำไปคำนวณตามสูตร ดังนี้

เพศชาย: VO_{2max} ($ml.kg^{-1}.mn^{-1}$) = 111.33 - 0.42 (RHR)

เพศหญิง: VO_{2max} ($ml.kg^{-1}.mn^{-1}$) = 65.81 – 0.1847 (RHR)

จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาเทียบในตารางที่ 6 และตารางที่ 7



รูปที่ 5 แสดงการก้าวเท้าขึ้นบนกล่อง ในจังหวะที่ 1 และจังหวะที่ 2 ในการทดสอบ

(ที่มา : http://www.brianmac.co.uk/queens.htm)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 แสดงค่าระดับสมรรถภาพของเพศชายช่วงอายุต่างๆ เมื่อวัดโดยวิธี Queen's College Step Test (Mackenzie, 2001)

	อายุ					
ระดับ	**18 - 25**	**26 - 35**	**36 - 45**	**46 - 55**	**56 - 65**	**65 +**
ยอดเยี่ยม	> 60	> 56	> 51	> 45	> 41	> 37
ดี	52 - 60	49 - 56	43 - 51	39 - 45	36 - 40	33 - 37
สูงกว่าเกณฑ์	47 - 51	43 - 48	39 - 42	36 - 38	32 - 35	29 - 32
ปานกลาง	42 - 46	40 - 42	35 - 38	32 - 35	30 - 31	26 - 28
ต่ำกว่าเกณฑ์	37 - 41	35 - 39	31 - 34	29 - 31	26 - 29	22 - 25
แย่	30 - 36	30 - 34	26 - 30	25 - 28	22 - 25	20 - 21
แย่มาก	< 30	< 30	< 26	< 25	< 22	< 20

ตารางที่ 7 แสดงค่าระดับสมรรถภาพของหญิงช่วงอายุต่างๆ แสดงค่าระดับสมรรถภาพของเพศชายช่วงอายุต่างๆ เมื่อวัดโดยวิธี Queen's College Step Test (Mackenzie, 2001)

	อายุ					
ระดับ	**18 - 25**	**26 - 35**	**36 - 45**	**46 - 55**	**56 - 65**	**65 +**
ยอดเยี่ยม	> 56	> 52	> 45	> 40	> 37	> 32
ดี	47 - 56	45 - 52	38 - 45	34 - 40	32 - 37	28 - 32
สูงกว่าเกณฑ์	42 - 46	39 - 44	34 - 37	31 - 33	28 - 31	25 - 27
ปานกลาง	38 - 41	35 - 38	31 - 33	28 - 30	25 - 27	22 - 24
ต่ำกว่าเกณฑ์	33 - 37	31 - 34	27 - 30	25 - 27	22 - 24	19 - 21
แย่	28 - 32	26 - 30	22 - 26	20 - 24	18 - 21	17 - 18
แย่มาก	< 28	< 26	< 22	< 20	< 18	< 17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภวัต พงศ์พนารัตน์ (2009) ได้ศึกษาผลการเต้นพาวเวอร์สเต็ปและสเต็ปแอโรบิกต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดและความแข็งแรงกล้ามเนื้อขา ในนักศึกษาพยาบาลอายุระหว่าง 18 – 20 ปี จานวน 30 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 10 คน โดยใช้วิธี Queen's College Step Test ในการหาค่า VO_{2max} ในกลุ่มควบคุม กลุ่มการเต้นพาวเวอร์สเต็ป และกลุ่มการเต้นสเต็ปแอโรบิก ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มการเต้นพาวเวอร์สเต็ป และ กลุ่มการเต้นสเต็ปแอโรบิก ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ 6 ไม่แตกต่างกัน และสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มการเต้นพาวเวอร์สเต็ป และกลุ่มการเต้นสเต็ปแอโรบิก ก่อนการฝึก หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4 และ6 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

อิฐสิญา (1996) ได้ศึกษาค่า VO_{2max} โดยทดสอบด้วยวิธี Queen's College Step Test และ Astrand Rhyming Test ในนักศึกษาชาย คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 30 คน พบว่าค่า VO_{2max} จากการทดสอบทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.79$, $p < 0.001$) และค่าเฉลี่ยของ VO_{2max} เมื่อใช้วิธีของ Queen's College Step Test มีค่ามากกว่า Astrand Rhyming Test เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่าค่า VO_{2max} ที่ได้จากวิธี Queen's College Step Test มีค่ามากกว่า Astrand Rhyming Test ประมาณ 12.75 %

Bandyopadhyay (2007) ได้ศึกษาเปรียบเทียบค่า VO_{2max} ระหว่างการทดสอบด้วยวิธี Queen's College Step Test และวิธี Harvard Step Test ในชายหนุ่มชาวอินเดีย จำนวน 155 คน แบ่งเป็นทดสอบโดยวิธี Harvard Step Test 100 คน และวิธี Queen's College Step Test 55 คน พบว่าค่า VO_{2max} ของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Das at al (2010) ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายและค่า VO_{2max} โดยวิธี Queen's College Step Test และวิธี Harvard Step Test ในนักเรียนหญิง ชาวอินเดียอายุระหว่าง 16-20 ปี จำนวน 80 คน โดยแบ่งเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มนักเรียนในเมือง 40 คน และนักเรียนในชนบท 40 คน พบว่านักเรียนในชนบทมีค่าสมรรถภาพทางกายและค่า VO_{2max} ไม่แตกต่างกับนักเรียนในเมือง

Chatterjee at al (2005) ได้ศึกษาถึงความเที่ยงตรงของการวัดสมรรถภาพทางกายโดยวิธี Queen's College Step Test โดยเปรียบเทียบกับการวัดโดยตรงจากเครื่อง Scholander Micro-gas Analyser ในขณะปั่นจักรยาน โดยศึกษาในนักศึกษาเพศหญิง มหาวิทยาลัยในอินเดียอายุเฉลี่ย 21.9 ± 3.2 ปี จำนวน 40 คน พบว่าการวัดทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved