บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย การเปลี่ยนแปลงของสมรถภาพทางกายที่เป็นผลจากการฝึกออกกำลังกาย รวมถึงผลจากการกำหนดความเข้มข้นของงาน ระยะเวลา และความถี่ในการฝึกออกกำลังกายที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกาย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การฝึกออกกำลังกาย

การฝึกออกกำลังกายถูกนำมาใช้เพื่อฟื้นฟู ป้องกัน และรักษาระดับหรือการคงสภาพของสมรรถภาพทางกาย รวมไปถึงการควบคุมน้ำหนัก และการควบคุมความเครียด ผู้ที่ฝึกออกกำลังกายเป็นประจำสามารถที่จะลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิต ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น ความดันโลหิตสูง โรคนอนไม่หลับ ความกังวลความเครียด โรคเบาหวาน (Winter , 1999 ; Kennedy, 1997 : 200)

โดยทั่วไปเมื่อคนเราเริ่มทำการฝึกออกกำลังกาย มักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ในคนที่ทำการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิก สมรรถภาพทางกาย และสรีระจะเริ่มต้นพัฒนาภายหลังสัปดาห์ที่ 4 หลังจากนั้นประมาณ 3 เดือน จะเห็นผลการเปลี่ยนแปลง (Training effect) ชัดเจนยิ่งขึ้นในสภาวะที่การฝึกออกกำลังกายนั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง แต่ถ้าเกิดการหยุดการฝึกออกกำลังกาย ก็จะทำให้ไม่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงใด ๆ (Hinchcliff, 1997)

การเปลี่ยนแปลงของร่างกายอันเป็นผลเนื่องจากการฝึกออกกำลังกาย

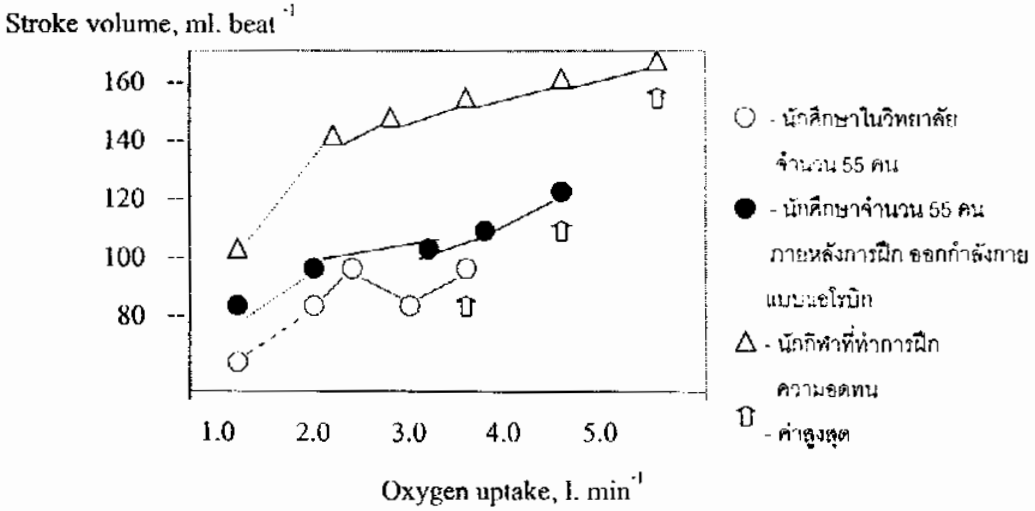
แม้รูปแบบของการฝึกออกกำลังการจะมีวิวัฒนาการมาจากการเคลื่อนไหวของมนุษย์ แต่สิ่งที่แตกต่างคือผลที่ได้จากการฝึกออกกำลังกายนั้นเอง การฝึกออกกำลังกายจะส่งผลโดยตรงต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย ทำให้การทำงานนั้นมีความสัมพันธ์และมีประสิทธิภาพดีขึ้น ผลจากการฝึกออกกำลังกายทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1. หัวใจมีขนาดใหญ่ขึ้น กล้ามเนื้อหัวใจจะเพิ่มความแข็งแรง มีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การออกกำลังกายนั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง มีระยะยาวนานกว่าคนทั่วไป งานวิจัยหลาย ๆ งาน ระบุถึงผลการทดสอบที่ทำในสัตว์ทดลองด้วยการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นสูง

พบว่า น้ำหนักของหัวใจเพิ่มขึ้น จากนั้นได้มีการทดสอบกับมนุษย์ในรูปแบบเดียวกันเพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงของหัวใจ ทำการวิเคราะห์ผลโดยการ อูลตร้าซาวด์ ผลการวิเคราะห์พบการตอบสนองโดยการเพิ่มขึ้นของ น้ำหนักของหัวใจ, ปริมาตรของหัวใจ และความหนาของผนังหัวใจ (Divries, 1986 : 124) ผู้วิจัยสรุปว่าเป็นผลมาจากการฝึกความอดทนนั้นเอง ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ ตามแนวทางวิทยาศาสตร์การกีฬาเรียก "หัวใจนักกีฬา" หรือ "Athlete's heart" ซึ่งถูกบัญญัติขึ้นในปี 1899 โดย ฮูสซีน (Heuschen) ชาวสวีเดน เนื่องจากเขาค้นพบว่านักสกีน้ำแข็งส่วนใหญ่ มีหัวใจใหญ่กว่าคนธรรมดา เขาสรุปผลการเปลี่ยนแปลงทางสรีระนี้ว่าเกิดจากการฝึกออกกำลังกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527 :154) ด้วยเหตุนี้จึงมักพบว่าในนักสกีคอร์สคันทรี, นักจักรยานระยะไกล นักวิ่งระยะไกล มีผนังหัวใจที่หนาและมีขนาดใหญ่กว่าคนธรรมดา (Wilmore & Costill , 1994 : 218)

2. ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (stroke volume) (ลิตร / นาที) เพิ่มขึ้น ดังภาพประกอบ 1

ภาพประกอบ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Stroke volume และ Oxygen uptake ในขณะออกกำลังกาย



ที่มา : McArdle, Katch & Katch, 1994 :264 - 265

จากภาพแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบของคน 2 กลุ่มในขณะที่ออกกำลังกายในระดับปานกลาง กลุ่มแรกเป็นนักกีฬาที่ทำการฝึกความอดทน อีกกลุ่มหนึ่งเป็นคนทั่วไปที่ทำการฝึกกำลังกายเป็นเวลา 55 วัน การทดลองนี้พบว่านักกีฬาที่ทำการฝึกความอดทน หัวใจสามารถส่งเลือดได้ปริมาณมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับคนในอายุเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มจะมี

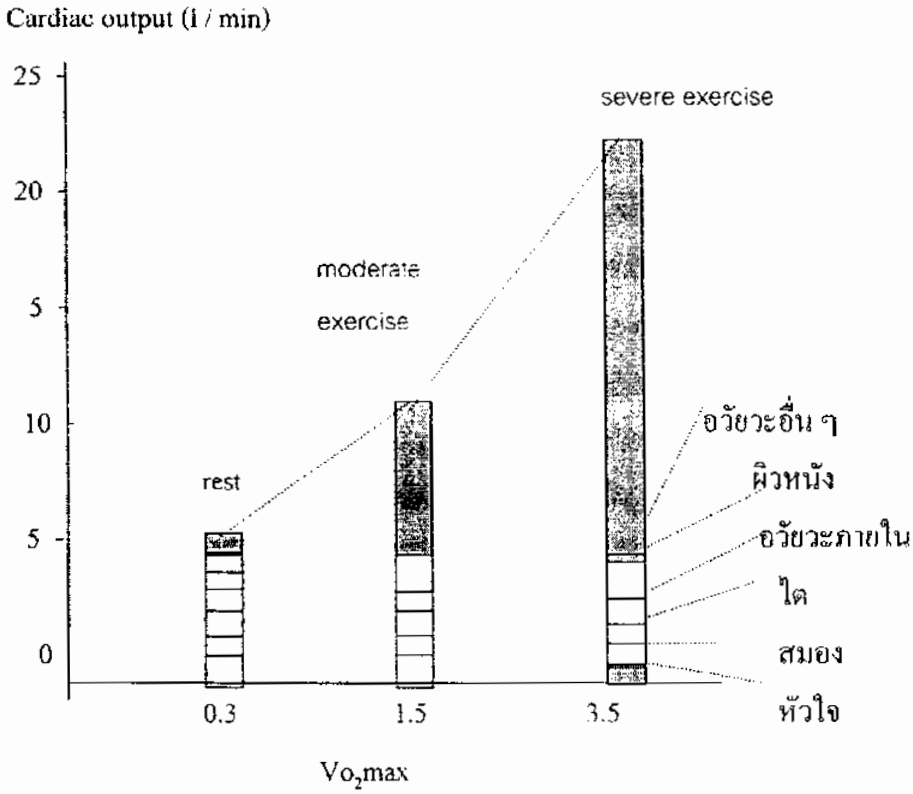
stroke volume ในขณะออกกำลังกายเพิ่มขึ้นมากกว่าในขณะพัก จะเห็นได้ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของ stroke volume ของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มจะคล้ายคลึงกัน แต่ในนักกีฬาจะสามารถทำงานได้ในระดับที่สูง หนักกว่า ประสิทธิภาพดีกว่า (McArdle, et al, 1994 :264 - 265) ฉะนั้นในคนที่ทำการฝึกความอดทน หรือเป็นนักกีฬาที่ทำการฝึกความอดทนจะมี stroke volume ที่มากกว่าคนทั่วไป ซึ่งส่งผลให้การประกอบกิจกรรม หรือการออกกำลังกายสามารถที่จะทำได้ในระดับสูงและยาวนานกว่าผู้ที่ไม่ได้ทำการฝึกความอดทน

3. อัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักต่ำ การฝึกออกกำลังกายส่งผลให้หัวใจสามารถสูบฉีดโลหิตช้าลง นั้นหมายถึงอัตราการเต้นของหัวใจต่ำ โดยปกติอัตราการเต้นของหัวใจของคนทั่วไปประมาณ 60 – 100 ครั้ง / นาที ในคนที่ทำการฝึกออกกำลังกายอัตราการสูบฉีดโลหิตต่ำ อัตราการเต้นของหัวใจต่ำ แต่ได้ปริมาณเลือดที่มากกว่า แสดงถึงความแข็งแรงของหัวใจ

4. ปริมาณเลือดเพิ่มขึ้น ในคนที่สมรรถภาพทางกายดี จะทำให้ปริมาณเลือดและจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การเผาผลาญพลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5. จำนวนเส้นโลหิตฝอยเพิ่มขึ้น ระบบไหลเวียนจะสร้างเส้นเลือดฝอยเป็นจำนวนมาก บริเวณกล้ามเนื้อที่ใช้ในการฝึกออกกำลังกาย เพื่อเป็นเส้นทางในการขนส่งออกซิเจน สารอาหาร และการแลกเปลี่ยนก๊าซ หลอดโลหิตอาจแบ่งได้ตามกายภาพและหน้าที่ ซึ่งแบ่งออกเป็น หลอดโลหิตแดง (arteries) หลอดโลหิตแดงเล็ก ๆ (arterioles) เส้นโลหิตฝอย (capillaries) และเส้นโลหิตดำ (veins) การแลกเปลี่ยนก๊าซและสารอื่น ๆ จะเกิดขึ้นที่เส้นโลหิตฝอย เนื่องจากเส้นโลหิตฝอยมีผนังที่บางมากจนโมเลกุลของสิ่งต่าง ๆ สามารถฟุ้งกระจายผ่านได้โดยง่าย ส่วนอวัยวะอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบนี้ก็จะทำหน้าที่อย่างเหมาะสมและช่วยในการแลกเปลี่ยนวัสดุ เช่น หัวใจ ทำหน้าที่ปั๊มโลหิตให้สามารถเคลื่อนตัวสู่เส้นโลหิตแดง เส้นโลหิตแดงทำหน้าที่ลำเลียงวัสดุสู่เส้นโลหิตฝอย เส้นโลหิตดำเป็นทางเดินกลับของโลหิตสู่หัวใจอีกครั้ง ดังภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2 ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (ลิตร นาที) สู่กล้ามเนื้อ และอวัยวะในขณะพักและออกกำลังกายที่ระดับความเข้มข้น 2 ระดับ



ที่มา : Manghan, Glesson, & Greenhaff, 1997 : 35

จากภาพแสดงให้เห็นถึงปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ cardiac output (ลิตร / นาที) ที่ส่งไปสู่กล้ามเนื้อและอวัยวะอื่น ๆ ในขณะพักและออกกำลังกาย ในขณะพักโดยประมาณ 15 – 20 % ของระบบการขนส่งโลหิตจะส่งโลหิตไปยังกล้ามเนื้อ ส่วนที่เหลืออีก 80 – 85 % นั้นจะส่งไปยังอวัยวะต่าง ๆ (กระเพาะอาหาร, ไต, และตับ) หัวใจและสมอง อย่างไรก็ตามในขณะออกกำลังกายหลอดโลหิตจะทำการส่งโลหิตแดงไปยังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการประกอบกิจกรรม ปริมาณโลหิตที่ออกจากหัวใจก็จะเพิ่มมากขึ้น ตามหลักแล้วเมื่อร่างกายทำงานที่ความเข้มข้นสูงกล้ามเนื้อจะมีความต้องการเลือด 85 – 90 % นั้นหมายถึงปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจก็จะต้องเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งอาจจะเพิ่มเป็น 30 ลิตร / นาที หรือ มากกว่า 25 ลิตร / นาที จากปกติจะอยู่ในช่วง 4 ลิตร / นาที (ในขณะพัก) (Fox & Mathews, 1981 : 236 - 237; Wilmore & Costill, 1994 :171)

การศึกษาถึงผลการฝึกออกกำลังกายที่มีต่อระบบไหลเวียนโลหิต พบว่านอกจากปริมาณโลหิตที่ออกจากหัวใจจะเพิ่มขึ้นแล้ว ปริมาณเส้นโลหิตฝอยก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ผนังหลอดโลหิตมีความยืดหยุ่นดีขึ้น, ปริมาณฮีโมโกลบิ้นโดยรวม (total hemoglobin) มากขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการจับออกซิเจนเพื่อนำไปแจกจ่ายยังกล้ามเนื้อ ทำให้การสร้างพลังงานแบบ aerobic ดำเนินไปได้ด้วยดี (Strand & Rodahl, 1977 : 394)

6. ร่างกายรับเอาออกซิเจนเข้าไปได้มากขึ้นการฝึกออกกำลังกายเป็นผลให้มีปริมาณโลหิตเพิ่มมากขึ้น จึงสามารถรับเอาออกซิเจนและสารอาหารได้มากขึ้นเช่นกัน (วุฒิพงศ์ ปรมัตถากร , 2537 : 5)

7. เพิ่มแหล่งพลังงานให้กับร่างกาย

8. ร่างกายมีความอดทนต่อความเมื่อยล้าสูง ร่างกายจะเพิ่มความสามารถในการอดทนต่อของเสีย (lactic acid) ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดความเมื่อยล้า

9. อัตราส่วนของไขมันในกล้ามเนื้อลดลง การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิคจะใช้ไขมันในกล้ามเนื้อเป็นแหล่งพลังงานแหล่งหนึ่ง เมื่อไขมันถูกใช้ไปจึงทำให้ปริมาณกล้ามเนื้อ (lean muscle)เพิ่มขึ้น (Diat,1998)

10. การเผาผลาญพลังงาน (ไขมัน) เพิ่มขึ้น

11. เกิดการพัฒนาทางด้านอารมณ์และจิตใจ (Kennedy, 1997 : 200)

ระดับความเข้มข้นในการฝึกออกกำลังกาย

จากการศึกษาถึงผลจากการฝึกออกกำลังกายชี้ให้เห็นว่า ประโยชน์ที่จะได้รับจากการฝึกออกกำลังกายจำเป็นต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น การเลือกชนิดของการฝึกออกกำลังกายให้เหมาะสม ถ้าเลือกฝึกออกกำลังกายที่หนักหรือมากจนเกินไป ปอด หัวใจ และกล้ามเนื้อจะแข็งแรง แต่กระดูก เอ็นจะบาดเจ็บ หรืออาจเสื่อมสภาพเร็วขึ้น หรือ ถ้าฝึกออกกำลังกายที่น้อยเกินไปประโยชน์ต่อปอด หัวใจ กล้ามเนื้อจะไม่เพียงพอ และแน่นอนว่าเมื่อปอดและ หัวใจไม่เกิดการพัฒนาระบบอื่น ๆ ในร่างกายก็จะไม่เกิดการพัฒนาเช่นเดียวกัน (สรุชัย พันธ์กำเนิด, 2541 อ้างถึงใน ภาควิชาพลศึกษาและสันทนาการ, 2541 : 37) ดังนั้น การฝึกออกกำลังกายที่จะทำให้ก่อเกิดประโยชน์จะต้องเป็นการฝึกออกกำลังกายที่มี ระดับความเข้มข้น ระยะเวลา และความบ่อยที่เพียงพอ ในปัจจุบันยังพบว่าการฝึกออกกำลังกายที่มีระดับความเข้มข้นเป็นประจำมีความสัมพันธ์กับการมีชีวิตยืนยาว

จากรายงานของวารสาร The Journal of the American Medical Association กล่าวว่าความเข้มข้นในการฝึกออกกำลังกายมีผลทำให้อายุไขของคนเรายืนยาวออกไปทั้งนี้ ACSM &

CDC (American College of Sports Medicine and the Centers for Disease Control and Prevention) แนะว่า คนที่ทำการฝึกออกกำลังกายด้วยความเข้มข้นของงานเป็นประจำอย่างน้อยวันละ 30 นาที หรือมากกว่านั้น จะทำให้อัตราการเสียชีวิตด้วยสาเหตุต่าง ๆ ลดน้อยลง ระดับความเข้มข้นในการฝึกออกกำลังกายที่ทำให้อายุยืนนั้น จะอยู่ที่ระดับความเข้มข้น 6 MET หรือมากกว่านั้น รายงานกล่าวว่า คนที่ใช้อัตราการเผาผลาญพลังงานต่ำกว่า 6 MET นั้น จะมีอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคถึง 98 %ในขณะเดียวกันการศึกษาถึงอัตราการเสี่ยงต่อการเสียชีวิต พบว่า 87 % ของการเสียชีวิตมีสาเหตุมาจากการขาดการฝึกออกกำลังกาย (Pitts, 1995)

ระดับความเข้มข้น ระดับความเข้มข้น เป็นระดับความยากของงานในขณะฝึกออกกำลังกาย ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกาย ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าถึงความเข้มข้นของงาน ถ้าเป็นงานที่เบาจนเกินไปก็จะไม่เกิดประโยชน์หรือสามารถพัฒนาสมรรถภาพได้ ในขณะเดียวกันถ้าเป็นงานที่หนักจนเกินไปผลเสียจะเกิดกับหัวใจและระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนั้น หลักการทางวิทยาศาสตร์จึงทำการทดสอบเพื่อกำหนดช่วงของระดับความเข้มข้นของงานที่ทำ ให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงที่กำหนดไม่หนักหรือเบาจนเกินไป และยังทำให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพ การกำหนดช่วงดังกล่าวได้มาจากอัตราการเต้นของหัวใจนั้นเอง มักเรียกว่า Target heart rate (อัตราชีพจรเป้าหมาย) Target Heart Rate ของแต่ละคนจะไม่เท่ากันเนื่องจากถูกกำหนดโดยอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ (220 - อายุ) (McArdle et al, 1994 : 41)

อัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจจะเป็นตัวกำหนดความเข้มข้นของงานซึ่งได้มีผู้เสนอแนวทางเพื่อการปฏิบัติการฝึกออกกำลังกายให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

การฝึกออกกำลังกายเพื่อการรักษาระดับของสมรรถภาพทางกาย ควรทำการฝึกออกกำลังกายที่ระดับความเข้มข้น 70 – 85 % ด้วยระยะเวลา 20 – 30 นาที 3 – 5 วันต่อสัปดาห์ (Diat,1998)

ศิริพร เบ็ญจไชยรัตน์ (2538 : 88) กล่าวว่าระดับความเข้มข้นที่ใช้เพื่อการลดความเครียด , เสริมสร้างสุขภาพให้ดีขึ้นจะต้องฝึกออกกำลังกายที่ความเข้มข้น 50 - 60 % ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ใช้เวลา 20 – 30 นาที อย่างน้อย 3 วัน ต่อสัปดาห์ ถ้าต้องการควบคุมน้ำหนักระดับความเข้มข้นในการฝึกออกกำลังกายควรจะอยู่ที่ 60 – 70 % ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ใช้ระยะเวลา 20 – 30 นาที 3 – 4 วันต่อสัปดาห์ แต่ถ้าต้องการที่จะเพิ่ม สมรรถภาพทางกาย และหัวใจให้แข็งแรงควรฝึกออกกำลังกายด้วยระดับความเข้มข้น 70 – 80 % ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ระยะเวลาประมาณ 10 นาที 3 – 5 วันต่อสัปดาห์

ประทุม ม่วงมี (2527 : 98) ได้เสนอแนวทางในการฝึกออกกำลังกายโดยยึดหลัก Over Principle ว่าต้องมีความเข้มข้น ระยะเวลา และความบ่อยที่พอเพียงโดยความเข้มข้นที่ทำให้อัตราการเต้นหัวใจเพิ่มขึ้น 70 %ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ระยะเวลาอย่างน้อย 30 นาที ความบ่อยอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์

ดำรง กิจกุศล (2527 : 75) กล่าวว่า การฝึกออกกำลังกายที่เหมาะสมนั้นอยู่ในช่วง 60 – 90 % ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจติดต่อกันเป็นเวลาประมาณ 12 – 20 นาที ไม่น้อยกว่า 3 วันต่อสัปดาห์

สมาคมเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา (American College of Sport Medicine, ACSM 1990) แนะนำถึงระดับความเข้มข้นในการออกกำลังกายไว้ว่า ควรอยู่ในช่วง 60 – 90 %ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ หรือ 50 – 85 %ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ในระยะเวลา 20 – 60 นาที ที่ความบ่อย 3 – 5 วันต่อสัปดาห์ (Endurance in Sport , 1992 : 97)

มอร์เฮาร์ส และ มิลเลอร์ (Morehouse & Miller, 1987 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี , เอนกสูตรมงคล และบุญมา ไทยก้าว , 2536 : 10) เสนอว่า การวางโปรแกรมการฝึกออกกำลังกาย ควรต้องมีความระมัดระวัง สำหรับผู้ที่ไม่ค่อยได้ฝึกออกกำลังกายเป็นเวลานานควรเริ่มที่ความเข้มข้นของงาน 65% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจตามอายุ ซึ่งเทียบอย่างหยาบได้ราว ๆ 50% ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด การออกกำลังกายเพียง 1 ครั้ง / สัปดาห์ ก็มีประโยชน์บ้าง แต่ไม่เพียงพอที่จะพัฒนาหรือรักษาระดับสมรรถภาพทางกาย ดังนั้นควรต้องมีความบ่อยมากกว่านี้ความยาวนานของเวลาที่ใช้ฝึกออกกำลังกาย (ไม่รวมช่วงเวลาของการอบอุ่นร่างกายและการเบาเครื่อง) ควรประมาณ 30 นาที / ครั้ง

วินเตอร์ (Winter, 1999) กล่าวถึงประโยชน์จากการฝึกออกกำลังกายเพื่อการรักษาสมรรถภาพทางกายและการรักษาสุขภาพ ควรจะทำการฝึกออกกำลังกายโดยเลือกระดับความเข้มข้นให้เหมาะสมกับ เพศ และวัย ด้วยระยะเวลา 30 นาที (กระทำอย่างต่อเนื่อง) หรือ 10 หรือ 15 นาที แล้วค่อย ๆ อาจจะเริ่มที่ 3 วันต่อสัปดาห์ แล้วเพิ่มเป็น 4 หรือ 5 วัน หรืออาจจะมากกว่านั้น (ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของแต่ละคน)

แมคอาร์เดิล และคณะ (McArdle et al., 1994 : 359-360) เสนอแนะว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมควรจะอยู่ในช่วง 50 – 80 %ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ โดยใช้ เวลา 30 – 60 นาที ที่ความบ่อย 3 – 5 วันต่อสัปดาห์ และความเข้มข้นที่ถือว่าอยู่ในระดับปานกลางควรอยู่ในช่วง 70 % ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ โดยการออกกำลังกายที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ร่างกายมีสมรรถภาพโดยรวมดี (conditioning) ควรต้องทำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา

20 – 40 นาที การออกกำลังกายควรให้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ ทำงานจนมีความหนักถึง 60 – 80 % ของความสามารถสูงสุดในการจับการออกซิเจน

โรเบิรก และโรเบริต์ (Robergs & Roberts, 1997 :769 – 770) แนะว่า ระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายถ้าเป็นงานเบา (low intensity) จะอยู่ในช่วง 50 –60 % ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ในงานระดับปานกลางความเข้มข้นควรอยู่ในช่วง 70 – 80 %ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ และในงานที่หนักควรมีความเข้มข้นที่ระดับ 85 – 90 %ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจโดยใช้เวลาตั้งแต่ 30 – 40 นาที ด้วยความบ่อย 4 - 5 วันต่อสัปดาห์

ระยะเวลาและความบ่อย

ระยะเวลา เป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการฝึกออกกำลังกาย ระยะเวลาและความเข้มข้นจะมีความสัมพันธ์กันทางลบ นั้นก็คือ ในขณะที่ความเข้มข้นในการฝึกออกกำลังกายสูงระยะเวลาที่ใช้จะเป็นเวลาที่น้อยแต่ไม่ควรที่จะน้อยจนเกินไป ระยะเวลาที่นิยมใช้อยู่ในช่วง 30 – 40 นาที กระทำโดยต่อเนื่อง (30 นาที) สำหรับคนที่ทำการฝึกออกกำลังกายอยู่เป็นประจำ (Winter, 1999) ซึ่งช่วงระยะเวลาดังกล่าวมักเป็นรูปแบบการฝึกยออกกำลังกายแบบแอโรบิค มีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการฝึกออกกำลังกาย เช่น สภาพอากาศ (ร้อนจนเกินไป เย็นเกินไป) ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อความสามารถในการฝึกออกกำลังกายของแต่ละคน โดยผลของสภาพภูมิอากาศในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ร่างกายทำงานหนักขึ้น มีข้อแนะนำจากการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิของวันต่อความเข้มข้น และระยะเวลาในการฝึกออกกำลังกายว่า ควรจะเลือกระยะเวลาและอุณหภูมิให้เหมาะสมกับระดับความเข้มข้นของงาน (Robergs & Roberts, 1997 : 770)

ความบ่อย จะอธิบายถึงจำนวนของการฝึกต่อสัปดาห์ โดยทั่วไปแล้วมักอยู่ในช่วง 3 – 5 วัน ทั้งนี้ต้องดูความเข้มข้นและระยะเวลาเป็นส่วนประกอบ ความบ่อยของการฝึกออกกำลังกาย จะบ่งบอกถึงประเภทของการฝึกออกกำลังกาย, สถานภาพของสมรรถภาพ และเป้าหมายของการฝึกออกกำลังกาย เช่นในคนที่มีปัญหาสุขภาพ มีโรคประจำตัว ก็จะมีขีดจำกัดในการฝึกออกกำลังกายที่น้อยกว่าคนปกติ (Robergs & Roberts, 1997 :770) ขณะเดียวกันคนทั่วไปก็มีขีดจำกัดในการฝึกออกกำลังกายเช่นกัน การฝึกออกกำลังกายด้วยวิธีเดิม ๆ ด้วยความบ่อยที่มากเกินไป เช่น 6 – 7 วัน ต่อ สัปดาห์ บุคคลผู้นั้นก็มีโอกาสที่จะเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บได้ (Endurance in Sport, 1992 : 55)

การติดตามระดับความเข้มข้นในการออกกำลังกาย

โดยพื้นฐานแล้ว เมื่อพูดถึงการติดตามหรือการกำหนดระดับความเข้มข้นในการออกกำลังกาย สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งคือ ตั้งเป้าหมายในการออกกำลังกายของแต่ละตัวบุคคล ในคนที่ทำการฝึกออกกำลังกายอยู่เป็นประจำ สามารถ ที่จะประเมินผลหรือติดตามผลการฝึกของ

แต่ละคนความสามารถทางกาย และความเข้มข้นใน การออกกำลังกาย ได้ด้วยวิธีง่าย ๆ จากการติดตามผลของอัตราการเต้นของหัวใจ

ในงานที่มีระดับปานกลาง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาณออกซิเจนที่รับเข้าไป (oxygen uptake) มักจะเป็นค่ามาตราฐานในการวัดความสามารถทางกาย เพราะฉะนั้นเมื่อความเข้มข้นของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจก็จะเพิ่มเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นในการออกกำลังกายเช่นกัน

การคำนวณค่าอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกาย (exercise heart rate, ExHR) ทำได้ด้วยการใช้ผลรวมของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (rest heart rate, RHR) บวกกับเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ (maximum heart rate, MHR) จากอายุ และ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เช่นในงานที่มีความเข้มข้น 60 %

$$ExHR = \frac{RHR + 0.60(MHR - RHR)}{MHR\ (220 - \text{อายุ})}$$

จากวิธีการนี้เราสามารถติดตามผลการพัฒนาความสามารถทางกายได้ โดยการดูจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ (Diat, 1998) การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายจากผลของความเข้มข้น ระยะเวลา และความบ่อยในการฝึกออกกำลังกาย การออกกำลังกายบางอย่าง เช่นการวิ่ง กระโดดเชือก การเต้นแอโรบิก หรือการขี่จักรยาน ที่ทำเป็นระยะเวลานาน เป็นรูปแบบของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (aerobic exercise) จะเอื้อประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบไหลเวียนและหายใจ (Robergs & Roberts , 1997 : 279-283) การทดสอบเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของระบบไหลเวียนและหายใจจากผลการกำหนดการออกกำลังกายโดยการกระโดดเชือก, ขี่จักรยาน, การออกกำลังกายโดยการใช้แขน (arm ergometer) ในรูปแบบของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก แต่เป็นงานที่มีระดับความเข้มข้นของงานต่ำ (low - intensity) อัตราชีพจรเป้าหมาย (target heart rate) ในการศึกษาครั้งนี้ประมาณ 115 ครั้ง / นาที ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่าการออกกำลังกายทั้ง 3 อย่าง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลง ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (มิลลิลิตร / นาที) เพิ่มขึ้น และมีผลต่อน้ำหนักของร่างกาย (Brown & Qian, 1994 :279 - 283) การศึกษาของมหาวิทยาลัย Baylor University School of Medicine แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นในการฝึกออกกำลังกายมีผลต่อการควบคุมน้ำหนัก การศึกษาระบุว่าภายหลังจากทำการฝึกออกกำลังกายที่ไม่มีระดับความเข้มข้นจะทำให้อุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้น และไม่ทำให้เกิดการเผาผลาญพลังงาน ในทางตรงข้ามกัน

ภายหลังการฝึกออกกำลังกายที่มีระดับความเข้มข้น อุณหภูมิของร่างกายจะยังคงสูงอยู่ เนื่องจากมีการเผาผลาญพลังงานเป็นจำนวนมากในขณะออกกำลังกาย ด้วยวิธีการฝึกนี้เองสามารถที่จะลดน้ำหนักได้อย่างมาก (Mirlin, 1998) ผลจากศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายและอัตราการเต้นของหัวใจจากการฝึกออกกำลังกายโดยการเดินที่มีความเข้มข้น ระยะเวลา และความบ่อยที่แตกต่างกัน โดยใช้ระยะเวลาในการฝึกออกกำลังกายเป็นเวลา 18 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าสมรรถภาพาทางกายและอัตรา การเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างมีการพัฒนาดีขึ้น ภายหลัง 18 สัปดาห์ ในขณะที่การศึกษาในประเทศเยอรมันระบุว่าการเพิ่มปริมาณงาน หรือ การออกกำลังกายด้วยความเข้มข้นสูงจะกลายเป็นข้อจำกัดของการออกกำลังกาย โดยเมื่อทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองทางสมรรถภาพทางกายจากการออกกำลังกายโดยใช้แรงกระแทกสูง (high impact = 64.7% VO_2 max) และแรงกระแทกต่ำ (low impact = 51.6% VO_2 max) ในผู้ที่ออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิค ผู้วิจัยสรุปผลการศึกษาว่า การออกกำลังกาย หรือกิจกรรมที่ใช้แรงกระแทกสูงนั้นเหมาะกับผู้ที่ต้องการ คงสภาพ / พัฒนาสมรรถภาพทางกาย แต่จะกลายเป็นข้อจำกัดสำหรับคนที่มีสมรรถภาพทางกายต่ำ ในขณะที่การออกกำลังกาย หรือกิจกรรมที่ใช้แรงกระแทกต่ำจะช่วยปรับปรุงสมรรถภาพทางกายในผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายต่ำ หรือ มีน้ำหนักเกิน (Grant, Davidson, Aitchison & Wilson, 1998 : 322-324)

สมรรถภาพทางกาย

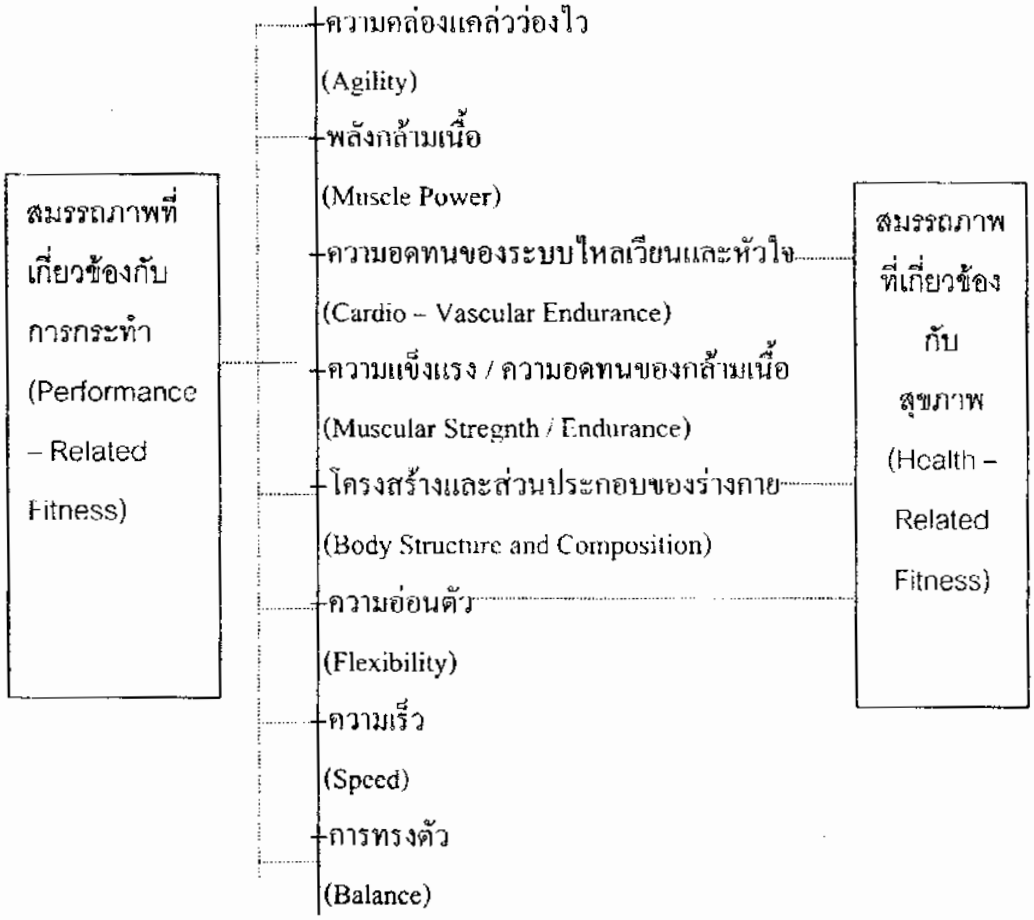
นักพลศึกษาได้ให้คำจำกัดความของคำว่าสมรรถภาพทางกาย (physical fitness) ไว้ดังนี้ คำว่า สมรรถภาพทางกาย มีผู้ให้ความหมายเอาไว้หลายอย่าง แต่กล่าวโดยรวมแล้ว หมายถึง ความสามารถทางร่างกายของบุคคลในอันที่จะประกอบกิจกรรมการเคลื่อนไหว หรือทำงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่เหนื่อยง่าย และยังสามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้เร็วอีกด้วย

ลักษณะของผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายดีก็คือ มีลักษณะของร่างกายที่มีความสมบูรณ์แข็งแรง อดทนต่อการปฏิบัติงาน มีความคล่องแคล่วว่องไว ร่างกายมีความต้านทานโรคสูง ผู้ที่มีสมรรถภาพที่ดีมักจะเป็นผู้ที่มีจิตใจร่าเริงแจ่มใส มีร่างกายสง่าผ่าเผยและทำงานได้อย่างมีประสิทธิ์ภาพ เมื่อมีสมรรถภาพทางกายดีแล้ว สมรรถภาพทางจิตใจ สังคมและสติปัญญาก็ดีตามไปด้วย (เกษม ช่วยพนัง, 2536 : 53 อ้างถึงใน นภดล หักกะยานนท์, 2539 : 18)

องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย

องค์ประกอบสมรรถภาพทางกาย physical fitness components) สามารถจัดแยกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการกระทำ หรือทักษะเฉพาะ และ กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ ดังภาพประกอบ 3

ภาพประกอบ 3 องค์ประกอบสมรรถภาพทางกาย



ที่มา : กรมพลศึกษา, 2537 : 46 – 48 อ้างถึงใน นภดล หักกะยานนท์, 2539 : 20

ความอดทน

ความอดทน หมายถึง ความสามารถของร่างกายที่จะทนต่อการทำงานที่มีความเข้มข้นปานกลาง ได้เป็นระยะเวลานาน ความอดทนของร่างกายโดยมากมักพูดถึง ความอดทนของระบบไหลเวียนและหายใจ (cardiorespiratory endurance) (ประทุม ม่วงมี, 2527 : 96 ; พิชิต ภูติจันทร์, 2535 :87 ; Willmore & Costil, 1994 : 216)

ความอดทนของระบบไหลเวียนและหายใจ

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่สุดของสมรรถภาพทางกายคือ การพัฒนาระบบไหลเวียน หน้าที่หลักของระบบไหลเวียนคือ การขนส่งโลหิตจากหัวใจเพื่อที่จะไปเลี้ยงอวัยวะ ต่าง ๆ ของร่างกายรวมถึงการขนส่งของเสียต่าง ๆ หัวใจและปอดจึงเป็นอวัยวะที่บ่งชี้ถึงขีดความสามารถของร่างกายในการออกกำลังกาย หรือประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ดังนั้นการฝึกที่มุ่งหวังผลให้หัวใจเกิดการพัฒนาความอดทนจึงเป็นเป้าหมายหลักของการฝึกร่างกาย (McArdle et. al., 1994 : 258)

ความสำคัญของความอดทนของระบบไหลเวียนและหายใจ การฝึกความอดทนของระบบไหลเวียนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย โดยมากจะมุ่งเน้นไปที่อัตราการเต้นของหัวใจ และ ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ซึ่งค่าทั้ง 2 ค่านี้จะแสดงถึงประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกาย

อัตราการเต้นของหัวใจ หัวใจไม่ใช่กล้ามเนื้อที่มัดใหญ่ที่สุดของร่างกาย แต่หัวใจสามารถส่งเลือดเป็นจำนวนมากไปเลี้ยงร่างกายอย่างทั่วถึง หัวใจต้องทำงานหนักอย่างมากเฉลี่ยแล้วหัวใจต้องมีการบีบตัว และคลายตัวตลอดเวลาถึง 40 ล้านครั้ง / ปี การบีบตัวของและคลายตัวของหัวใจต่อหนึ่งนาที เรียกว่าอัตราการเต้นหัวใจ (heart rate) (ศิริพร เบ็ญจไชยรัตน์, 2538 : 87) อัตราการเต้นของหัวใจสามารถตรวจสอบได้โดยการนับจากใช้ ECG (elect cadio gram) วัดคลื่นไฟฟ้าของหัวใจ หรือใช้การจับชีพจรที่บริเวณข้อมือ อัตราการเต้นของหัวใจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการประกอบกิจกรรมทางกาย โดยการเปลี่ยนแปลงที่กล่าวถึงนี้จะขึ้นอยู่กับอริยะบทต่างๆ ของร่างกาย, อารมณ์, อายุ, เพศ, การออกกำลังกายและระดับความฟิตของ ร่างกาย (Robergs & Roberts, 1997 : 280)

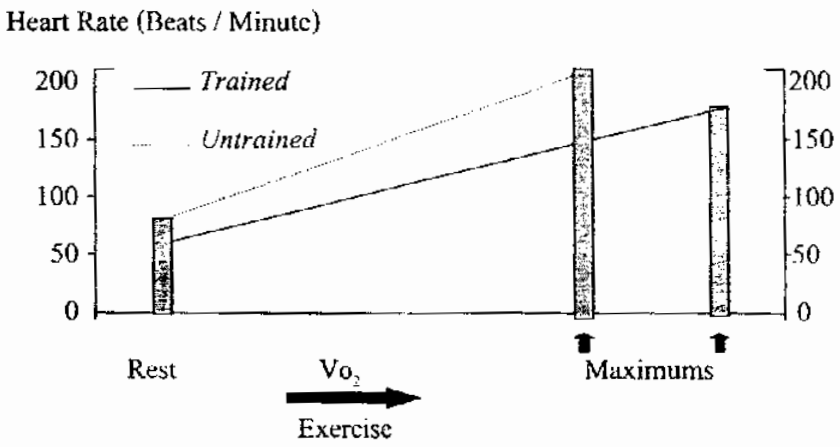
โดยทั่วไปค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ในขณะพักจะมีค่าเท่ากับ 60-80 ครั้ง/นาที ในนักกีฬาที่ทำการฝึกความอดทน ค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักอาจลดลงเหลือ 40 ครั้ง/นาที หรือราวๆ 28 – 40 ครั้ง/นาที และในขณะออกกำลังกายอย่างหนักเต็มที่อาจสูงถึง 210 - 250 ครั้ง/นาที (ศิริพร เบ็ญจไชยรัตน์, 2538 : 87- 89)

อัตราการเต้นของหัวใจ แต่ละคนมีค่าแตกต่างกัน อัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักของคนที่มีน้ำหนักตัว ส่วนสูง และอายุเท่ากัน จะมีค่าอยู่ระหว่าง 70 – 80 ครั้ง/นาที และในเพศเดียวกันก็ยังมีความแตกต่างกันด้วย หลักฐานจากการวิจัยเป็นจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของผู้หญิงจะสูงกว่าผู้ชายราว 5 – 10 ครั้ง/นาที (ประทุม ม่วงมี, 2527 : 163) และ อัตราการเต้นของหัวใจของคน 3 คน ที่ทำงานในระดับความ เข้มข้นเท่ากันแต่มีความแตกต่างกันทางด้านเพศ และอายุ โดย A เป็นผู้ชายและเป็นนักกีฬามหาวิทยาลัยB เป็นผู้หญิง และ C เป็นเด็กผู้ชายชั้นมัธยม จะเห็นได้ว่าอัตราการเต้นของหัวใจของ A ในขณะออกกำลังกายจะอยู่ที่

120 ครั้ง/นาที ส่วน B อยู่ที่ 142 ครั้ง/นาที และ Cจะอยู่ที่ 170 ครั้ง นาที สังเกตได้ว่าอัตราการเต้นของหัวใจของคนทั้ง 3 คนแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะ C ซึ่งมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าคนอื่นๆ ที่เป็นเช่นนี้ ก็อาจเนื่องมาจากความแตกต่างทางกายภาพและปัจจัยอื่นๆ ส่วน A มีอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ นักกีฬาจึงสามารถออกกำลังกายหรือประกอบกิจกรรมได้นานกว่าคนปกติ (McArdle, et al., 1994 : 351 - 352)

อัตราการเต้นของหัวใจจะตอบสนองความหนักของการออกกำลังกาย โดยอัตราการเพิ่มจะดำเนินไปอย่างรวดเร็ว เมื่อการออกกำลังกายเริ่มขึ้น ดังภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4 การเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจ ในคนที่ทำการฝึกออกกำลังกาย และคนที่ไม่ได้ทำการฝึกออกกำลังกาย



ที่มา : Fox & Mathews, 1981 : 231

จากภาพแสดงให้เห็นถึงการอัตราการเพิ่มขึ้นจากช่วงพักเข้าสู่ช่วงออกกำลังกาย โดยอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของงาน ในคนที่มีการฝึกออกกำลังกายอยู่เป็นประจำ จะมีผลให้อัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักต่ำกว่าคนทั่วไป เช่น ในนักกีฬาที่มีการฝึกออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นสูงอยู่ตลอดเวลาจะมีอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่า 40 ครั้ง/นาที

แต่ในคนที่ไม่มีการฝึกการออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักจะอยู่ที่ 90 ครั้ง/นาที จะเห็นได้ว่าการออกกำลังกาย ณ ระดับหนึ่ง อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ที่ได้รับการฝึกออกกำลังกาย จะมีอัตราการเต้นของหัวใจน้อยกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกออกกำลังกาย แสดงว่าการทำงานของหัวใจในผู้ที่ออกกำลังกายอยู่เป็นประจำนั้น หัวใจไม่จำเป็นต้องทำงานหนัก

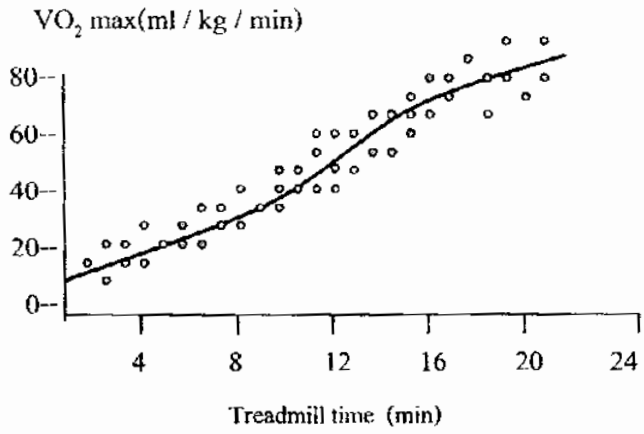
เมื่อเปรียบเทียบกับคนทั่วไปในงานที่มีระดับความเข้มข้นเท่ากัน นอกจากนั้นยังทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่า

การศึกษาการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจของคนที่ทำการฝึกออกกำลังกายโดยการวิ่งบนลู่วิ่งกล ในงานที่มีระดับความเข้มข้นของงานปานกลาง (submaximal) ภายหลังเดือนที่ 6 พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่างลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยอัตราการเต้นของหัวใจลดลง 20 ถึง 40 ครั้งต่อนาที (ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของแต่ละคน) (Willmore & Costill, 1994 : 221) ในขณะที่ความเห็นของนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เห็นว่า ภายใต้การควบคุมการฝึกออกกำลังกายในระดับปานกลาง จะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง 6 ครั้ง / นาที แต่ทุก ๆ 1% ของน้ำหนักตัวที่หายไปจากการสูญเสียน้ำในขณะฝึกจะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น 7 ครั้ง / นาที ในขณะวิ่ง 10 กิโลเมตร จะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นเป็น 20 ครั้ง / นาที สูงกว่าอัตราการเต้นของหัวใจในขณะวิ่งในระยะสั้น (Lambert, Mbambo,& Clair, 1998 : 86-87)

ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด ปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายรับเข้าไปให้เซลล์ใช้ / นาที เรียกว่า Oxygen consumption ($V^{\circ}O_2$) ส่วนปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปให้เซลล์ใช้ได้ต่อช่วง 1 นาที เรียกว่า Maximum oxygen consumption หรือ ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด($V^{\circ}O_2$ max หรือ max $V^{\circ}O_2$) ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดนี้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของร่างกาย ซึ่งความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแต่ละคนจะไม่เท่ากัน ก่อนที่คนเราจะมีอายุย่างเข้าสู่วัยรุ่นความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของผู้หญิงจะอยู่ประมาณ 70 % ของผู้ชาย และจะพบว่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของทั้งหญิงและชายจะสูงสุดเมื่ออายุราว ๆ 18 – 20 ปี แล้วค่อย ๆ ลดลงโดยเฉลี่ยแล้วเมื่อถึงอายุ 60 ปีจะเหลือเพียง 70 % ของเมื่ออายุ 25 ปี (Burrill, 1999 ; Morehouse & Miller, 1976 : 148)

เมื่อร่างกายเริ่มเปลี่ยนสภาพจากขณะพักมาเป็นการออกกำลังกายค่าความสามารถสูงสุดในการจับออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเรื่อย การออกกำลังกายเป็นระยะเวลานาน ๆ โดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ ซึ่งมีความหนักเป็นตัวกำหนดมีระยะเวลาที่เพียงพอ จะทำให้ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น ดังภาพประกอบ 5

ภาพประกอบ 5 ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในขณะออกกำลังกายบนลู่วิ่งกล



ที่มา : Robergs & Roberts , 1997 : 490

ขณะเดียวกันในนักกีฬาที่ทำการฝึกความอดทน ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดจะสูงกว่าคนปกติ ในนักวิ่งมาราธอนที่ทำการฝึกความอดทนเป็นประจำ จะพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายรับเข้าไปมีมากขึ้นเป็น 10 – 20 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับในขณะพัก และเมื่อเปรียบเทียบนักกีฬาด้วยกันเองมักพบว่า นักกีฬาที่ทำการฝึกความอดทน มักมีความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดสูงกว่านักกีฬาประเภทอื่น ดังตาราง 1

ตาราง 1 ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬาแต่ละประเภท

ชนิดกีฬา	ผู้ชาย (มล./กก.)นาที)	ผู้หญิง (มล./กก.)นาที)
นักวิ่งระยะไกล	75 – 80	65 – 70
นักสกีข้ามทุ่ง	75 – 78	65 – 70
จักรยาน	70 – 75	60 – 65
นักวิ่งระยะกลาง	70 – 75	65 – 68
สกี	65 – 72	55 - 60
ว่ายน้ำ	60 – 70	55 – 60
เรือกรรเชียง	65 – 69	60 – 64
การแข่งขันประเภทคู่	65 – 70	55- 60
แคนนู	60 – 68	50 – 55
เดินทน	60 – 65	55 – 60
ฟุตบอล	50 – 57	-
แฮนด์บอล	55 – 60	48 – 52
ฮ็อกกี้น้ำแข็ง	55 – 60	-
วอลเลย์บอล	55 – 60	48 – 52
เทนนิส	48 – 52	40 – 45
เทเบิล เทนนิส	40 – 45	38 – 42
มวย	60 – 65	-
มวยปล้ำ	60 – 65	-
ยูโด	55 – 60	50 – 55
ดาบสากล	45 – 50	40 – 45
วิ่งระยะสั้น (100,200 เมตร)	48 – 52	43 – 47
กระโดดสูง	50 – 55	45 – 50
ยกน้ำหนัก	40 – 50	-

ที่มา : The Encyclopedia of Sports Medicines, 1993 :103

สังเกตได้ว่าความสามารถสูงสุดในการจับบออกซิเจนของแต่ละคนจะไม่เท่ากัน แต่สามารถที่จะทำให้มีการพัฒนาขึ้นได้ ด้วยการเพิ่มปริมาณงาน และการเพิ่มระดับความเข้มข้นของงาน การศึกษาของวินเตอร์ (Winter, [Online], 1999) แสดงให้เห็นว่า คนทั่วไปสามารถที่จะเพิ่มปริมาณการรับออกซิเจนได้เมื่อคนคนนั้นทำการฝึกวิ่งตามโปรแกรมเป็นระยะทาง 25 ไมล์ ต่อสัปดาห์ แล้วจึงเพิ่มขึ้นเป็น 50 ไมล์ ต่อ สัปดาห์ ความสามารถในการจับออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น 10 %

ปัจจัยที่มีผลต่อความอดทนของระบบไหลเวียนและหายใจ

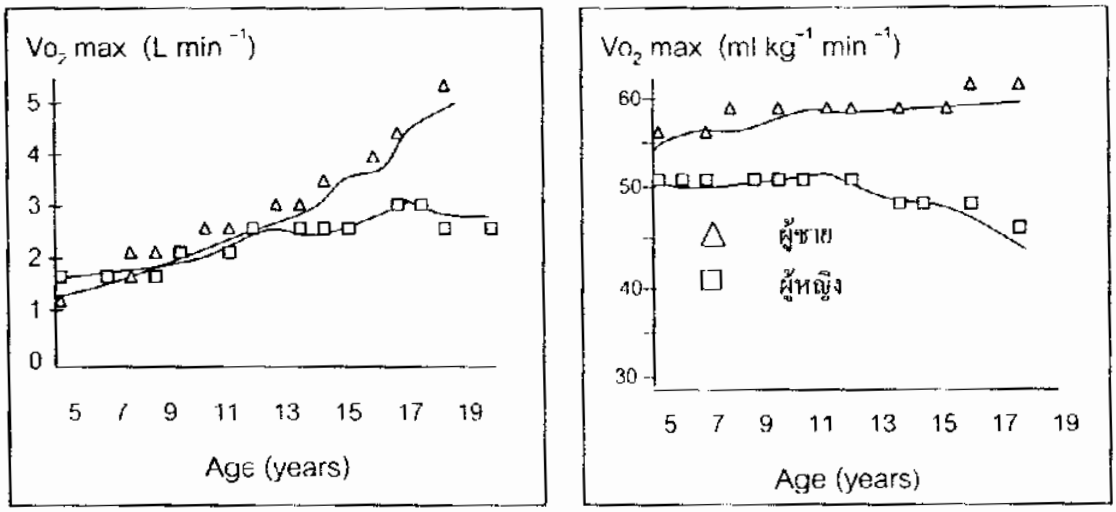
ปัจจัยต่าง ๆที่มีอิทธิพลต่อความอดทน มีดังนี้

1. อายุ เมื่อเปรียบเทียบการออกกำลังกายตลอดชีวิตของคน พบว่าสมรรถภาพของร่างกายจะมีการพัฒนาขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจากวัยเด็กจนถึงจุด ๆ หนึ่ง แล้วความอดทนก็จะค่อย ๆ ลดลง สำหรับผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำ ในผู้หญิงช่วงที่มีความอดทนสูงสุดจะเป็นอายุประมาณ 20 – 25 ปี ส่วนในเพศชายจะอยู่ในช่วงอายุ 30 - 35 ปี และจะคงอยู่ประมาณ 3 – 5 ปี ทั้งหญิงและชายจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง

วิสซิล และ ฮูส (Wessel & Huss, 1984 อ้างถึงใน จรวยพร ธรณินทร์, 2529 :24) รายงานว่าความสามารถในการออกกำลังกาย หรือประกอบกิจกรรมอื่น ๆ จะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น แต่ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการขาดการออกกำลังกาย ในขณะเดียวกันการศึกษาภาคตัดขวางระบุว่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการทำงานจะลดลงตามอายุ ส่วนผู้ที่เป็นนักกีฬา หรือ ออกกำลังกายอยู่เป็นประจำจะทำให้สามารถชลอการลดลงของค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดได้ นอกจากนั้นอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจในขณะออกกำลังกายจะลดลงตามอายุ โรเดิล เฮฟเฟอร์ และคณะ (Rodcheffer et al. citing in Polleck & Wilmore, 1990 :135 - 136) ทำการศึกษาระยะยาวในคนที่มีอายุ 25 ถึง 79 ปี พบว่า การเพิ่มขึ้นของอายุมีความสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจและอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ซึ่งได้มีผู้สนใจศึกษาในแนวทางเดียวกันอีกหลายท่าน และได้รับผลในลักษณะเดียวกัน

2. เพศโดยโครงสร้างพื้นฐานแล้ว กระบวนการทางสรีรวิทยาของผู้หญิงและผู้ชายก่อนที่จะเข้าสู่วัยรุ่นมีความเหมือน หรือ คล้ายคลึงกันอยู่หลายอย่าง เช่น ความสามารถทางกายอาจจะพอ ๆ กัน หรือ เด็กผู้หญิงอาจจะมีมากกว่า แต่เมื่อเข้าสู่วันรุ่นแล้วจะเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน ดังภาพประกอบ 6

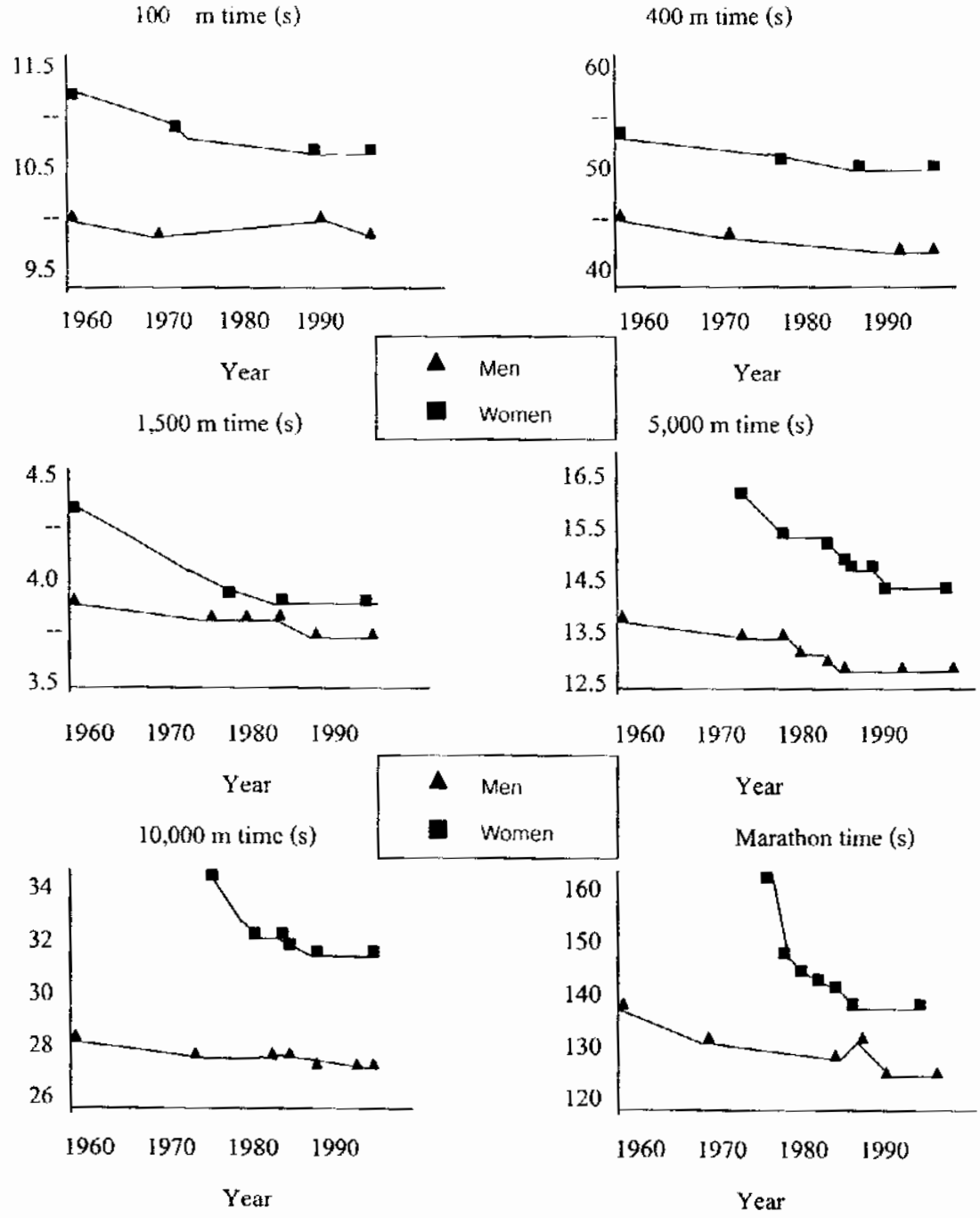
ภาพประกอบ 6 ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของเด็กผู้หญิงและเด็กผู้ชาย
ในอายุต่าง ๆ



ที่มา : Wilmore & Costill, 1994 :413

จะเห็นได้ว่าเมื่อย่างเข้าสู่วัยรุ่นแล้วจะเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน นักวิทยาศาสตร์การกีฬาเชื่อกันว่าการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นเนื่องจากโฮร์โมนเพศ ซึ่งทำให้ผู้หญิงมีความแข็งแรง พลัง และความอดทนน้อยกว่าผู้ชาย (ประทุม ม่วงมี, 2527 :316) ทั้งนี้อาจดูได้จากสถิติในการวิ่ง 6 รายการ ตั้งแต่ปี 1960 – 1990 ดังภาพประกอบ 7

ภาพประกอบ 7 การเปรียบเทียบสถิติในการวิ่ง 6 รายการ ตั้งแต่ปี 1960 – 1990



ที่มา : ประทุม ม่วงมี, 2527 :316

และมอร์เฮาส์ และมิลเลอร์ (Morehouse & Miller, 1976 : 125-126) ชี้ให้เห็นว่าในการวิ่งความอดทนของผู้หญิงจะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของผู้ชาย เหตุผลที่เป็นข้อจำกัดความอดทนของผู้หญิงนั้น อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างทางกายภาพ และสรีรวิทยา เช่น โครงสร้างของร่างกาย, ผู้หญิงจะมีขนาดของหัวใจที่เล็กกว่า, อัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่า ทรวงอกขนาดเล็กกว่าส่งผลให้ความจุปอดน้อยกว่า ความสามารถในการขนส่งออกซิเจนมีน้อยกว่า เพราะเม็ดเลือดแดงมีน้อยกว่า อาจสรุปความแตกต่างได้ดังตารางนี้

ตาราง 2 ความแตกต่างทางกายวิภาคและสรีรวิทยาระหว่างผู้หญิงกับผู้ชายทั่วไป ภายหลังเข้าสู่วัยรุ่นแล้ว

รายการ	หญิง	ชาย
ความจุปอด	น้อยกว่า	มากกว่า
ความกว้างของผิวหน้าของถุงลมปอด (Alveolar Surface area)	แคบกว่า	กว้างกว่า
มวล น้ำหนัก และขนาดของกล้ามเนื้อ	น้อยกว่า	มากกว่า
ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (ลิตร / นาที) (Cardiac output)	น้อยกว่า	มากกว่า
ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (มิลลิลิตร) (Stroke volume)	น้อยกว่า	มากกว่า
อัตราการเต้นของหัวใจในขณะพัก	สูงกว่า	ต่ำกว่า
ความสามารถสูงสุดในการเต้นของหัวใจ	ต่ำกว่า	สูงกว่า
ขนาดของหัวใจ	เล็กกว่า	ใหญ่กว่า
ปริมาณของเม็ดเลือดในเลือด	น้อยกว่า	มากกว่า
ปริมาณฮีโมโกลบิ้นในเลือด	น้อยกว่า	มากกว่า
ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด	ต่ำกว่า	สูงกว่า

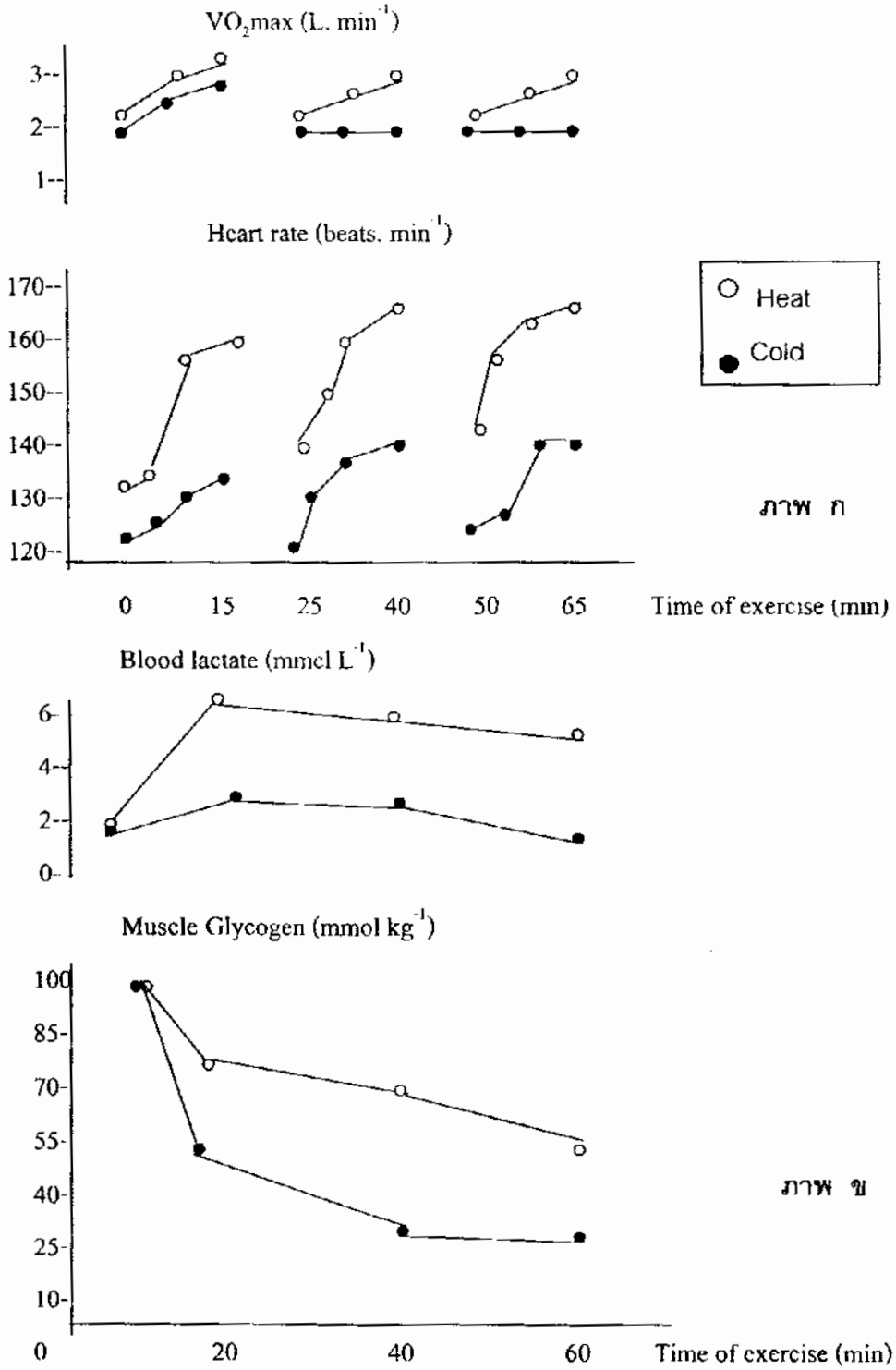
ที่มา : ประทุม ม่วงมี, 2527 :319

3. การฝึกปัจจุบันวงการวิทยาศาสตร์การกีฬามีความพัฒนาขึ้น มีการวิจัยศึกษาค้นคว้าในเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับการใช้พลังงานของร่างกาย, เทคนิค, ทักษะ และวิธีการฝึกซึ่งเป็นแนวทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น การฝึกส่วนใหญ่มักมุ่งหวังให้นักกีฬา หรือผู้ที่รับการฝึกสามารถที่จะทำงานได้เป็นระยะเวลายาวนาน และป้องกันการสูญเสียพลังงานการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น ผู้ที่มีการฝึก ที่ดีเท่ากับช่วยสงวนพลังงาน ทำให้มีความอดทนสูง ฉะนั้น การฝึกจึงมีผลต่อสมรรถภาพทางกาย และเป็นปัจจัยสำคัญของความสามารถในด้านกีฬา (ศุภโชค อนุโรจน์, 2540 :30)

เจนคิน และ ไคว์เกร์ย (Jankin & Quigley, 1992 : 1284-1285) ทำการศึกษาในผู้ที่ทำการฝึกความอดทนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ด้วยการขี่จักรยานวัดงาน สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ30 40 นาที ผลการศึกษาระบุว่า ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น 8.5 % แต่การศึกษาส่วนหนึ่งได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของความสามารถสูงสุดในผู้หญิงที่ทำการฝึกความอดทน (endurance trained) จำนวน 23 คน (อายุ 20 – 29 ปี 6 คน, อายุ40 – 45 ปี 6คน,อายุ 49 54 ปี 6 คน, และ อายุ 58 – 63 ปี 5 คน) พบว่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดจะลดลงตามอายุโดยปีหนึ่ง ๆ จะลดลงประมาณ 0.51 มิลลิลิตร / กก./ น้ำหนักตัว / นาที ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ, ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในครั้งหนึ่ง ๆ (stroke volume) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (ลิตร / นาที)(cardiac output) อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยได้กล่าวสรุปในตอนท้ายว่า สิ่งสำคัญที่สุดคือประโยชน์ที่ได้จากการฝึกออกกำลังกายซึ่งจะทำให้การเสื่อมถอยนั้นช้าลง โดยวัตถุประสงค์ครั้งนี้เพื่อดูผลการฝึกความอดทนที่เกี่ยวกับระบบการทำงานของหัวใจ (Wiebe, Gledhill, Jamnik, Ferguson,1999 : 684-685)

4. สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น โดยทั่วไปแล้วสภาพภูมิอากาศ, อุณหภูมิมักมีอิทธิพลต่อการฝึกออกกำลังกาย อุณหภูมิปกติของร่างกายจะอยู่ที่ 37^{o}C (99^{o}F) แต่ในขณะออกกำลังกายอุณหภูมิของร่างกายจะเพิ่มขึ้นเป็น 40 ^{o}C (104^{o}F) ที่บริเวณกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกกำลังกายอุณหภูมิจะสูงขึ้นเล็กน้อย ประมาณ 42 ^{o}C (107.6^{o}F) เหตุผลเนื่องจากระบบการสร้างพลังที่กล้ามเนื้อที่ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเคมี และทำให้อุณหภูมิที่กล้ามเนื้อสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ (Willmore & Costill, 1994 : 245) การหลั่งเหงื่อเป็นวิธีการระบายความร้อนของร่างกายในสภาพอากาศที่ร้อน ร่างกายจะทำงานหนักมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพอากาศที่ค่อนข้างเย็น ดังภาพประกอบ 8

ภาพประกอบ 8 ภาพ (ก) ปริมาณออกซิเจน (Oxygen uptake) และการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจ ในสภาพอากาศร้อนและเย็นภาพ(ข) การเปลี่ยนแปลงของกรดแลคติคในเลือด และปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ในสภาพอากาศเดียวกัน (อุณหภูมิเท่ากัน)



การศึกษาส่วนใหญ่ระบุว่าอุณหภูมิที่ร้อนมักมีผลต่อประสิทธิ์ภาพการทำงานของร่างกาย ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพต่าง ๆ ในการทำงานของร่างกายลดลง ฮาล และคณะ (Hall, et al., 1998 :450 - 453) ทำการศึกษาถึงอุณหภูมิของวันที่มีต่อการออกกำลังกายในระดับความเข้มข้นสูง โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ให้ทำการฝึกออกกำลังกายในเวลาเช้าและเวลาเย็น ผลการศึกษาพบว่า ในเวลาเย็น การทำงานของร่างกายของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มจะทำงานหนักกว่าในเวลาเช้า ผู้วิจัยสรุปว่า สืบเนื่องมาจากอุณหภูมิในเวลาเย็นสูงกว่าเวลาในช่วงเช้า

ความแข็งแรง

เป็นการใช้แรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ หรือกลุ่มของกล้ามเนื้อที่ปล่อยออกมาเพื่อต้านกับแรงต้านต่ออัตราความเร็ว (Robergs & Roberts, 1997 : 256) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. ความแข็งแรงแบบพลังระเบิด หรือ กำลังของกล้ามเนื้อ (power strength) หมายถึง ความสามารถที่จะใช้กล้ามเนื้อทำงานสูงสุดในการทำงานครั้งหนึ่ง เช่น การยืนกระโดดไกล กระโดดสูง เป็นต้น

2. ความแข็งแรงแบบที่มีการเคลื่อนที่ (dynamic strength) หมายถึง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มือ หรือ เท้าในขณะเคลื่อนไหวร่างกายขึ้นมากครั้งในเวลาที่กำหนดให้ เช่นการไต่เชือก ดึงข้อ (pull - ups) ยุบข้อ (dips) เป็นต้น

3. ความแข็งแรงแบบอยู่กับที่ (static strength) หมายถึง การใช้กล้ามเนื้ออย่างแรงที่สุดต่อสิ่งที่อยู่กับที่ และจะแตกต่างกับความแข็งแรงในสองประเภทแรกตรงที่ไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหวของร่างกาย ตัวอย่างของการวัดความแข็งแรงในลักษณะนี้ ได้แก่ การวัดแรงบีบมือ (hand grip) เป็นต้น (สุพจน์ เชื้อประกอบกิจ, 2533 : 7 - 8)

ในการเล่นกีฬา หรือ การฝึกออกกำลังกายที่ต้องใช้ความอดทนจำเป็นจะต้องทำการฝึกความแข็งแรงควบคู่กัน โดยมากมักมุ่งหวังผลไปที่ (1) การเพิ่มจำนวนแรงของกล้ามเนื้อ (2) เพิ่มปริมาณการเผาผลาญออกซิเจน และจำนวนของพลังงาน (3) เป็นการป้องกันการบาดเจ็บและปัญหาที่เกิดจากการฝึกหนักจนเกินไป การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะส่งผลต่อเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) (Sleamaker & Browing, 1996 : 129)

ในคนที่ทำการฝึกออกกำลังกายอยู่เป็นประจำจะเกิดการตอบสนองโดยพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ หรือ cross – sectional – area จะเพิ่มขึ้น นั้นหมายถึงบุคคลนั้นมีขนาดของกล้ามเนื้อใหญ่ขึ้น มักเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า hypertrophy (ANJOC, 1992 : 69)

การศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยการทำการทดสอบในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน จำนวน 15 คน ทำการฝึกความแข็งแรงเป็นเวลา 11 เดือน พบว่าผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 20 % (Moroz, et al,1990; Ramsay, et al., 1990 citing in ANIOC, 1992 : 231) ยัง และ บิลบาย (Young & Bilby, 1993 : 173-174) ทำการศึกษาถึงการพัฒนาของแรงระเบิดของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และ hypertrophy โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ทำการฝึก ฮาฟ – สควอสทัส (half – squattast) เป็นเวลา 7 สัปดาห์ ผลการทดลองระบุว่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราสูงสุดของแรงของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการฝึกที่งานหนักเพิ่มขึ้น 68.7 % และในกลุ่มที่งานต่ำกว่าเพิ่มขึ้น 23.5 % ทั้งนี้ เปอร์เซ็นต์ของการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (hypertrophy) เพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่ม

ผู้ที่ทำการฝึกความแข็งแรงโดยใช้แรงต้าน จะทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่น้ำหนักของร่างกาย (body weight) ,เปอร์เซ็นท์ไขมันของร่างกาย(% Fat), และ ปริมาณเนื้อแท้(lean body mass) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Hallmark et al, 1996 : 28) นอกจากนั้นการฝึกความแข็งโดยใช้แรงต้านที่ทำการฝึกแบบวงจร (circuit weight training : CWT) จะพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และยังพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของความอดทนของระบบไหลเวียนและหายใจ,สัดส่วนของร่างกาย และความหนาแน่นของกระดูก (Verill & Ribisl, 1996 : 67-68) ทานากะ และ ซเวนเซนท์ (Tanaka & Swensen, 1998 : 139) กล่าวว่า การฝึกความอดทนจะทำให้แหล่งพลังงานเพิ่มขึ้น,จำนวนเส้นโลหิตฝอยเพิ่มขึ้น, ความหนาแน่นของไมโตรคอนเดรียและเส้นโลหิตฝอยเพิ่มขึ้นเช่นกัน ในทางตรงกันข้าม การฝึกความแข็งแรง จะลดความหนาแน่นของไมโตรคอนเดียและเส้นโลหิตฝอย ขณะเดียวกันกลับทำให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังของกล้ามเนื้อ ด้วยเหตุผลนี้จึงทำการฝึกออกกำลังกายที่สมบูรณ์แบบควรจะทำการฝึกความแข็งแรงควบคู่กันไป ในการวิ่ง หรือ การขี่จักรยาน การฝึกความแข็งแรงจะช่วยชลอการเริ่มต้นของการเกิดกรดแลคติด (lactate threshold) และเป็นการเพิ่มแรงให้กับกล้ามเนื้อ (muscle force)

วิธีการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง หลักของเดอลอมกล่าวถึงวิธีการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงว่า จะต้องใช้แรงต้านสูง จำนวนครั้งน้อย ตัวอย่างเช่นถ้าต้องการฝึกนักกีฬาให้มีความแข็งแรง และเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ เขาจะต้องฝึกโดยใช้น้ำหนักมากแต่จำนวนครั้งประมาณ 10 ครั้ง ต่อชุด หรือ เที่ยว ความเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาในกรณีนี้คือ กล้ามเนื้อหดตัวมากขึ้น ทำให้ขนาดของกล้ามเนื้อใหญ่ขึ้น (ลาวัณย์ สุกกรี, 2536 :47) การฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงมักทำภายใต้หลักการในการเพิ่มขนาดกล้ามเนื้อให้ใหญ่ขึ้น (hypertrophy) ซึ่งการฝึกนี้จะเห็นได้นั้นต้อง

ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 10 – 12 สัปดาห์ โดยทำการฝึก 4 วัน ต่อ สัปดาห์ ใช้จำนวนครั้ง (set) ของการทำซ้ำ ที่ระดับความเข้มข้นของงาน 60 – 80 % ในรูปแบบการออกกำลังกายแบบ Isometric (Encyclopedia Sport Medicine, 1992 :387)

การฝึกในรูปแบบนี้เป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้กล้ามเนื้อมีความอดทนต่อการเป็นหนี้ออกซิเจน (oxygen debt) ได้มากขึ้น ทำให้ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทนต่อการเป็นหนี้ออกซิเจนดีขึ้น ส่งผลให้การสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิคดำเนินไปได้ด้วยดี (ประทุม ม่วงมี, 2527:90) กอร์จิ และคณะ (Giorgi et al, 1998 : 19-21) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงจากการฝึกแบบ Isometric และการฝึกแบบ Heavy weight หลังการฝึก 8 สัปดาห์ พบว่า การฝึกแบบ Isometric จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายได้ดีกว่าการฝึกแบบ Heavy weight ซึ่งสอดคล้องกับการฝึกโดยใช้น้ำหนัก (weight training) ที่ทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบน และส่วนล่างของร่างกายเพิ่มขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้การฝึกที่ระดับความเข้มข้นปานกลางและระดับความเข้มข้นสูงไม่ทำให้เกิดความแตกต่างในเรื่องของความแข็งแรง (Willoughby & Pelsue, 1998 : 327-329) ดังตาราง 3

ตารางที่ 3 วิธีการฝึกเพื่อพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ

	Standard Method I (constant load)	Standard Method II (progressively)	Bodybuilding method I (extensive)	Bodybuilding method II (intensive)	Isokinetic method
Intensity load (%)	80	70,80,85,90	60 – 70	85 – 95	e.g.70
Repetitions	8- 10	12,10,7,5	15 – 20	8 – 5	15
Set	3 – 5	1,2,3,4	3 – 5	3 – 5	3
Rest interval (min)	3	2	2	2	3

ที่มา : ANIOC, 1992 :239, 241

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

1. การเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1.1 การเรียงตัวแบบขนาน (parallel) กล้ามเนื้อพวกนี้จะพบบริเวณที่ทำงาน เบา ๆ ช่วงระยะเวลาทำงานเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ เช่นกล้ามเนื้อท้อง

1.2 การเรียงตัวแบบขนนกครึ่งซีก (unipennate) พบกล้ามเนื้อชนิดนี้บริเวณที่ทำงานเบา ๆ ทำได้บ่อย ๆ และนาน เช่น กล้ามเนื้อบริเวณนิ้วมือและนิ้วเท้า

1.3 การเรียงตัวแบบขนนกเต็มซีก (bipennate) พบกล้ามเนื้อที่เรียงตัวแบบนี้บริเวณที่ทำงานหนักและอดทน มีความแข็งแรงมากที่สุด ซึ่งได้แก่กล้ามเนื้อหัวไหล่

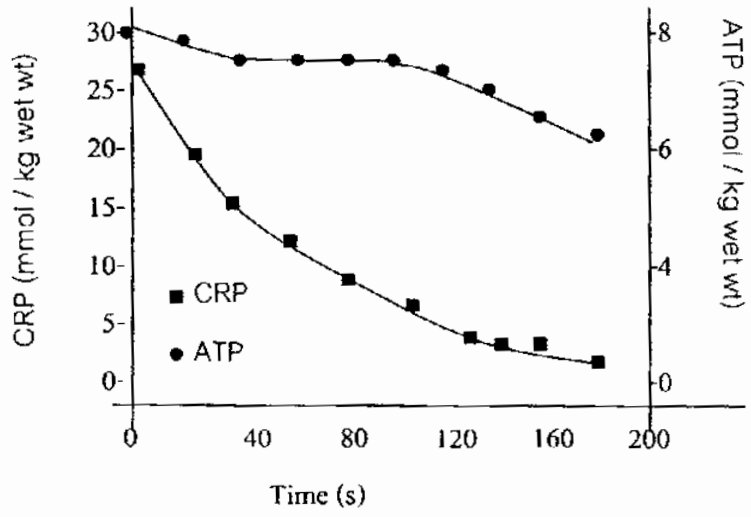
การเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อทั้ง 3 อย่างนี้มีความแข็งแรงแตกต่างกัน แบบขนาดแข็งแรงน้อยที่สุด และแบบขนนกเต็มซีกแข็งแรงมากที่สุด ในกล้ามเนื้อมัดหนึ่งเส้นใยจะเรียงซ้อนกันเป็นหลาย ๆ ชั้นจนเกิดมีพื้นที่หนาขึ้น การวัดความแข็งแรงจะพิจารณาจากพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อมัดนั้นตามกฎของ Hittinger ซึ่งอธิบายถึงความสัมพันธ์ของพื้นที่หน้าตัดกับความแข็งแรงไว้ว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อนั้น ฉะนั้นกล้ามเนื้อที่มีลักษณะพื้นที่หน้าตัดน้อยย่อมแข็งแรงน้อยกว่ากล้ามเนื้อที่มีพื้นหน้าตัดมาก โดยที่พื้นที่หน้าตัด 1 ตารางเซนติเมตรจะต่อต้านแรง ได้ 4 กิโลกรัม (ฐิติกร ศิริสุขเจริญพร, 2540 : 11 - 13)

2. ความเมื่อยล้า ความเมื่อยล้าสามารถลดความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าซึ่งจะเป็นผลให้กำลังการหดตัวของกล้ามเนื้อลดน้อยลง สำหรับสาเหตุที่แท้จริงไม่มีใครสามารถบอกได้แน่นอน แต่สิ่งที่เกี่ยวข้องกับความเมื่อยล้ามักขึ้นอยู่กับมูลเหตุหลักซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็น 4 ประการดังนี้

2.1 ผลผลิตจากการสร้างพลังงาน

Creatine Phosphate : CRP เป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้าง ATP จากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการทำงานของกล้ามเนื้อกับ CRP พบว่าประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงเมื่อ CRP ลดลง ในขณะที่ความสัมพันธ์ดังกล่าวก็เกิดขึ้นกับ ATP เช่นกัน กล่าวโดยสรุปคือการลดลงของ CRP จะมีผลทำให้การสร้างพลังงานช้าลงไม่ทันต่อความต้องการจึงเป็นสาเหตุให้เกิดความเมื่อยล้าได้ (Robergs & Roberts, 1997 :549) ดังภาพประกอบ 9

ภาพประกอบ 9 ความสัมพันธ์ของ CRP และ ATP



ที่มา : Robergs & Roberts, 1997 : 549

2.2 ผลผลิตจากการกระบวนการเผาผลาญพลังงาน

2.3 Electrochemical ของกล้ามเนื้อ เช่น การสูญเสียโปสแตสเซียมมากเกินไป หรือ การที่ร่างกายเกิดสภาวะมีคาร์บอนไดออกไซด์เกินสภาพปกติ (acidotic) ส่งผลให้ ATP ในกล้ามเนื้อลดลง

2.4 ระบบประสาทส่วนกลาง เช่น การไหลเวียนขาดประสิทธิ์ภาพในการทำงาน ซึ่ง สังเกตได้จากอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงมาก การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีอำนาจทำให้สภาพความสมดุลของร่างกายสูญเสียไป และเป็นต้นเหตุแห่งความเมื่อยล้า

3. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่สูงกว่าร่างกายเพียงเล็กน้อย หรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิของร่างกาย จะทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อและประสิทธิภาพในการทำงานเป็นไปอย่างมี ประสิทธิภาพ อย่างไรก็ดี ที่อุณหภูมิสูงเกินไปมักไม่เป็นผลดีต่อการทำงานของร่างกาย

4. ปริมาณของสารอาหารที่จะเป็นเชื้อเพลิงที่สะสมไว้ในร่างกายลดลง ไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงานที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อ เมื่อใดก็ตามที่พบว่าไกลโครเจนในกล้ามเนื้อลดลงจะส่งผลโดยตรงต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อ การศึกษาถึงการลดลงของพลังงานจากการฝึกความแข็งแรง โดยการยกน้ำหนักในท่า Front and Back squat, Leg press และ Leg extension พบว่าการลดลงของพลังงานเริ่มตอบสนองเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที โดยผลการศึกษาเป็นไป ดังตาราง 4 (ANIOC, 1992 : 239 - 241)

ตารางที่ 4 การลดลงของพลังงานสะสมในกล้ามเนื้อจากการฝึกความแข็งแรง
ด้วยการยกน้ำหนักในท่า Front and Back squat, Leg press และ Leg extension

	Pre – exercise	Post – exercise
Muscle		
ATP	24.8	19.7
Creatine phosphate	89.5	45.8
Creatine	50.8	100.0
Glucose	1.5	8.2
Lactate	22.7	79.5
Triglyceride	23.9	16.7
Plasma		
Free fatty acids	0.22	0.22
Glycerol	0.02	0.1
Glucose	4.2	5.5
Lactate	3.8	11.7

ที่มา : Sport Medicine, 1992 : 239 – 241

จากตาราง 4 แสดงการลดลงของพลังงานที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อจากการฝึกความแข็งแรง ด้วยการยกน้ำหนักในท่า Front and Back squat, Leg press และ Leg extension ทำการออกกำลังกาย 4 เซ็ท (เซ็ทละ 6 – 12 ครั้ง) (ANIOC, 1992 : 239 - 241)

5. ระดับการฝึก การฝึกเป็นประจำจะทำให้มีกำลังในการหดตัวสูงกว่ากล้ามเนื้อที่ไม่ค่อยได้รับการฝึก ซึ่งเหตุผลนี้เป็นที่ยอมรับกันทั่วไป

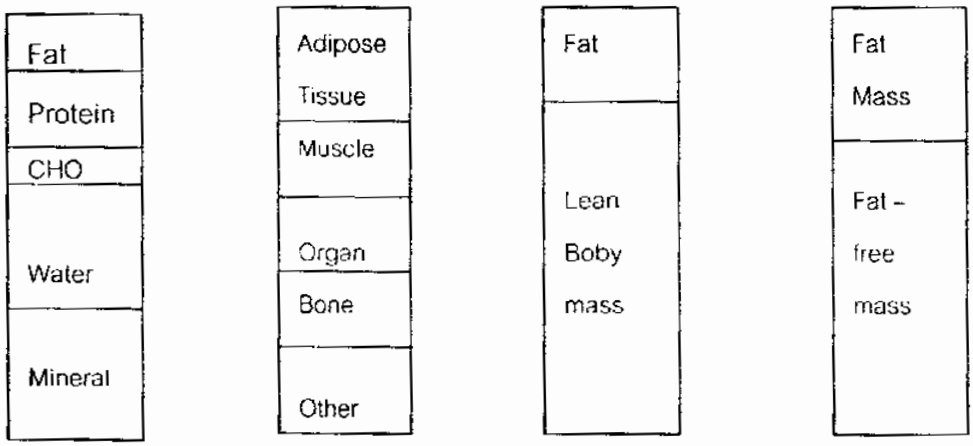
6. การพักผ่อนระหว่างฝึก มอร์เฮาร์ และ มิลเลอร์ (Morehouse & Miller,1971 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527 : 92) กล่าวว่ากล้ามเนื้อที่ใช้งอแขนถูกกระตุ้นให้ออกกำลังกายหนักจนไม่สามารถออกกำลังกายต่อไปได้ แล้วให้กล้ามเนื้อนั้นได้พักผ่อนเป็นเวลา 30 วินาที

จากนั้นกี่กระตุ้นอีก ผู้วิจัยกลับพบว่ากล้ามเนื้อนั้นมีความแข็งแรง 69 % ของความแข็งแรงปกติ และหากให้กล้ามเนื้อพักอยู่เป็นเวลา 42.5 วินาที ปรากฏว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลับมีเกือบเท่าความแข็งแรงปกติ

เปอร์เซ็นต์ไขมัน (% Fat)

องค์ประกอบทางเคมีของร่างกายมักประกอบด้วย น้ำ, โปรตีน, เกลือแร่, ไขมัน ดังภาพประกอบ 10 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างขององค์ประกอบของมนุษย์ 2 ภาพแรกเป็นองค์ประกอบทางด้านเคมี และด้านกายภาพ สำหรับโครงสร้างอีก 2 อันจะชี้ให้เห็นความแตกต่างของคำว่า Lean Body Mass และ Fat Free Mass Lean Body Mass คือ เนื้อแท้ซึ่งเป็นส่วนที่มีไขมันจำเป็นต่อร่างกาย ส่วน Fat Free Mass คือส่วนที่เหลือจากไขมัน (Heyward & Stolarczyk, 1991 : 143, Willmore & Costill, 1994 :383)

ภาพประกอบ 10 โครงสร้าง 4 แบบของ Body Composition



ที่มา : Willmore & Costill, 1994 : 383

ไขมันในร่างกายแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ

1. ไขมันที่จำเป็น (essential fat) พบอยู่ในกระดูก หัวใจ ปอด ตับ ม้าม ไต ลำไส้ กล้ามเนื้อ ระบบประสาทส่วนกลาง ไขมันนี้ทำให้การทำหน้าที่ของร่างกายด้านสรีรวิทยาและชีวภาพเป็นปกติ ในเพศหญิงจะมีไขมันที่จำเป็นมากกว่าผู้ชาย เพราะมีลักษณะเฉพาะทางเพศของเพศผู้หญิงที่มีไขมันสะสมในเนื้อเยื่อของเต้านมและรอบ ๆ มดลูก โดยที่ระดับไขมันจำเป็นของ

ผู้หญิงไม่ควรต่ำกว่า 12 % ของน้ำหนักร่างกาย และชายไม่ควรต่ำกว่า 3 % ของน้ำหนักร่างกาย (Robergs & Roberts, 1997 :.523 , McArdle et al., 1994 :454)

2. ไขมันที่สะสมไว้ (storage fat) มี 2 ชนิด คือ ไขมันสีเหลือง (yellow fat) มีประมาณ 99 % ของไขมันสะสมไว้ทั้งหมด และไขมันสีน้ำตาล (brown fat) มีอยู่ในไมโตรครอนเดีย ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่เก็บไว้ให้เป็นความร้อน ไขมันสีเหลืองพบในเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) ทำหน้าที่ 3 อย่าง คือ ช่วยรักษาความอบอุ่นของร่างกาย เป็นแหล่งพลังงาน และป้องกันการบาดเจ็บ (Millman,1995 :362 - 366)

ตาราง 5 ค่ามาตรฐานของปริมาณของเปอร์เซนต์ไขมันในผู้หญิงและผู้ชาย

	ผู้หญิง	ผู้ชาย
อัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรค ก	≤5 %	≤8 %
ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย	6 – 14 %	9 – 22 %
โดยเฉลี่ย	15%	23%
เกินกว่าค่าเฉลี่ย	16 – 24%	24 - 31%
อัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรค ข	≥25 %	≥ 32 %

(ก) อัตราการเสี่ยงต่อโรคการขาดสารอาหาร

(ข) อัตราการเสี่ยงต่อโรคอ้วน

ที่มา : Heyward & Stolarczyk, 1996 :5

ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายของคนไทยที่การกีฬาแห่งประเทศไทยได้ทำการศึกษาไว้ โดยศึกษาในประชาชน 4 ภาค ของประเทศไทย คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ จำนวนทั้งสิ้น 8,148 คน เป็นผู้ชาย 4,020 คน เป็นผู้หญิง 4,128 คน มีอายุ 17 ปีขึ้นไป ผลการศึกษาพบว่า ดังตาราง 6

ตาราง 6 เปอร์เซ็นต์ไขมัน โดยแยกตามระดับในการออกกำลังกาย และอายุ

ระดับการ	เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย					
ออกกำลังกาย	17 – 19 ปี	20 – 29 ปี	30 – 39 ปี	40 – 49 ปี	50 – 59 ปี	60 + ปี
เพศชาย						
ประจำ	12.36±3.81	13.20±4.49	19.24±4.16	23.74±6.05	25.59±6.04	23.14±7.72
ครั้งคราว	13.16±4.57	15.27±5.48	20.85±4.92	26.23±5.73	27.53±6.75	25.64±7.10
ไม่เคย	13.47±4.73	15.68±5.60	20.96±6.79	27.85±6.89	28.32±7.97	26.94±8.04
เพศหญิง						
ประจำ	25.71±4.80	27.06±5.18	30.30±5.24	34.94±5.24	36.88±4.66	33.10±6.05
ครั้งคราว	25.65±5.01	26.51±4.61	30.28±5.24	35.55±4.08	37.58±4.53	34.01±6.65
ไม่เคย	26.39±4.01	27.18±4.97	30.94±4.63	35.02±4.83	37.67±6.61	35.97±6.26

ที่มา : การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2539 :38

ความสำคัญของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย การศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย มีความสำคัญอยู่ 3 เหตุผล คือ

1. ด้านสุขภาพ ภาวะที่ร่างกายมีไขมันจำนวนมากเกินปกติ จะมีอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ได้เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง เบาหวาน ฯลฯ ซึ่งโรคเหล่านี้ก็ให้เกิดอันตรายกับชีวิต ในขณะเดียวกันหากร่างกายมีไขมันน้อยเกินไป การทำงาน

ของร่างกายจะทำงานผิดปกติ เช่น การทำงานของระบบประสาท ระบบสืบพันธ์ รอบประจำเดือน เป็นต้น (Heyward & Stolarczyk, 1996 : 2)

2. ความสามารถของนักกีฬา ความเป็นเลิศทางด้านกีฬาในกีฬาบางประเภท เปอร์เซ็นท์ไขมันร่างกาย จะเป็นตัวกำหนดความสามารถของนักกีฬานั้นด้วย โดยจะมีความแตกต่างกันในกีฬาแต่ละประเภท (Pollock & Wilmore, 1990 :193)

3. ความสวยงาม เป็นเรื่องที่มีความสำคัญ ถ้าบุคคลใดมีรูปร่างที่อ้วนเกินไป มักจะมีผลต่อการมองตัวเองในแง่ลบเสมอ ทำให้เกิดภาวะซึมเศร้า ประเมินตนเองต่ำ แยกตัวจากสังคมได้

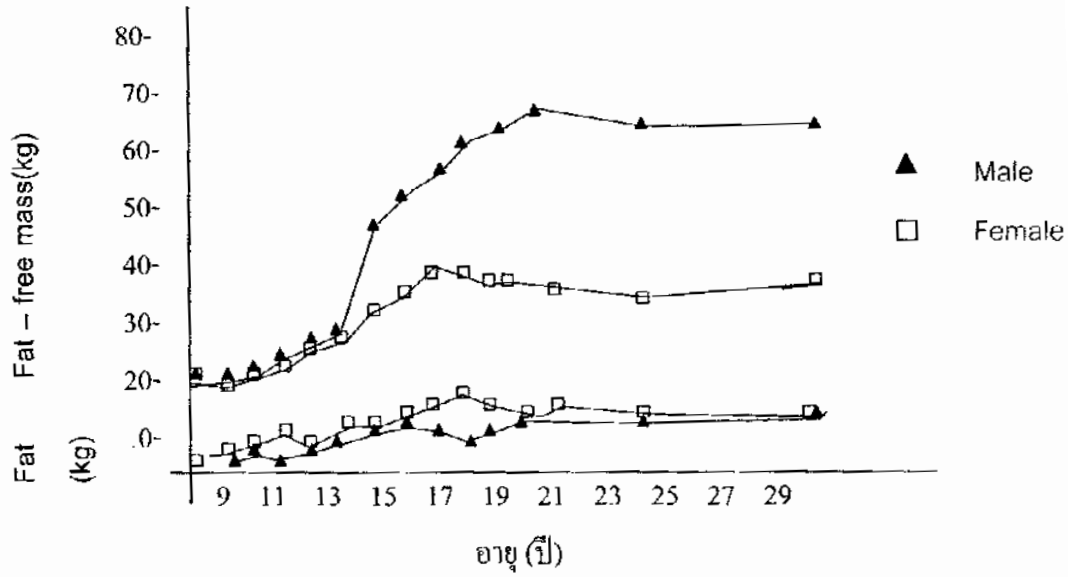
ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ปริมาณไขมันจะสะสมเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก ๆ ดังนี้

- การบริโภค
- การออกกำลังกาย
- พันธุกรรม

มักพบว่าพันธุกรรมจะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมันในร่างกาย ในขณะที่การบริโภคอาหารและการออกกำลังกายสามารถที่จะทำให้เกิดการเพิ่มหรือลดลงของปริมาณไขมัน (กองโภชนาการ, 2538 : 8)

ทารกคนหนึ่ง ๆ เมื่อเกิดมาแล้วจะมีปริมาณไขมันประมาณ 10% ถึง 12% จากน้ำหนักโดยรวมของร่างกายและเมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์ ปริมาณไขมันของผู้ชายจะอยู่ประมาณ 15 % ผู้หญิงจะอยู่ประมาณ 25% ดังภาพประกอบ 11 ซึ่งชี้ให้เห็นถึงปริมาณไขมัน (fat mass) และส่วนที่ปราศจากไขมัน (fat – free mass) ทั้งผู้หญิงและผู้ชาย

ภาพประกอบ 11 ปริมาณไขมัน (fat mass) และส่วนที่ปราศจากไขมัน (fat – free mass) ในผู้หญิง และผู้ชาย ช่วงอายุ 8 – 28 ปี



ที่มา : Forbes, 1972 cited in Wilmore & Costill, 1994 : 408

1. การบริโภค ชาวสหรัฐอเมริกา โดยเฉลี่ยแล้วจะรับประทานอาหารต่อปีหนึ่ง มักประกอบด้วย ไข่ไก่ประมาณ 280 ฟอง ธัญญพืชซึ่งเป็นอาหารเช้า 7 กก. เนื้อ 84 กก. ผลไม้ 91 กก. ผัก 114 กก. ขนมปัง 31 กก. เครื่องดื่มผสมแฮลกอฮอร์ (Soft drinks) 429 ลิตร ไวท์ 8 ลิตร เบียร์ 96 ลิตร สุรา 8 ลิตร นักโภชนาการกล่าวว่าเป็นปริมาณที่ไม่มากนัก แต่อาจกลายเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำหนักเกิน ยกตัวอย่าง เช่นการรับประทาน ถั่วอบวันละ 2 ออนซ์ ก็จะทำให้น้ำหนักเกินถึง 16 กก. ต่อปี (McAardle et al., 1994 :488) ในวัยผู้ใหญ่การรับประทาน ควรจะครบทั้ง 5 หมู่ โดยมีสัดส่วน คาร์โบไฮเดรต : ไขมัน : โปรตีน เป็น 55: 30: 15 ในปริมาณที่เพียงพอกับการใช้แรงงานในแต่ละวัน

2. พันธุกรรม การศึกษาถึงความสัมพันธ์กับความอ้วนในชาวเดนมาร์ค จำนวน 540 คน โดยแสดงความสัมพันธ์ของค่าดัชนีมวลกายระหว่างพ่อ – แม่ที่แท้จริง กับ พ่อ – แม่บุญธรรมที่เลี้ยงดู พบว่าค่าดัชนีมวลกายของกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีมวลกายของพ่อ – แม่ที่แท้จริง และไม่พบความสัมพันธ์ในพ่อ – แม่บุญธรรม ผู้วิจัยสรุปว่าความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลจากองค์ประกอบทางพันธุกรรม(Pollock & Willmore, 1990 :71) ในขณะที่ การ์น (Garn,1987 1cited in Pollock & Willmore, 1990 :71) คิดว่าวิธีการทางสถิติ

ทำให้การประเมินค่าเกินความจริง เพราะที่จริงแล้วปัจจัยทางพันธุกรรมและสังคมมีปฏิกิริยาร่วมกันที่ก่อให้เกิดความอ้วน

3. การออกกำลังกาย รายงานการวิจัยอธิบายถึงการทดสอบของผู้หญิงที่ทำการออกกำลังกายแบบแอโรบิคอยู่เป็นประจำ (ปี) พบว่าผลจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิค เปอร์เซ็นต์ ไขมันในร่างกายลดลง น้ำหนักลดลง มีพัฒนาการในเรื่องของระบบไหลเวียน (Daiet al, 1998 : 91-93) เห็นได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิคนอกจากจะเพิ่มความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิต ยังสามารถลดปัญหาไขมันในร่างกาย (ศูนย์ส่งเสริมสุขภาพ . 2536 : 30 - 31) โดยเฉพาะในหญิงวัยหมดประจำเดือนซึ่งมักพบว่าจะเกิดปัญหาที่ตามมามากมาย เช่น น้ำหนักตัวที่สูงเกินไป กล้ามเนื้อถูกแทนที่ด้วยไขมัน การลดลงของความหนาแน่นของกระดูก และอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกี่ยวกับหัวใจ การออกกำลังกายแบบแอโรบิค (20 – 60 นาที ต่อ 3 – 5วัน ต่อ สัปดาห์) บวกกับการฝึกความแข็งแรง (2 – 3วัน ต่อ สัปดาห์) จะช่วยให้เกิดการพัฒนา สมรรถภาพทางกาย ช่วยในการดูดซึมแคลเซียมและวิตามินดี (ทำให้ลดปัญหาเรื่องความหนาแน่นของกระดูก) และที่สำคัญคือการลดลงของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (Shangold & herman,1998 : 45-50) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในประเทศตรุกี ที่ทำการศึกษาในผู้หญิงอ้วน (อายุเฉลี่ย 25.2 ± 5.2 ปี น้ำหนัก 65.3 ± 8.5 กก. เปอร์เซ็นต์ไขมัน 31.3 ± 2.3%) ที่ทำการฝึกออกกำลังกายด้วยการขี่จักรยานที่ระดับความเข้มข้น 60 – 70% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ควบคู่กับการฝึกความแข็งแรงโดยใช้น้ำหนักและการลดอาหาร ผู้วิจัยพบว่าน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ไขมัน รวมไปถึงอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิต ลดลง (Sacakli, Ozturk, Sacakli, 1997 : 43-45) ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ผู้ที่ทำการออกกำลังกายอยู่เป็นประจำ (ปี) หรือ นักกีฬา มักจะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่าคนทั่วไป (เมื่อเปรียบเทียบกับคนในกลุ่มวัยเดียวกัน) ได้มีการศึกษาถึงเปอร์เซ็นต์ไขมัน และความหนาแน่นของกระดูกในนักกีฬา (นักฮ๊อกกี้ทีมหญิงของสหรัฐอเมริกาที่เข้าร่วมการแข่งขันโอลิมปิก ปี ค.ศ.1996) ผลการวิจัย รายงานว่า นักกีฬาหญิงทีมนี้มีความหนาแน่นของกระดูกสูงกว่านักกีฬาทีมหญิงในกีฬาชนิดอื่นมีปริมาณส่วนที่ปราศจากไขมัน (fat free) อยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายมีอยู่ต่ำมาก ทั้งนี้ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ต่ำไม่มีส่วนสัมพันธ์ที่จะทำให้ความหนาแน่นของกระดูกต่ำไปด้วย (Sparling, Snow, Rosskopf, & Byrnes, 1998 : 325)

ความอ่อนตัว

ความอ่อนตัว หรือ Flexibility เป็นความสามารถในการเคลื่อนที่ได้อย่างเต็มมุมของการเคลื่อนที่ (rang of motion) ความอ่อนตัวถูกนำมาใช้เพื่อการปรับเสมดุลของกลุ่มของกล้ามเนื้อ

ที่ทำงานหนักจนเกินไปในขณะออกกำลังกาย นอกจากนั้นยังแสดงถึงมุมในการเคลื่อนที่ในขณะออกกำลังกายอีกด้วย การฝึกออกกำลังกายควบคู่กับความอ่อนตัวจะสามารถลดการบาดเจ็บจากการออกกำลังกายเนื่องจากความอ่อนตัวหรือการเหยียดยืดนี้จะลดแรงต้านในเนื้อเยื่อ (Ford, 1999)

ในการออกกำลังกายหรือการเล่นกีฬาประจำวัน องค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่งที่ขาดไม่ได้นั้นคือความอ่อนตัว เรานำเอาความอ่อนตัวมาใช้ในการป้องกันการบาดเจ็บทางกีฬา ความอ่อนตัวแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ (1) การเคลื่อนที่โดยใช้ข้อต่อเพียง 1 ข้อต่อ เช่น การเหยียด หรือ งอข้อมือ(2) การเคลื่อนที่โดยใช้ข้อต่อมากกว่า 1 ข้อต่อมากขึ้นไป เช่น การเหยียดของแขนและไหล่ เพื่อที่จะยิงธนู (The Encyclopedia of Sport Medicine, 1988 :213)

ประโยชน์จากการฝึกความอ่อนตัว

1. พัฒนาความสามารถทางกายและลดการเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บทางกีฬา ผลจากการฝึกความอ่อนตัวจะทำให้ความสามารถทางกายพัฒนาขึ้น การศึกษาถึงการฝึกหะฐะโยคะซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่ใช้ความอ่อนตัวเป็นหลัก พบว่าผู้ที่ทำการฝึกเป็นประจำมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลง (อย่างไม่มีนัยสำคัญ) ความอ่อนตัวของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน (นฤพนธ์ วงศ์จตุรภัทร และ จิรกรณ์ ศิริประเสริฐ, 2541: 3) นอกเหนือจากนั้นการฝึกความอ่อนตัวจะช่วยให้เคลื่อนที่ได้อย่างเต็มมุมของการเคลื่อนที่ ลดการใช้พลังงานจากการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น และช่วยในการลดแรงต้านในเนื้อเยื่อซึ่งเป็นที่มาของการเกิดการบาดเจ็บทางกีฬา

2. ลดความระบบของกล้ามเนื้อ จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า การฝึกทำการเหยียดยืด (stretching) ในขณะที่ร่างกายอยู่กับที่ (static stretching) จะช่วยลดปัญหาการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย ด้วยวิธีนี้สามารถที่จะควบคุมกล้ามเนื้อให้เหยียดยืดได้อย่างเต็มที่ และทนอยู่ในสภาพนั้นได้นาน 15 – 30 วินาที โดยที่ไม่เกิดความเจ็บปวด การฝึกนี้จะทำให้เกิดความสมดุลและเป็นการผ่อนคลายกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย

3. เพิ่มเลือดและสารอาหารให้กับเนื้อเยื่อ

4. พัฒนาความสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อมีงานวิจัยเพียงเล็กน้อยที่อ้างถึงประโยชน์จากการเหยียดยืด ที่ก่อให้เกิดความสัมพันธ์ของระบบประสาทของกล้ามเนื้อ โดยรายงานระบุว่าอัตราความเร็วของกระแสประสาทสูงขึ้นเมื่อทำการฝึกเหยียดยืด เป็นการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมในการออกกำลังกาย การฝึกความอ่อนตัว หรือการเหยียดยืด เป็นอีกรูปแบบวิธีหนึ่งที่ใช้ใน

โปรแกรมการออกกำลังกาย นอกจากจะได้ความสนุกสนานจากการเปลี่ยนกิจกรรมแล้ว ยังเป็นการผ่อนคลายกล้ามเนื้อจากการทำงานหนักในขณะออกกำลังกายหรือ เล่นกีฬา (Ford, 1999)

การฝึกการเหยียดยืด เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้ความเข้มข้นของงานต่ำ ทั้งนี้อาจต้องใช้เวลามากเพื่อศึกษา การเปลี่ยนแปลง ผลการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับระบบไหลเวียนและหายใจ ยกตัวอย่างเช่น การฝึกมวยจีน โยคะ ฤาษีดัดตน รวมถึงท่าการบริหารต่าง ๆ ที่มักใช้ใน การเบาเครื่อง (Cool - down) การศึกษาในผู้ป่วยเป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจที่ทำการฝึก ไทเก็ก เป็นเวลา 1 ปี พบว่า ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดสูงขึ้น 11 .9% (จาก 26.2 $\pm$ 4.4 เป็น 28.9 $\pm$ 5.0 มิลลิลิตร / กก.ต่อน้ำหนักตัว / นาที) และยังสามารถลดอัตราต่อการเสี่ยงต่อโรคที่เกี่ยวกับระบบไหลเวียนและหายใจ (Lan, Chen, Lai, & Wong, 1999 : 634-638)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

อภิชาติ รักษากุล (2527 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ของวัยผู้ใหญ่ที่ออกกำลังกายแบบต่างกัน ผลปรากฏว่า สมรรถภาพทางการจับออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะบีบตัว เปอร์เซนต์ไขมันของร่างกาย ความจุปอด ของกลุ่มที่ฝึกออกกำลังกาย 70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 14 สัปดาห์ และกลุ่มที่ฝึกออกกำลังกาย 70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 8 สัปดาห์ แล้วเพิ่มเป็น 80 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 6 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลงดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 แต่สมรรถภาพที่เพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และจากการวัดซ้ำของกลุ่มที่ฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์แล้วหยุด พบว่า เมื่อสิ้นสุดการออกกำลังกาย 8 สัปดาห์สมรรถภาพการจับออกซิเจน ความจุปอด และเปอร์เซนต์ไขมันในร่างกาย มีการพัฒนาดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เช่นเดียวกับอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และเมื่อหยุดออกกำลังกายนานเกิน 4 สัปดาห์ขึ้นไปสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด เปอร์เซนต์ไขมันในร่างกาย ความจุปอดจะเสื่อมลงเมื่อ สิ้นสุดการออกกำลังกาย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และ .05 ตามลำดับ และอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักจะแสื่อมลงเมื่อสิ้นสุดการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อหยุดการออกกำลังกายนาน 6 สัปดาห์

ปิยวรรณ บรรจง (2535 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาถึงผลของการฝึกตามโปรแกรมการออกกำลังกายที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของผู้ติดเชื้อโรคเอดส์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกตามโปรแกรมออกกำลังกายที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของผู้ติดเชื้อโรคเอดส์ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ติดโรคเอดส์ในระยะที่ 1 ชมรมเพื่อนวันพุธ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และคลีนิคนิรนามสภากาชาดไทย ที่อาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 20 คน ก่อนการทดลองได้มีการทดสอบสมรรถภาพทางกาย แล้วนำค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดมาจัดโดยวิธีจับกลุ่ม(Matched group) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 10 คน กลุ่มที่ 1 กลุ่มออกกำลังกายฝึกออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โปรแกรมประกอบด้วย 3 กิจกรรม คือ แอโรบิกดานซ์ เดิน-วิ่ง และขี่จักรยานอยู่กับที่ ใช้ความหนักของการออกกำลังกาย 70 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดของแต่ละบุคคล ใช้เวลาในการฝึก 10 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ๆ ละ 30 นาที กลุ่มที่ 2 กลุ่มไม่ออกกำลังกาย ปฏิบัติกิจกรรมประจำวันตามปกติ หลังการทดลองทำการทดสอบสมรรถภาพทางกาย แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและเปรียบเทียบผลด้วยค่าการทดสอบที (t - test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ผลการวิจัยพบว่า

1. กลุ่มออกกำลังกายมีค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หลังการทดลองเพิ่มขึ้น แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. กลุ่มไม่ออกกำลังกายมีค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หลังการทดลองไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. การเปรียบเทียบค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หลังการทดลองของสองกลุ่ม กลุ่มออกกำลังกายและกลุ่มไม่ออกกำลังกาย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สกูล ลอยล่อง (2537 : บทคัดย่อ) ได้ทำการเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายโดยวิธีเก้าจตุรัสกับการขี่จักรยานอยู่กับที่ ที่มีต่อสมรรถภาพในผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างเป็นข้าราชการในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพศชายอายุ 55 – 60 ปี จำนวน 16 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่มกลุ่มละ 8 คน กลุ่มที่หนึ่ง ออกกำลังกายโดยวิธีเก้าจตุรัส กลุ่มที่สอง ออกกำลังกายโดยวิธีขี่จักรยานอยู่กับที่ ทั้งสองใช้ความหนักของงานที่ 70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ๆ ละ 15 นาที โดยวัดสมรรถภาพทางด้านการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย อัตราชีพจรขณะพัก และความดันโลหิต วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS/PC+) ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายโดยวิธี เก้าจตุรัสกับการขี่จักรยานอยู่กับที่ มีผลทำให้สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัตราการเต้นหัวใจขณะพักและความดันโลหิตของร่างกายลดลง แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายของทั้งสองกลุ่มเมื่อสิ้นสุดการออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ ปรากฏว่าให้ผลดีต่อสมรรถภาพไปในทางเดียวกัน โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกรายการ

นภดล หักกะยานนท์ (2539 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้ สควอทธรัสท 3 นาที กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนิสิตชาย อายุ 18 – 23 ปี ที่สมัครใจเข้าทำการทดสอบจำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบออสตรานด์และไรห์มิ่ง แบบทดสอบ วิ่ง – เดิน 12 นาที ของคูเปอร์ และแบบทดสอบสควอทธรัสท 3 นาที เมื่อทดสอบแล้วนำผลที่ได้ จากการทดสอบจากการทดสอบทั้ง 3 แบบ หาค่าสัมประสิทธิ์และสร้างสมการพยากรณ์ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อทำการทดสอบแบบทดสอบสควอทธรัสท 3 นาที แล้วสมารถพยากรณ์ปริมาณและออกซิเจน ของแบบทดสอบออสตรานด์ได้ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบสควอทธรัสทกับแบบทดสอบออสตรานด์และไรห์มิ่ง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.67 สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แบบทดสอบสควอทธรัสท 3 นาที กับแบบทดสอบ วิ่ง – เดิน 12 นาที ของคูเปอร์ มีค่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.63 สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 จึงอาจสรุปได้ว่า แบบทดสอบสควอทธรัสท 3 นาที สามารถนำมาใช้ทดแทนแบบที่ใช้วัดความสามรถในการจับออกซิเจนสูงสุด ที่สร้างขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับการทดสอบของออสตรานด์ และไรห์มิ่ง และ วิ่ง – เดิน 12 นาที ของคูเปอร์อีกทั้งประหยัดเวลา และทรัพยากร ต่างมากกว่า ๆ

โอพาร รัตนบุรี (2541 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการออกกำลังกาย ว่ายน้ำ วิ่ง และปั่นจักรยานอยู่กับที่ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรภาพของนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายว่ายน้ำ วิ่ง และปั่นจักรยานอยู่กับที่ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรภาพของนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาหญิงที่มีสุขภาพ ร่างกายสมบูรณ์และไม่เป็นนักกีฬา จำนวน 72 คน โดยใช้ระยะเวลาในการฝึก 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การฝึกว่ายน้ำ วิ่ง และปั่นจักรยานอยู่กับที่ ทำให้อัตราการชีพจรขณะพักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความดันโลหิตขณะพักซีสโทลิคของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนความดันโลหิตไดแอสโทลิคของกุลุ่มว่ายน้ำและกลุ่มปั่นจักรยานอยู่กับที่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ผลของการออกกำลังกายทั้ง 3 ประเภทยังทำให้สมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นอีกด้วยเมื่อ

เปรียบเทียบสรีรภาพของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มว่ายน้ำ กลุ่มวิ่ง และกลุ่มปั่นจักรยานอยู่กับที่ หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของอัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก สมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุด

ถาวรินทร รักษ์บำรุง (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง "ผลการฝึกออกกำลังกายด้วยความเข้มข้น ระยะเวลา และความบ่อยที่แตกต่างกันต่อสมรรถภาพทางกาย" การวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างคือ อาสาสมัครนักศึกษาชายของวิทยาลัยเกษตร และเทคโนโลยี จ.ชลบุรี จำนวน 50 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 5 กลุ่ม ทำการทดสอบสรรถภาพทางกายก่อนการฝึกออกกำลังกายในด้าน RHR, VO_2 max, %Fat, ความอ่อนตัว, ความแข็งแรงของแขน-ขา และแรงระเบิดขา โดยใช้การทดสอบความเร็วบนทางวิ่งกลโดยใช้ความเข้มข้นของงานจากการวัดชีพจรเป็นตัวกำหนด แล้วทำการฝึกวิ่งเป็นเวลา 8 สัปดาห์ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – way ANOVA) และความแปรปรวนร่วม (One – way ANCOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม และเปรียบเทียบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยภายในกลุ่มโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า RHR, VO_2 max, %Fat ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่ม มีการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติพบว่า วิธีการฝึกของกลุ่ม 5 ทำให้ความแข็งแรงของขาและแรงระเบิดของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่พบในกลุ่ม 1 – 4 สำหรับวิธีการฝึกของกลุ่ม 3 นั้นเป็นวิธีการฝึกเพียงกลุ่มเดียวที่ทำให้เกิดพัฒนาการความแข็งแรงของแขนที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่า วิธีฝึกออกกำลังกายของทุกกลุ่มทำให้ความอ่อนตัวลดลงยกเว้นกลุ่ม 3 (70 % MHR 20 นาที 3 วัน) จึงเป็นวิธีที่ทำให้เกิดพัฒนาสมรรถภาพทางกายดีกว่ากลุ่มอื่น และอาจจะนำเอาแนวทางของการฝึกกลุ่มนี้มาใช้ในการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกาย อย่างไรก็ตามผู้ที่ต้องการจะพัฒนาสมรรถภาพทางกายในด้านความแข็งแรงขาและแรงระเบิดอาจจะเลือกใช้วิธีการฝึกของกลุ่ม 5 ซึ่งจะได้ผลดีกว่ากลุ่มอื่น ควบคู่ไปกับการฝึกเหยียดยืดกล้ามเนื้อ เพื่อเป็นการเพิ่มสมรรถภาพทางด้านความอ่อนตัว

2. งานวิจัยในต่างประเทศ

บัคโคลาร์และสโตน (Buccolar and Stone, 1975 : 134-139, อ้างถึงในโอพาร รัตนบุรี, 2541 : 27) ได้ศึกษาเรื่อง "ผลของโปรแกรมการวิ่งเหยาะ และถีบจักรยานที่มีต่อสรีรภาพ และบุคลิกภาพของคนสูงอายุ" โดยศึกษาจากชาย 36 คน อายุระหว่าง 60 – 89 ปี โปรแกรมเดินและวิ่งเหยาะ (16 คน) ถีบจักรยาน (20 คน) ทั้งสองกลุ่มฝึก 14 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ๆ ละ 20 – 50 นาที ผู้เข้าร่วมการทดลอง ทำการทดสอบก่อนและหลังการฝึกด้วยแบบวัดทางด้านบุคลิกภาพ

16 ลักษณะ ของแคทเทล (Cattell) รวมทั้งการวัดด้วยจักรยานของออสตรานด์ ผลการศึกษาพบว่า ค่าทำนายความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ความดันโลหิต และน้ำหนักตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทั้งสองกลุ่ม ส่วนเปอร์เซนต์ไขมันในร่างกาย ลดลงเฉพาะกลุ่มถีบจักรยาน หลังการฝึกโปรแกรม 14 สัปดาห์ ผู้ที่ถีบจักรยานไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านองค์ประกอบของบุคลิกภาพ กลุ่มเดิน และกลุ่มวิ่งเหยาะมีการส่ายตัวลดลง และมีการควบคุมการวิ่งมากขึ้น เปรียบเทียบทั้งสองกลุ่มหลังการฝึก 14 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่า กลุ่มถีบจักรยานมีจิตใจสู้และมีการโยกตัวมากกว่ากลุ่มวิ่งเหยาะ สรีรภาพทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันซึ่งแสดงให้เห็นว่า การฝึกทั้งสองแบบให้ผลเหมือนกัน

ซวิเรน และคณะ (Zwiren and others, 1991 : 489 - 502) ได้ทำการศึกษาเรื่อง "ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด" โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการทดสอบด้วยการออกกำลังกาย 5 ประเภท กลุ่มตัวอย่างใช้ในการวิจัยคือ สตรีที่มีสุขภาพดี จำนวน 38 คน ทำการวัดการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้จักรยานวัดงานและทางเลื่อนกลเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการทดสอบการออกกำลังกาย 5 ประเภท วิ่ง เดิน ก้าวขึ้นลง และการทดสอบอีกสองประเภทที่ใช้อัตราการเต้นของหัวใจบนจักรยาน เพื่อใช้การคาดคะเนปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบด้วยการเดินและวิ่งสามารถใช้เป็นตัวคาดคะเนปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ได้อย่างเป็นที่พอใจในสตรีอายุ 30 – 39 ปี

บัตส์ เฮนรี่ และแม็คลีน (Butts Henry and Mclean, 1991 : 324 - 331) ได้ศึกษาเรื่อง "ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาที่ใช้ในนักกีฬาไตรแอทลีท" กลุ่มตัวอย่างคือ นักกีฬาไตรแอทลีท จำนวน 23 คน ชาย 16 คน หญิง 7 คน(X=21.7 ปี) ทำการทดลองดังนี้ ว่ายน้ำแบบผูกเชือก (TS) ปั่นจักรยานเออร์โกมิเตอร์ (CE) และวิ่งบนทางเลื่อนกล (TR) ก่อนที่จะเข้าร่วมการแข่งขันกีฬาไตรเอเทลอน (ว่ายน้ำ 0.91 กิโลเมตร ปั่นจักรยาน 40 กิโลเมตร และวิ่ง 10 กิโลเมตร) ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด สำหรับ ที.เอส.,ซี.อี.และที.อาร์. คล้ายคลึงกับค่าที่ได้จากนักกีฬาที่ฝึกฝนมาสำหรับนักกีฬาแต่ละประเภท เมื่อพิจารณาดูทั้งกลุ่ม ระยะเวลาการปั่นจักรยาน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งกับค่าสัมบูรณ์ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($p < 0.01$) และกับค่าเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการปั่นจักรยาน ($p< 0.001$) โดยค่า r – -0.57 และ –0.78 ตามลำดับ ระยะเวลาในการวิ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญกับค่าค่าเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการวิ่ง ($p< 0.05$) และระยะเวลาที่ใช้ในการว่ายน้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าสัมบูรณ์การใช้ออกซิเจนสูงสุด จากการว่ายน้ำ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($p< 0.05$) ยกเว้นค่าสัมบูรณ์การใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการว่ายน้ำ แล้ว

ระยะเวลาที่ใช้โดยรวมจะมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดทั้งหมด ทั้งที่เป็นค่าสัมบูรณ์และค่าเปรียบเทียบ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า พลังงานแอโรบิคในบุคคลที่ได้รับการฝึกในขนาดกลางมีบทบาทสำคัญในการกำหนดความสารมาถ ในกีฬาที่ต้องใช้ความอดทน เช่น ไตรแอทลอน

เจนคิน และ ไคว์เกร์ย (Jankin & Quigley, 1992 : 165 - 184) ทำการศึกษาเรื่อง "การฝึกความอดทนที่เกี่ยวกับระบบการทำงานของหัวใจ จากการออกกำลังกาย" กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้หญิงที่ทำการฝึกความอดทนจำนวน 23 คน ในผู้ที่ทำการฝึกความอดทนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ด้วยการขี่จักรยานวัดงาน สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ30 – 40 นาที ผลการศึกษาระบุว่า ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น 8.5 % แต่การศึกษา ส่วนหนึ่งได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของความสามารถสูงสุดในผู้หญิงที่ทำการฝึกความอดทน (endurance trained) จำนวน 23 คน (อายุ 20 – 29 ปี 6 คน, อายุ40 – 45 ปี 6คน,อายุ 49 54 ปี 6 คน, และ อายุ 58 – 63 ปี 5 คน) ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดจะลดลงตามอายุโดยปีหนึ่ง ๆ จะลดลงประมาณ 0.51 มิลลิลิตร / กก./ น้ำหนักตัว / นาที ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ, ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในครั้งหนึ่ง ๆ (stroke volume) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (ลิตร / นาที)(cardiac output) อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยได้กล่าวสรุปในตอนท้ายว่า สิ่งสำคัญที่สุดคือประโยชน์ที่ได้จากการฝึกออกกำลังกายซึ่งจะทำให้การเสื่อมถอยนั้นช้าลง

แกรนท์ และคณะ (Grant and others, 1995 : 510 -512) ได้ศึกษาเรื่อง "การเปรียบเทียบวิธีการคาดคะเนปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด" โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง คือชายหนุ่มที่มีสุขภาพดี จำนวน 22 คน โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองวิ่ง – เดินแบบคูเปอร์ จากการทดลองวิ่งไป – กลับ หลายระดับ และจากการทดลองปั่นจักรยานที่ระดับเกือบสูงสุด กับการวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยตรง โดยใช้ทางเลื่อนกล วิธีการคาดคะเนปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด 3 วิธี กล่าวคือ การประเมินแบบเส้นตรงจากอัตราการเต้นของหัวใจ ของปริมาณออกซิเจนที่เก็บได้จากการปั่นจักรยานเออร์โกมิเตอร์ที่ระดับเกือบสูงสุด (Predicted submaximal loads ergometer : predicied L/E) การทดสอบให้วิ่ง – เดิน 12 นาที แบบคูเปอร์ และการทดสอบวิ่งไป – กลับ หลายระดับแบบก้าวหน้า (Multistage Progressive Shuttle Run test : MST) ผู้ทดสอบทั้งหมดเป็นผู้ออกกำลังกายเป็นประจำค่าเฉลี่ย (S.D.) จากการทดสอบประเภทต่าง ๆ คำนวณได้ดังนี้ ทางเลื่อนกล 60.1 (8.0) คูเปอร์ 60.6 (10.3) การวิ่งไป – กลับหลายระดับ 55.6 (8.0) และการปั่นจักรยานเออร์โกมิเตอร์ 52.0 (8.4) ml/kg.min การทดสอบคูเปอร์มีสหสัมพันธ์กับการทดสอบทางเลื่อนกลที่ระดับ 0.92 ขณะที่การวิ่งไป – กลับหลายระดับ และการปั่นจักรยานเออร์โกมิเตอร์มีสหสัมพันธ์ที่ระดับ .086 และ 0.76 ตามลำดับ

ทั้งการวิ่งไป – กลับหลายระดับ และการปั่นจักรยานเออร์โกมิเตอร์ แสดงให้เห็นถึงการคาดคะเนที่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็นที่วัดจากการเลื่อนกล 4.5 ml/kg.min (S.E.0.9) ขณะที่ปั่นจักรยานเออร์โกมิเตอร์ มีค่าต่ำกว่าประมาณ 7.8 ml/kg.min (S.E.1.4)

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า สำหรับจำนวนประชากรที่เป็นชายหนุ่มสุขภาพดีการทดสอบวิ่ง – เดิน ของคูเปอร์ เป็นวิธีการประเมินปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ที่ดีที่สุดในการทดสอบทั้ง 3 แบบ

โอลสัน และคณะ (Olson and others, 1995 : 1484 1485 A) ได้ศึกษาเรื่อง "ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในผู้หญิง โดยการใช้การเต้นแอโรบิค อัตราการเต้นของหัวใจ ดัชนีมวลกายและอายุการออกแบบการทดสอบ ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้หญิง 100 คน โดยมีอายุระหว่าง 18 ถึง 40 ปี ทั้งนี้เพื่อให้การทดสอบมีเหตุผล ผู้ทดสอบจะทำการทดสอบทางเลื่อนกลเพื่อกำหนดดูปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ที่ตอบสนองต่อการเต้นแอโรบิค หนึ่งช่วง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อการออกกำลังกายบนทางเลื่อนกลและการทดสอบเต้นแอโรบิค ซึ่งมีความต่อเนื่องกับตัวแปรลักษณะทางกายภาพ (เช่น อายุ , BMI)จะถูกนำมาใช้เพื่อความมีเหตุผลของโมเดลสมการพยากรณ์หลายชั้น (Multiple regression model)ความเชื่อถือถูกกำหนดโดยสหสัมพันธ์และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ (paired t - test) จากการทดสอบเต้นแอโรบิค ตามปกติและการทดสอบซ้ำ ใช้การสร้างพยากรณ์หลายชั้นโดยวิธีการวิเคราะห์อย่างก้าวหน้า และหาค่าความมีเหตุผลของสมการพยากรณ์เพื่อให้แน่ใจว่าความมีเหตุผลและเชื่อถือได้ของขั้นตอนที่สามารถประเมินการใช้ออกซิเจนสูงสุด ได้อย่างถูกต้อง ผลการทดสอบความเชื่อถือของการทดสอบและการทดสอบซ้ำสำหรับการออกกำลังกายการเต้นแอโรบิคตามปกติ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจสำหรับการทดสอบและการทดสอบซ้ำให้ผลออกมาเป็นสมการที่มีตัวแปร 3 ตัว สำหรับการประเมินการใช้ออกซิเจนสูงสุดตัวแปรสามอันดับ คือ การตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจต่อการเต้นแอโรบิคเป็นเวลา 4 นาที (HR4) ดัชนีมวลร่างกาย (BMI) และอายุ (ปี) ผลการศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าทดสอบเต้นแอโรบิคเป็นเวลา 4 นาที ในระดับเกือบสูงสุดเป็นขั้นตอนที่มีคุณค่าและมีความน่าเชื่อถือในการประเมินปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด และให้ผลในการทำดัชนีวัดความฟิตแอโรบิคในผู้หญิงอายุ 18 – 40 ปี ที่มีสุขภาพดีอย่างเห็นชัด

จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การออกกำลังกายจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายได้นั้น จะต้องขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้น ระยะเวลา และ

ความถี่ของ การออกกำลังกาย จากทฤษฎีที่หลากหลาย และรูปแบบการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน จึงทำให้ ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาว่า การออกกำลังกายที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาของการออกกกำลังกายที่ระดับแตกต่างกัน ระดับไหนที่จะเหมาะสมและส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายดีที่สุด