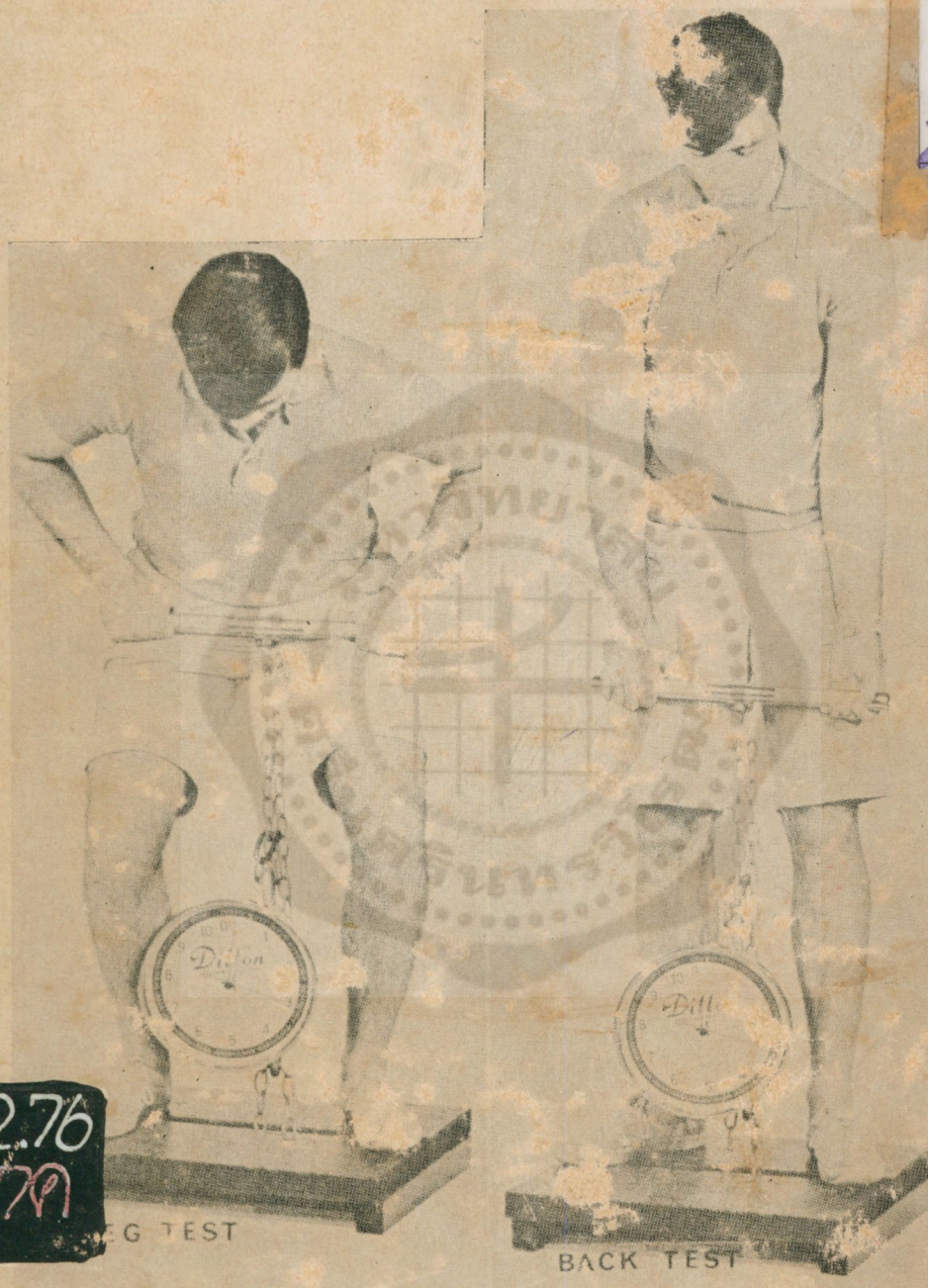


คู่มือปฏิบัติการทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย

5



612.76
จ 7ก

จรรยาพร ธรณินทร์
(PH.D. IN EXERCISE PHYSIOLOGY)

2519

612.76
ส 174

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 22 พระโขนง กรุงเทพมหานคร โทร. 3921576, 3918089

คู่มือปฏิบัติการทางสรีรวิทยา ของการออกกำลังกาย

โดย

จรรยาพร ธรรมินทร์

(PH.D. IN EXERCISE PHYSIOLOGY)

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา

2 5 1 9

68505

113
ค.ศ. 2521

คู่มือปฏิบัติการทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย

พิมพ์ครั้งที่ 1 : ก.ย. 2519

สงวนลิขสิทธิ์

ราคา 20 บาท

หนังสือเล่มนี้พิมพ์ที่

สารศึกษาการพิมพ์ โทร. ๔๒๔๑๓๑๑ เลขที่ ๕๘๘/๑๐๐

ถนนจรัลสนิทวงศ์ กท. ๗ นายสุราษฎร์ ทองมาก ผู้พิมพ์โฆษณา ๒๕๑๕

คำนำ

คู่มือปฏิบัติการทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย เป็นเรื่องที่ได้รับการสนับสนุนอย่างกว้างขวาง ในการศึกษาสรีรวิทยาของการออกกำลังกายทั้งในระดับปริญาตรี โท และเอกของนานาประเทศ ในวงการพลศึกษาของประเทศไทยก็ได้มีการวิจัยค้นคว้าทดลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ศูนย์วิทยาศาสตร์กีฬาแห่งประเทศไทย แต่การทดลองวิจัยในระดับนิสิต นักศึกษา ตลอดจนอาจารย์ทางพลศึกษาโดยทั่วไป ยังขาดแคลนแหล่งค้นคว้าและตำรา ผู้เขียนได้พยายามรวบรวมและเรียบเรียง และนำมาจากประสบการณ์ในขณะศึกษาอยู่ที่ The Florida State University ที่ Tallahassee, Florida สหรัฐอเมริกา ผู้เขียนยังระลึกถึง Dr. Ronald J. Byrd ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและประสิทธิ์ประสาทวิชาในทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย ผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างลึกซึ้ง

คณะบุคคลที่ผู้เขียนต้องนำมากล่าวในที่นี้ซึ่งให้ความช่วยเหลือรวบรวมเนื้อหาและเป็นการกำลังใจในการพิมพ์หนังสือเล่มนี้ออกมาเป็นรูปเล่ม คือ นิสิตปริญาตรีปีที่ 4 และปริญาโทของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา ปีการศึกษา 2519 ผู้เขียนซาบซึ้งในความร่วมมืออย่างยิ่ง

คู่มือปฏิบัติการทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายนี้ เขียนขึ้นเพื่อนิสิตพลศึกษาในระดับปริญาตรีและปริญาโท รวมทั้งอาจารย์ผู้สอน เครื่องมือ อุปกรณ์บางชิ้นอาจยุ่งยากซับซ้อน หากผู้ใช้จะพยายามคัดแปลง สร้างสรรค์ ผลิตอุปกรณ์ง่าย ๆ ขึ้นเอง ย่อมแสดงถึงความเป็นบัณฑิต ความปราดเปรื่องทางสติปัญญา และบรรลุถึงเป้าหมายของหนังสือเล่มนี้

จรรยาพร ธรณินทร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา

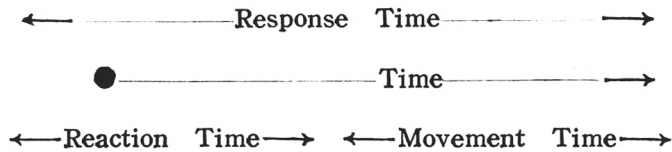
3 กันยายน 2519

สารบัญ

		หน้า
ปฏิบัติการที่	1. เวลาที่แสดงปฏิกิริยาตอบสนอง	1
	2. ความแข็งแรงและความอดทน	3
	3. การวัดการใช้พลังงาน	5
	4. การทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด	8
	5. การวัดการทำงานของระบบหายใจ	10
	6. ส่วนประกอบของร่างกายและสมรรถภาพ	13
	7. ทดสอบสมรรถภาพแบบเคียวรีตัน	16
	8. การวัดฮีมาโตคริต	18
	9. การวัดฮีโมโกลบิน	20
	10. การวัดส่วนประกอบของร่างกาย	24
	11. การทดสอบ PWC ₁₇₀	29
	12. การทดสอบ Astrand – Rhyming	31
	13. Master two step test	35
	14. Bruce Test	37
	15. วัดความสามารถของปอด	39
	16. การคำนวณหาพลังงานและความสามารถในการหายใจ	42
	17. วิธีวัดผลของการฝึกฝนกีฬา	44
	18. ผลของการออกกำลังกายเป็นจังหวะต่อระบบหลอดเลือด	48
	19. ผลของการเปลี่ยนทรงท่าและการออกกำลังกายแบบไอโซเมตริก ต่อการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต และความดันชีพจร	55
	20. การทดสอบและประเมินสรีรภาพด้วยตนเอง	60
หนังสืออ้างอิง		70
อภิธานศัพท์		71

ปฏิบัติการที่ 1

เวลาที่แสดงปฏิกิริยาตอบสนอง



ไคอะแกรมข้างบนนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Reaction time (เวลาที่แสดงปฏิกิริยา), movement time (เวลาที่เคลื่อนไหว), และ Response time (เวลาที่ตอบสนอง) การวัด Reaction time และ Movement time ต้องใช้อุปกรณ์ยุ่งยาก ส่วนการวัด Response time นั้นสามารถวัดได้ง่าย อุปกรณ์ที่ใช้ก็มีเพียงไม้บรรทัดเท่านั้น

ทำไมเราจึงมีการวัด Response time ในขณะแข่งขันกีฬา จะเห็นได้ว่าเพียงเสี้ยววินาที สามารถตัดสินกีฬาว่าแพ้ หรือชนะ เช่น ในขณะเล่นแบดมินตัน ท่านอาจต้องตัดสินใจ หมุนตัว หรือหยุดลูก ซึ่งคู่ต่อสู้ตีมาให้ หรือเมื่อได้ยินเสียงปืนออกวิ่งเร็ว 100 เมตร

วัตถุประสงค์การทดลอง Response time ขึ้นอยู่กับสิ่งประกอบหลายอย่าง จุดประสงค์ของการทดลองนี้ เพื่อศึกษาผลของความแตกต่างทางเพศ การฝึกหัดและความล้าที่มีต่อ Response time

การทดลอง

ให้ผู้เรียนจับคู่ คนหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม (Control group) อีกคนหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง (Experimental group)

วัฏจักรแรก

ผู้เรียนทุกคนจะผ่านการทดสอบดังต่อไปนี้ เริ่มด้วย กลุ่มควบคุม พักมือข้างถนัดบนโต๊ะ โดยใช้นิ้วมืออยู่เลยขอบโต๊ะ กระยะให้นิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มืออยู่ห่างกัน 1 นิ้ว คู่ทดลองถือไม้บรรทัดตามแนวตงคะเนให้ไม้บรรทัดอยู่ระหว่างนิ้วมือทั้งสองของคู่ ให้คู่ทดลองพูดว่า “พร้อมแล้ว” รอ 2 วินาที ปล่อยไม้บรรทัดลง คู่ทดสอบจับไม้บรรทัดให้เร็วที่สุด โดยขยับได้

เฉพาะนิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือในแนวนอนเท่านั้น วัฏระยะที่ไม่บรรทัดตกลงไปเป็นเซนติเมตร ให้
ทดลอง 3 ครั้ง และวัดเอาจริง 10 ครั้ง แล้วหารระยะทางเฉลี่ยไปคำนวณหาเวลา โดยใช้
สูตรต่อไปนี้

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

t = เวลา

s = ระยะทาง

g = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูด (980 ซม./วินาที/วินาที)

กลุ่มควบคุม (Control group) เป็นฝ่ายถูกทดสอบบ้างโดยใช้หลักการเช่นเดียวกับ
กลุ่มทดลองข้างต้นโดยไม่มีการฝึกหัดใดๆ ทั้งสิ้น

วัฏครั้งที่ 2

กลุ่มทดลอง บีบเครื่องอัดแรงบีบของมือ (Hand dynamometer) สุดแรงและ
เกร็งไว้เป็นเวลา 2 นาที แล้วทดสอบเช่นครั้งแรก เป็นการควบคุม Factors ทุกตัวนอกจาก
ความเมื่อยล้า

ผลการทดสอบ

Response Time

ทดสอบครั้งแรก

ทดสอบครั้งหลัง

ทดสอบครั้งแรก

กลุ่มควบคุม _____

ชาย _____

กลุ่มทดลอง _____

หญิง _____

คะแนนของตัวเอง _____

สรุปและวิจารณ์

สรุปความสำคัญของ เพศ การฝึกหัด ความเมื่อยล้า ที่มีต่อ Response time ถ้า
คะแนนของท่านไม่เป็นไปตามที่คาดไว้ อธิบายเหตุผล และยกตัวอย่างที่ท่านสังเกตในการกีฬา
ประกอบการอธิบาย เพศ การฝึกหัด และ ความเมื่อยล้า

ปฏิบัติการที่ 2

ความแข็งแรงและความอดทน

ความแข็งแรงและความอดทน ช่วยให้นักกีฬาประสบความสำเร็จในการแข่งขันและในชีวิตประจำวัน ความแข็งแรงอาจพิจารณาได้ 2 แนว

- 1) ท่านแข็งแรงแค่ไหนเมื่อเปรียบเทียบกับคนอื่น (Absolute Strength)
- 2) ท่านแข็งแรงแค่ไหนเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดร่างกายของตัวเอง (Relative Strength) หรือเมื่อเปรียบเทียบกับคนอื่นที่มีขนาดร่างกายเท่ากัน

ความทนทานเป็นเรื่องเข้าใจได้มากกว่าความแข็งแรง เพราะมีส่วนประกอบหลายอย่างเกี่ยวข้อง เช่น จำนวนโลหิตที่ส่งมาเลี้ยงกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง จำนวนสารสำรองที่ใช้ในการสร้างพลังงาน ความทนทานนั้นสามารถพิจารณาได้ทั้ง Absolute และ Relative เป็นต้นว่า ท่านทำงานได้นานเท่าไร เมื่อกำหนดความหนักเบาของงานแน่นอน (Absolute) หรือท่านสามารถทำงานได้นานเท่าไร เมื่อเปรียบเทียบกับความแข็งแรงที่สุด (maximum strength) ของตัวท่านเอง (relative) หรือท่านสามารถแบกถุงบาสดึงบอลได้นานเท่าไรเมื่อท่านใช้แรงเพียงครึ่งหนึ่งของความสามารถ

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้

1. เพื่อตัดสินอิทธิพลของความแตกต่างระหว่างเพศ ที่มีต่อการกวดักโดยใช้แรงมากที่สุด (maximum grip strength) วัดโดยเปรียบเทียบกับเพื่อน และเทียบจากน้ำหนักตัวเอง
2. เพื่อตัดสินอิทธิพลของความแข็งแรง และ เพศที่มีต่อการกวดักให้นานที่สุด (Grip endurance) เมื่อเปรียบกับความแข็งแรงของตัวเองและของผู้อื่น

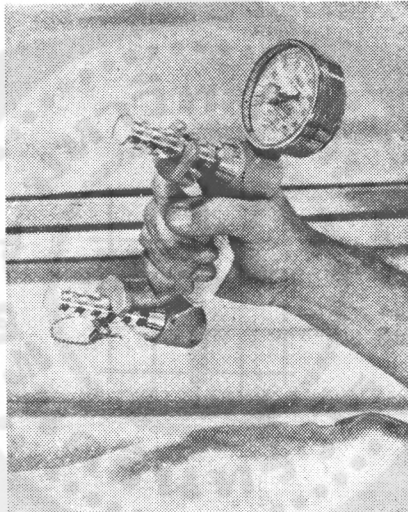
การทดลอง

1. ให้ผู้เรียนแต่ละคนวัดความสามารถในการใช้มือบีบ Hand dynamometer (ดูรูป 2.1) เริ่มด้วยการยืนตรง แขนเหยียดลงโดยไม่ถูกลำตัว บีบเครื่องมือให้แรงที่สุด ทำ 2

ครึ่ง แล้วหาค่าเฉลี่ย บันทึกน้ำหนักที่บีบเอาไว้ และน้ำหนักที่บีบต่อหน่วยน้ำหนักร่างกาย (หน่วยเป็นกิโลกรัม) (ดูตาราง 2.1)

2. วัดความทนทานแบบวัดเป็นค่าแท้ (Absolute) ครึ่งหนึ่งของผู้รับการทดลอง ชายและหญิง ออกแรงกด Hand dynamometer โดยใช้แรงเพียง 30 กิโลกรัม ให้นานที่สุดเท่าที่จะสามารถ ทันทึที่เข็มชี้ต่ำกว่า 30 กิโลกรัม ให้บันทึกเวลาเอาไว้

3. วัดความทนทานแบบวัดเปรียบเทียบ (Relative) ที่เหลือของกลุ่มให้กดเครื่องมือ โดยออกแรงเพียงครึ่งหนึ่งวางความสามารถ (ได้จากข้อ 1) เมื่อเข็มชี้ต่ำกว่าจุดนั้น ให้บันทึกเวลา



รูป 2.1 เครื่องวัดแรงบีบของมือ Hand grip Dynamometer

ผลการทดลอง

แรงกดเต็มที่ (ก.ก.) ชาย _____ หญิง _____	น้ำหนัก (ก.ก.) ชาย _____ หญิง _____
(ก.ก./ก.ก. นน. ร่างกาย) ชาย _____ หญิง _____	
ความทนทาน วัดค่าแท้ (Absolute) ชาย _____	แรงกดเต็มที่เกิน 50 ก.ก. _____
	แรงกดเต็มที่ต่ำกว่า 40 ก.ก. _____
หญิง _____	แรงกดเต็มที่เกิน 50 ก.ก. _____
	แรงกดเต็มที่ต่ำกว่า 40 ก.ก. _____

สรุปและวิจารณ์

ให้สรุปผลการทดลองโดยอภิปรายสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดสอบ^๕ เช่น
ท่านพบว่า อะไรเกิดขึ้น เมื่อขนาดต่างกัน เพศต่างกัน

ตาราง 2.1 เกณฑ์เปรียบเทียบพลังบีบมือ			(กิโลกรัม/น้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัม)		
ชาย	0.9 ขึ้นไป	ดีมาก	หญิง	0.7 ขึ้นไป	ดีมาก
	0.8 – 0.9	ดี		0.6 – 0.7	ดี
	0.7 – 0.8	พอใช้		0.5 – 0.6	พอใช้
	0.6 – 0.7	ค่อนข้างต่ำ		0.4 – 0.5	ค่อนข้างต่ำ
	ต่ำกว่า 0.6	ต่ำ		ต่ำกว่า 0.4	ต่ำ

ปฏิบัติการที่ 3

การวัด Metabolism (การใช้พลังงาน)

อัตราการใช้พลังงานเริ่มต้น ตั้งแต่ขั้นหลักประมาณ 250 มิลลิลิตร ต่อนาที จนถึงเกินกว่า 5,000 มิลลิลิตร/นาที ในนักกีฬาที่สมบูรณ์ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนจำนวนมาก^{๕๕}ขึ้นโดยตรงกับองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพร่างกาย ได้แก่ ขนาดร่างกาย ความแข็งแรง ปริมาตรโลหิต ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงและสารเหล็ก ซีโมโกลบิน ขนาดของเส้นเลือดในกล้ามเนื้อหัวใจ และกล้ามเนื้อโครงร่าง ความสามารถของปอด จำนวนไมโทคอนเดรีย ฯลฯ จากความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านี้ จึงถือว่าความสามารถที่ใช้ออกซิเจนให้ได้มากที่สุด เป็นตัวประกอบที่ดีที่สุดอย่างหนึ่ง โดยการวัดสมรรถภาพร่างกาย

จำนวนออกซิเจนที่ใช้ (maximum oxygen consumption เรียกว่า Max VO₂) มีหน่วยวัดได้ 2 แบบ คือ แบบวัดค่าแท้จริง (Absolute) (ลิตร/นาที หรือ มิลลิลิตร/นาที) หรือแบบเปรียบเทียบ (Relative) โดยเทียบขนาดร่างกาย (มิลลิลิตร/นาที/น. ร่างกาย) แบบแรกใช้ได้เมื่อต้องการศึกษาสมรรถภาพในการทำงานหนัก แบบหลัง เกี่ยวโยงกับสมรรถภาพ

ของระบบหัวใจและหลอดเลือด (คุปเปอร์ได้จำแนกสภาพสมรรถภาพสำหรับคนอายุต่ำกว่า 30 ปี หน่วย Max VO_2 เป็น มิลลิลิตร/นาทีก/ก.ก. 51.6 ขึ้นไป ต่ำมาก 42.6 – 51.5 ต่ำ 33.8 – 42.5 ปานกลาง 25.0 – 33.7 พอใช้ ต่ำกว่า 25.0 ต่ำ) หรือคุณเกณฑ์เปรียบเทียบจากตาราง 12.1, 12.2 และ 12.3

มีวิธีวัด Max VO_2 ได้หลายวิธี ทั้งโดยตรงคือ วัดจำนวนออกซิเจนที่ใช้ขณะทำงานหนัก (รูป 3.1) หรือทางอ้อมโดยประมาณ จากงานที่ทำไม่เต็มที่ วิธีหลังเป็นวิธีที่ใช้ในการทดลองโดยมีวัตถุประสงค์



รูป 3.1 วิธีวัดสมรรถภาพจับออกซิเจนสูงสุด โดยวิเคราะห์อากาศให้ผ่านเข้าออกในเครื่องมือ แล้วหาอัตราส่วนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จากลมหายใจออกขณะออกกำลังกายสูงสุด

- 1) เพื่อสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ, ความหนักเบาของงาน และจำนวนออกซิเจนที่ใช้
- 2) เพื่อตัดสินสมรรถภาพของนิสิตแต่ละคนและทั้งชั้น
- 3) เพื่อดูความแตกต่างระหว่างเพศในด้านสมรรถภาพ

การทดลอง

ให้นักศึกษาแต่ละคนขี่จักรยานโดยใช้ความเร็ว 50 รอบต่อนาที (50 revolution/min) เป็นเวลา 11 นาที วัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยจับชีพจรที่เส้นเลือด carotid ทุกๆ 30 วินาที สุดท้ายของแต่ละชั้นของงาน งาน 1 หน่วยเท่ากับ 300 กิโลปอนด์มิเตอร์ต่อนาที

5 นาทีแรก ชาย 2.0 หน่วย 3 นาทีต่อไป 2.5 หน่วย 3 นาทีสุดท้าย 3.0 หน่วย

,, หญิง 1.0 หน่วย ,, 1.5 หน่วย ,, 2.0 หน่วย

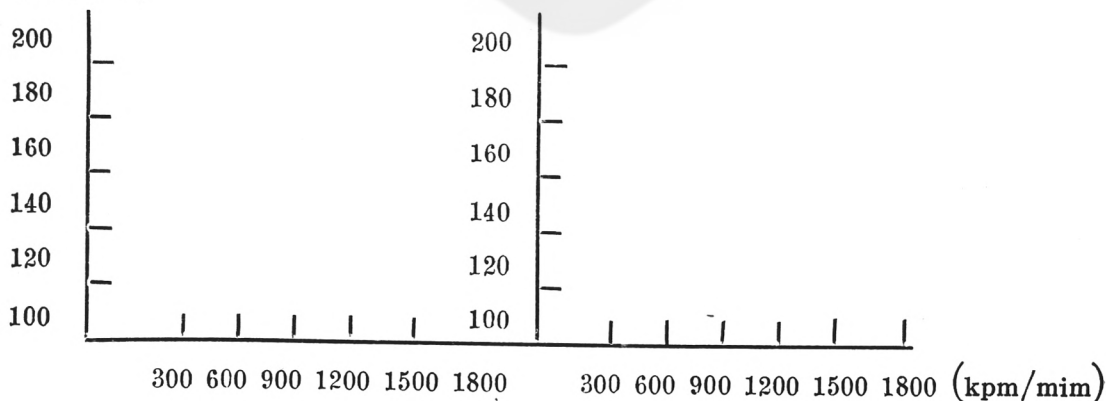
พล็อตข้อมูลลงในกราฟ และต่อเส้นจาก 3 จุดให้เลยไปถึงอัตราการเต้นของหัวใจ 200 ครั้ง/นาที ซึ่งเป็นอัตราการเต้นของหัวใจ โดยเฉลี่ยของคนในวัยนี้ ลากเส้นลงมาหา เพื่อหาค่าของจำนวนออกซิเจนที่ใช้โดยประมาณ (ลิตร/นาที)

ผลการทดลอง

อัตราการเต้นของหัวใจของชั้นเรียน

ชาย	งานครึ่งแรก	_____	งานครึ่งที่สอง	_____	งานครึ่งที่สาม	_____
หญิง		_____		_____		_____
คะแนนของตัวเอง		_____		_____		_____
ข้อมูลของชั้นเรียน	ชาย	_____				
	หญิง	_____				

ชีพจร
(ครั้ง/นาที)



Max VO_2 0.9 1.5 2.1 2.7 3.3 3.9 0.9 1.5 2.1 2.7 3.3 3.9 (ลิตร/นาที)

Max VO_2 (ลิตร/นาที) ชาย _____ หญิง _____ ของตัวเอง _____
 น้ำหนักร่างกาย (ก.ก.) _____
 Max VO_2 (มิลลิลิตร/นาที/น.น.) _____

สรุปและวิจารณ์

อธิบายจากข้อมูลที่ได้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง

ปฏิบัติการที่ 4

การทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด

ในยามปรกติอัตราการเต้นของหัวใจ ประมาณ 70–80 ครั้งต่อนาที และเพิ่มได้ถึง 200 ครั้งต่อนาที หรือมากกว่า เมื่อออกกำลังกายเต็มที่ แม้ว่าการวัดการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดของโลหิต โดยใช้ปริมาตรสูบฉีดโลหิต Stroke Volume จำนวนเลือดที่หัวใจสูบออกต่อการเต้นของหัวใจ 1 ครั้ง ปริมาตรโลหิตที่สูบออกใน 1 นาที (Cardiac output) ปริมาตรสูบฉีดโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตแบบ Systolic (ความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว) ความดันโลหิตแบบ Diastolic (ความดันต่ำสุดขณะหัวใจขยายตัว) และ pulse pressure (Systolic – Diastolic) เป็นหน่วยวัดที่สำคัญ อัตราการเต้นของหัวใจอาจใช้เป็นครั้นตัวเดียวที่ดีที่สุดในการวัดความสามารถของการสูบฉีดโลหิตของหัวใจ

เราสามารถวัดอัตราการเต้นของหัวใจได้หลายวิธี วิธีที่แม่นยำที่สุด คือใช้เครื่องมือวัด ECG แต่ในทางปฏิบัติปรากฏใช้วัดจากชีพจร แต่วิธีนี้มีปัญหา ขณะออกกำลังกาย แต่ถ้าวัดเมื่อ 10 วินาทีแรกทันทีหลังจากออกกำลังกาย ก็จัดได้ว่าเป็นการวัดการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายได้ดี

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้

1. เพื่อตัดสินใจว่าตำแหน่งใดดีที่สุดในการจับชีพจร
2. เพื่อดูความสัมพันธ์ของระดับการทำงานและอัตราการเต้นของหัวใจ

การทดลอง

ตอนแรก ให้กลุ่มหนึ่งมี 3 คน คนแรกเป็นคนถูกทดลองให้นอนพักผ่อน อีก 2 คน จับชีพจรตลอดเวลา เปรียบเทียบผลที่ได้ วิธีจับชีพจรและปัญหาต่างๆ แล้วสลับกันโดยแต่ละคนจะเป็นผู้ถูกทดลองคนละครั้ง ให้นับชีพจรในช่วงเวลา 10, 15 และ 30 วินาที แล้วทำให้เป็นหน่วยนาที จับชีพจรที่เส้นโลหิต Carotid, brachial, radial และ tibial

ตอนที่สอง ให้แต่ละกลุ่มมี 3-4 คน แต่ละคนจะนับชีพจรของตัวเองในสภาพต่างๆ

- 1) หลังจากนอนพักได้ 1 นาที
- 2) วัดในทำยืนใน 10 วินาทีแรกหลังจากเดินได้ 100 เมตร
- 3) ในทำยืนในเวลา 10 วินาที เมื่อวิ่งเหยาะๆได้ 100 เมตร
- 4) ในทำยืนในเวลา 10 วินาที หลังจากวิ่งเต็มที่ 100 เมตร

ผลการทดลอง

ตอนแรก ให้คะแนนเพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งในการจับชีพจรตามความง่าย ความแม่นยำ และความสะดวกในการปฏิบัติ

ดีที่สุด _____ ดีที่สอง _____ คีรองลงไป _____ เลวที่สุด _____

ตอนที่สอง ผลเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจของชั้นเรียน

ชาย	ขณะพัก	_____	เดิน	_____	วิ่งเหยาะ	_____	วิ่งเร็ว	_____
หญิง		_____		_____		_____		_____

สรุปและวิจารณ์

ตอนแรก ตำแหน่งใดที่เหมาะสมที่สุดในการ จับชีพจรให้เหตุผล

ตอนที่สอง ระดับการทำงานเกี่ยวข้องอย่างไรกับอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการเต้นของหัวใจ ขณะพักของหญิงและชายแตกต่างกันหรือไม่ อภิปรายความสัมพันธ์ของอัตราการเต้น

ปฏิบัติการที่ 5

การวัดการทำงานของระบบหายใจ

ระบบหายใจมักได้รับความสนใจน้อยในหมู่นักกีฬา ความจริงแล้ว ระบบหายใจมีความสำคัญยิ่ง ถ้าการทำงานดี ปอดสามารถแลกเปลี่ยนอากาศได้ดีจะไม่เกิดปัญหายุ่งยากในขณะออกกำลังกาย เพราะว่าระบบอื่นจะหมดประสิทธิภาพก่อนที่ระบบหายใจจะเป็นปัญหาขึ้น

อย่างไรก็ตาม ส่วนต่างๆ ของร่างกายพยายามปรับตัวในขณะออกกำลังกาย การชี้จักษุ ย่นหน้า วิ่ง กิจกรรมต่างๆ ทำให้กล้ามเนื้อในการหายใจทำงานหนักขึ้น การแลกเปลี่ยนอากาศดีขึ้น ซีโรงหรือโพรงอกขยายตัวได้ดีช่วยให้สูดอากาศได้มากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อ

- 1) วัดความสามารถในการหายใจเข้าออกของนักกีฬา เปรียบเทียบกับคนทั่วไป
- 2) สังเกตผลของสมรรถภาพร่างกายที่มีต่ออัตราการหายใจ ความจุปอดปกติ และความจุปอดในขณะออกกำลังกายระดับต่างกัน

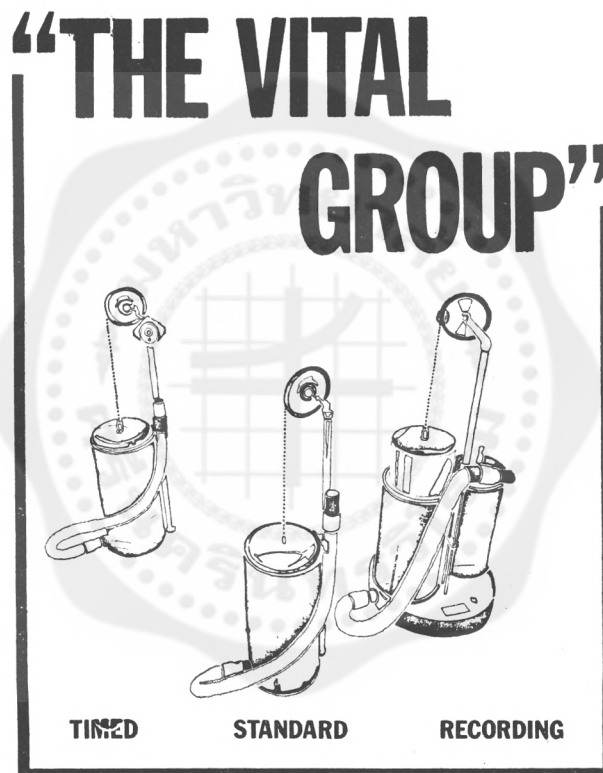
การทดลอง

ตอนที่ 1 นิสิตแต่ละคน บันทึกความสามารถของปอดในการหายใจออกเต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่แล้ว (Vital capacity) โดยการใช้ spirometer (ดูรูป 5.1) ให้ทดลองได้ 3 ครั้ง ใช้ค่าที่ดีที่สุด และหาค่าเฉลี่ยของทั้งชั้นเรียนเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ของท่านและของห้อง และวัดความสามารถสูดอากาศหายใจเข้าออกเต็มที่ใน 1 นาที (Maximum breathing capacity)

ตอนที่ 2 วัดอัตราการหายใจ และความจุปอดในการหายใจเข้าออก โดยใช้นิสิต 2 คน คนหนึ่งสมบูรณ์จัด อีกคนหนึ่งไม่สมบูรณ์ โดยสลับกันทำงาน การวัดเริ่มจากตอนพัก ในนาทีที่ 3 ขณะเดินบนล้อเลื่อนกล (Treadmill) ด้วยความเร็ว 6 ไมล์ต่อ ชม. อัตราความถี่ในการหายใจนับได้จากการสังเกตลิ้นปี่เปิดของเครื่องมือ Spirometer ส่วนปริมาตรความจุปอดวัดด้วยเครื่องมือวัดอากาศ (gas meter) ความสามารถของปอดในการหายใจเข้าออก (V) มีสูตรดังนี้

$$V = f \times V_T$$

V = ventilation ปริมาตรอากาศของปอดในการหายใจเข้าออกในหน่วยเวลา
 f = frequency ความถี่ในการหายใจ (หายใจเข้า-ออก นับ 1 ครั้ง)
 V_T = Tidal Volume ปริมาตรหายใจเข้าออก (โดยปกติ 500 ซี.ซี.)



รูป 5.1 Timed vitalometer และ Standard vitalometer ใช้วัดความ
 จุกอด (Vital capacity) ได้ง่ายและสะดวก ส่วน Recording
 vitalometer สามารถวัดได้หลายอย่าง อาทิ Vital capacity
 Timed vital capacity, Maximal midexpiratory flow,
 maximal flow rate หรือ Maximal voluntary ventilation.

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 Vital capacity และ Maximum breathing Capacity

V.C. ชาย _____ หญิง _____ ของตัวเอง _____

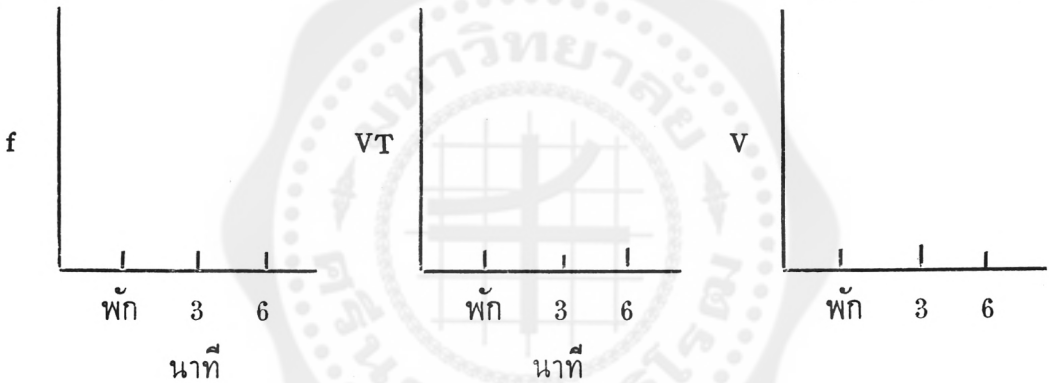
MBC. _____

ตอนที่ 2 ขณะพัก เดิน 3 ไมล์/ชม. เดิน 6 ไมล์/ชม.

F V_T V F V_T V F V_T V

คนไม่ฟัด _____

คนฟัด _____



สรุปและวิจารณ์

1. อธิบายความจุปอดในการหายใจเข้าออกต่อนาที ใช้ข้อมูลของตัวเอง

2. อธิบายผลของความฟัดของร่างกายที่มีต่อการหายใจ

เกณฑ์เปรียบเทียบความจุปอดและสมรรถภาพหายใจสูงสุด โดยเปรียบเทียบจากนัก

กีฬาเขตของจังหวัดลพบุรี ปี 2518

ความจุปอด (Vital capacity วัดหน่วยเป็นมิลลิลิตร/น้ำหนักร่างกาย 1 กก.)

ชาย 80 ขึ้นไป ดีมาก

หญิง 70 ขึ้นไป ดีมาก

70 - 79 ดี

60 - 69 ดี

60 - 69 พอใช้

50 - 59 พอใช้

50 – 59 ก่อนข้างต่ำ
ต่ำกว่า 50 ต่ำ

40 – 49 ก่อนข้างต่ำ
ต่ำกว่า 40 ต่ำ

สมรรถภาพหายใจสูงสุด (Maximum breathing Capacity หน่วยวัด
ลิตร/นาที/น้ำหนักร่างกาย 1 ก.ก.)

ชาย 2.8 ขึ้นไป ดีมาก

หญิง 2.6 ขึ้นไป ดีมาก

2.5 – 2.8 ดี

2.2 – 2.6 ดี

2.2 – 2.5 พอใช้

1.8 – 2.2 พอใช้

1.9 – 2.2 ก่อนข้างต่ำ

1.4 – 1.8 ก่อนข้างต่ำ

ต่ำกว่า 1.9 ต่ำ

ต่ำกว่า 1.4 ต่ำ

ปฏิบัติการที่ 6

ส่วนประกอบของร่างกายและสมรรถภาพ

ในการพิจารณาน้ำหนักร่างกายที่เหมาะสมสำหรับแต่ละบุคคล มีสิ่งประกอบหลายอย่าง สิ่งแรกในการตัดสินส่วนประกอบของร่างกาย คือ เปอร์เซนต์ไขมันของร่างกาย (% body fat) ไขมันในจำนวนพอเหมาะเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างพลังงานของร่างกาย หากมีมากเกินไป ความต้องการ ไขมันจะพอกพูนอยู่ตามกล้ามเนื้อ และเส้นโลหิต ไขมันมากทำให้สมรรถภาพร่างกายหย่อนลง และอาจเป็นโรคหัวใจได้อีก ไขมันมีประโยชน์ในการเป็นฉนวนความร้อนให้ร่างกาย (insulator) และสำหรับช่วยในการพยุงตัวในน้ำ

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซนต์ไขมันของร่างกายในหมู่นิสิตพลศึกษา กับประชาชนทั่วไป
2. เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ไขมันกับสมรรถภาพของระบบสუნจิโลหิต

การทดลอง

ตอนที่ 1 นิสิตแต่ละคนวัดจำนวนไขมันของร่างกาย โดยใช้เครื่องวัดความหนาของผิวหนัง (รูป 6.1)

$$\text{ชาย \% ไขมัน} = \frac{\text{น.น. (ก.ก.)} - (10.3 + 0.8 \text{ น.น.} - 0.4 \text{ ความหนาของท้อง (ซ.ม.)})}{\text{น.น. (ก.ก.)}}$$

ความหนาของท้องวัดโดยใช้นิ้วมือบีบที่ท้องบริเวณสะดือในแนวนอน

- หญิง 1. วัดความหนาของบริเวณสะโพกในแนวตั้ง midaxillary line เหนือ iliac crest
2. วัดความหนาของแขนค้ำหลังระหว่าง olecranon และ acromial process แขน
ปล่อยตามสบาย

เปอร์เซ็นต์ไขมันวัดได้จากตารางข้างล่าง โดยลากเส้นผ่านจาก 1 ไป 2 จะอ่านเปอร์เซ็นต์ไขมันได้

1.	%	ไขมัน	2.
ม.ม. 30	—	25	30 ม.ม.
20	—	20	20
10	—	15	10
0	—		

ตอนที่ 2. ให้คนที่ผอมที่สุด 3 คน และอ้วนที่สุด 3 คน ของแต่ละเพศ เดินบนพื้นเลื่อนกล treadmill เป็นเวลา 2 นาที ด้วยความเร็ว 3 ไมล์/ชม. ความสูง 10% เกรดจับชีพจรที่ Carotid Artery ภายใน 10 วินาทีแรกหลังจากออกกำลังกาย

ผลการทดลอง

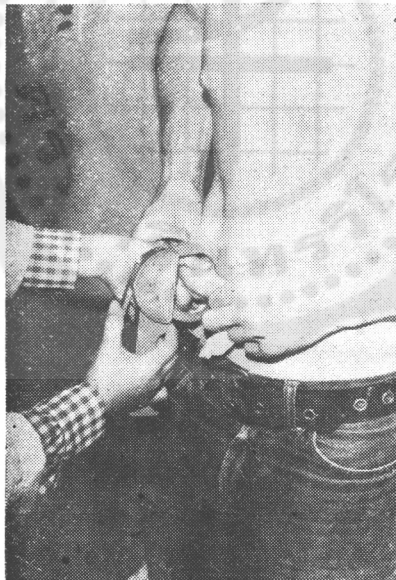
เฉลี่ย % ไขมัน ชาย _____ (เฉลี่ยคนทั่วไป 15 %)
หญิง _____ (เฉลี่ยคนทั่วไป 20 %)
% ไขมันของตัวเอง _____ ซึ่งหมายความว่า ร่างกายมีจำนวนไขมัน _____
กิโลกรัม จั๊กว่า ดี, ใช้ได้, เลว

อัตราการเต้นของหัวใจระหว่างออกกำลังกาย

หญิงอ้วนที่สุดของห้อง _____ ครั้ง/นาที หญิงผอมที่สุดของห้อง _____ ครั้ง/นาที
ชาย _____ ครั้ง/นาที ชาย _____ ครั้ง/นาที

สรุปและวิจารณ์

1. เมื่อเปรียบเทียบนิสิตวิชาเอกพลศึกษากับคนธรรมดา เปอร์เซ็นต์ไขมันแตกต่างกันอย่างไร เพราะอะไร
2. เปรียบเทียบไขมันของชายและหญิงได้อย่างไร และทำไมจึงเป็นเช่นนั้น
3. ผลที่ได้ แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมัน และสมรรถภาพของระบบสืบคิดโลหิต หรือไม่ ทำไม อธิบาย ถ้าที่สังเกตไม่เป็นไปตามที่คาดหมายไว้



รูป 6.1 เครื่องมือวัดความหนาของผิวหนัง
(Lange skinfold caliper)

ปฏิบัติการที่ 7

ทดสอบสมรรถภาพ

วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

1. ให้นักศึกษาได้ทดลองทดสอบแบบ Cureton's fitness test
2. เพื่อประเมินผลและเปรียบเทียบการทดสอบกับ AAHPER Youth Fitness test

การทดลอง

แต่ละข้อให้ประเมินผลตัวเองว่า ได้หรือตก แล้วบันทึกคะแนนของตัวเองและของห้องเรียน

	คะแนนตัวเอง	ของห้อง
1. ยืนบนปลายเท้า แขนทั้งสองเหยียดขึ้นเหนือศีรษะ ปิดตา 20 วินาที	_____	_____
2. กระโดด squat โดยฝ่ามืออยู่บนพื้น ยกขาทั้งสองขึ้นให้ น.น. อยู่ที่ข้อศอก ยกปลายเท้าสูงขึ้นจากพื้น 10 วินาที	_____	_____
3. ใช้หัวเข่าแตะพื้น เดินเป็นรอบวงกลม 100 ครั้ง ภายใน 30 วินาที จากนั้นเดินเป็นเส้นตรง 10 ฟุต ภายใน 5 วินาที	_____	_____
4. ให้ขาอยู่ติดกัน เข้าเหยียดตรง งอที่เอวและไขว้ปลายนิ้วแตะพื้น ผู้หญิงใช้ฝ่ามือแตะ	_____	_____
5. จากท่านั่งเข้าเหยียดตรง ค่อยๆ งอลำตัวจนกระทั่งหน้าผากสูง 8 นิ้ว จากพื้น	_____	_____
6. นอนท่าคว่ำเท้าแตะพื้น ประสานมือที่ท้ายทอย ยกกางให้สูง 18 นิ้วจากพื้น	_____	_____

	คะแนนตัวเอง	ของห้อง
7. ลูกเข้าโดยเท้าแตะพื้น ใช้หลังแตะแขนได้เท่านั้น กระโดดขึ้นให้เท้าทั้งสองติดกัน และยืนทรงตัวไว้ 3 วินาที	_____	_____
8. จากท่ายืน กระโดดขึ้นตัวลอยจากพื้น แตะปลายเท้าระดับเอว โดยไม่มีการงอขา ทำให้ได้ 5 ครั้ง	_____	_____
9. ทำ 6 ครั้ง กระโดดสควอท เตะขาไปข้างหลังให้อยู่ในท่าวิดน้ำ เตะขาไปข้างหน้าระหว่างแขน หมุนตัวอยู่ในท่าวิดน้ำ กระโดดขึ้นยืน	_____	_____
10. ให้คู้นอนบนพื้น (น้ำหนักตัวใกล้เคียงกัน) ยกเข่าขึ้นมาในท่าตำรวจดับเพลิงเป็นเวลา 10 วินาที	_____	_____
11. มือแตะบนสะโพกของตนเอง ท้ายทอยอยู่บนเข่าของคู่ รักษาลำตัวให้ตรงและนิ่ง 30 วินาที	_____	_____
12. นอนคว่ำ แขนเหยียดเหนือศีรษะ ยกท้องขึ้นมาสูง 4 นิ้ว โดยใช้แต่มือและปลายเท้าเท่านั้น ผู้หญิงใช้แขนก่อนล่างได้	_____	_____
13. ยืนกระโดดไกล ถ้าทำนอยต่ำกว่า 25 ปี ระยะทางที่ได้ควรเป็นความสูงของท่าน + 1 ฟุต	_____	_____
14. วิดน้ำ 15 ครั้ง แขนอยู่ต่ำกว่าระดับไหล่ ผู้หญิงให้ทำ 30 ครั้ง โดยวางเข่าเหนือพื้น	_____	_____
15. นอนหงาย จับมือของคู่ทั้งสองข้าง ดึงลำตัวขึ้นมาให้หน้าอกแตะขาของคู่	_____	_____
16. นั่งเหยียดขาไปข้างหลัง มืออยู่บนสะโพก เอนหลังยกขึ้นมาในรูปตัววี ยกนาน 1 นาที	_____	_____

- | | คะแนนตัวเอง | ของห้อง |
|---|-------------|---------|
| 17. วิ่งอยู่กับที่ 2 นาที ด้วยความเร็ว 180 ครั้ง ต่อนาที
สูดลมหายใจเต็มที่ 3 ครั้ง แล้วกลืนลมหายใจ 30
วินาที | _____ | _____ |
| 18. ทำติดต่อกันไป กระโดด hop 2 ขา 200 ครั้ง กระ-
โดด straddle hop 200 ครั้ง กระโดด hop บนเท้า
แต่ละข้างๆ ละ 50 ครั้ง และทำ squat jump อีก
50 ครั้ง | | _____ |

ข้อ 1 - 3 วัดการทรงตัว

ข้อ 4 - 6 วัดความยืดหยุ่น

ข้อ 7 - 9 วัดคล่องตัว

ข้อ 10 - 13 วัดความแข็งแรง

ข้อ 14 - 16 วัดความทนทานกล้ามเนื้อ

ข้อ 17 - 18 วัดความทนทานของระบบสับจิต

เมื่อรวมคะแนนที่ทดสอบแล้ว ลองทดสอบวัดสมรรถภาพแบบมาตรฐาน AAHPER Youth Fitness test ซึ่งประกอบด้วย วิ่งเร็ว 50 หลา วิ่ง 600 หลา ปาลูกบอลไกล ลูก-นั่ง-ขึ้น กระโดดไกล วิ่งเร็วกลับตัวเก็บของ เพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพร่างกายแบบเดียวกัน ซึ่งควรจะได้ผลใกล้เคียงกัน

ปฏิบัติการที่ 8

การวัด Hematocrit (Hct)

Hematocrit คือจำนวนเปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดต่อปริมาตรเลือดทั้งหมด หากได้คีย์เจาะเลือดเข้าสู่หลอดแก้วเล็กๆ (microhematocrit tube) แล้วใส่เครื่องปั่นหมุนให้เลือดตกตะกอน (Blood centrifuge) แล้ววัดความสูงของส่วนที่อัดแน่นเป็นเม็ดเลือดแดง เมื่อเทียบกับความสูงทั้งหมด (รวมส่วนที่เป็นพลาสมาและเม็ดเลือดแดง)

วิธีวัด

1. ทำความสะอาดปลายนิ้วมือด้วยแอลกอฮอล์และปล่อยให้แห้ง
2. จิ้มปลายนิ้วมือด้วยใบมีดเล็ก (lancet) เช็ดเลือดออกปล่อยให้เลือดไหลออกมา ใช้หลอดเลือดพิเศษ (heparinized capillary tube) แตะที่เลือด
3. เลือกใช้ปลายที่ไม่ทาสีแดง จนกว่าเลือดจะเต็ม $\frac{3}{4}$ ของหลอดควรใช้ 2 หลอด
4. หลังจากได้เลือดตัวอย่างให้เอาปลายอีกด้านหนึ่ง บั๊กเอาไว้ในถาด (sealing compound)
5. ใส่หลอดลงในเครื่องหมุน ซึ่งหมุนด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที
6. วัดความสูงของเลือดทั้งหมด (พลาสมาและเม็ดเลือด) และวัดเฉพาะส่วนเม็ดเลือดแดง

$$\text{Hct (\%)} = \frac{\text{ความสูงของเม็ดเลือดแดง (ม.ม.)} \times 100}{\text{ความสูงของเลือดทั้งหมด}}$$

7. คุณค่าที่หาได้ด้วย 0.96 เพื่อแก้ความผิดพลาดเนื่องจาก พลาสมา จับตัวที่เม็ดเลือด
เปรียบเทียบผลซีมาโตคริตที่ได้ออกกับเกณฑ์เฉลี่ย ในตาราง 8.2

ตาราง 8.2 ค่ามาตรฐานของซีมาโตคริตในชายและหญิง (หน่วยวัดเป็น %)

ชาย	หญิง	อ้างอิงจาก
40 %	36 %	Guyton
47 %	42 %	Astrand

ปริมาตรของเลือดแดง หรือจำนวนซีมาโตคริตมีสิ่งที่ทำให้เปลี่ยนแปลงหลายอย่าง เช่น โรคโลหิตจาง จะทำให้ซีมาโตคริตลดลง การขึ้นไปอยู่ที่ระดับสูงกว่าทะเลมาก เป็นระยะเวลาเวลานานกลับทำให้ซีมาโตคริตสูงขึ้น การออกกำลังกายมีผลให้ซีมาโตคริตเพิ่มขึ้นได้ถึง 8 % ถ้าออกกำลังกายหนักจนร่างกายสูญเสียน้ำไป 4.1

ปฏิบัติการที่ ๑

การวัด Hemoglobin

วิธีวัดฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดมีหลายวิธี วิธีที่นิยมมากที่สุดคือการใช้สาร cyanmethemoglobin วิธีขั้นแรกฮีโมโกลบินจะถูกเปลี่ยนให้เป็น methemoglobin และกลายเป็น cyanmethemoglobin ในที่สุด และความแน่น (Density) หรือความเข้มข้นของแสงของสาร cyanmethemoglobin จะวัดได้จากเครื่องมือวัดแสง Spectronic 20

วิธีวัด

1. Standard curve

ทำได้โดยเจือจางสาร HYCEL cyanmethemoglobin standard ถ้าใช้สารนี้ 5.0 มิลลิเมตรรวมกับ unknown sample จะมีค่าเท่ากับ ฮีโมโกลบิน 20 กรัม/100 มิลลิเมตร การเจือจางให้ใช้ HYCEL cyanmethemoglobin reagent ห้ามใช้น้ำจับหลอดเพราะจะทำให้อ่านค่าเปลี่ยนแปลง

ก. ให้ทำเครื่องหมายบนหลอดแก้ว 5 หลอด ดังนี้ ก, 5, 10, 15, 20

ข. เจือจางสารดังต่อไปนี้

หลอด	ก	5	10	15	20
จำนวน reagent (มิลลิเมตร)	6.0	4.5	3.0	1.5	0
จำนวน Standard (มิลลิลิตร)	0	1.5	3.0	4.5	6.0

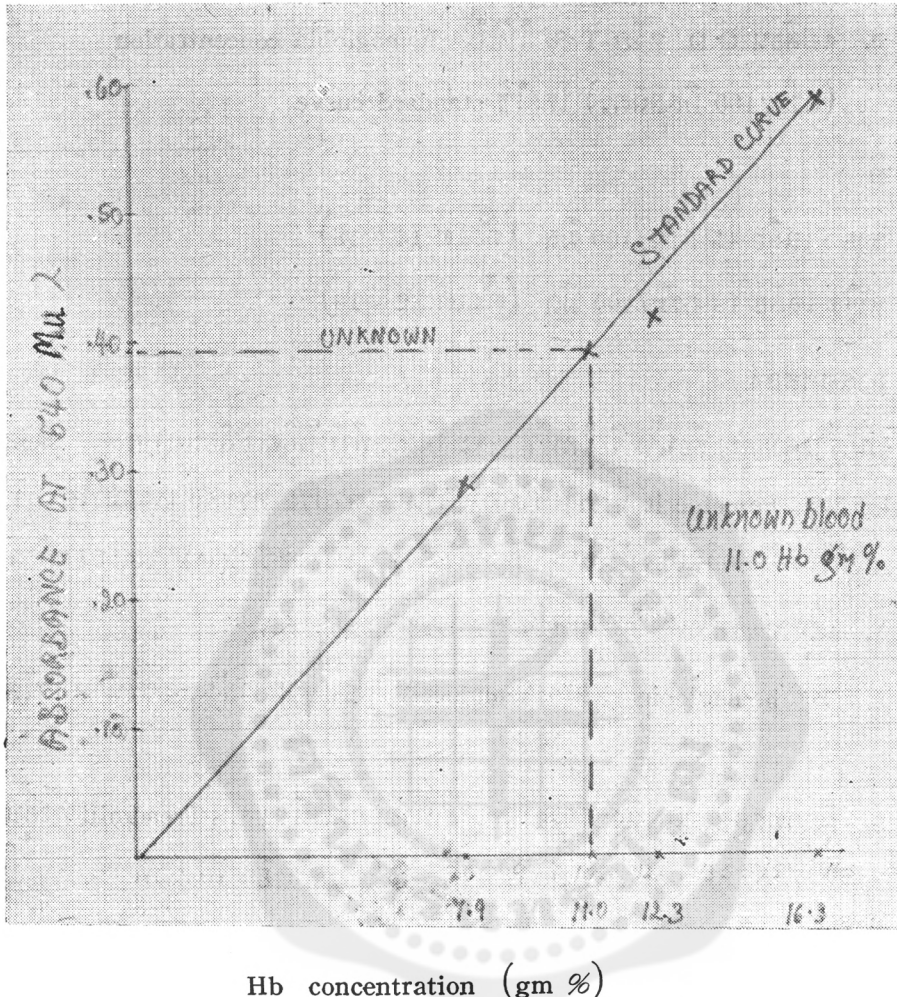
ค. เทสารเจือจางลงในหลอดพิเศษที่ใช้กับ Spectronic 20

ง. ตั้งเครื่อง spectronic 20 ให้อ่านที่ 540 mμ

จ. ปรับเครื่องมือให้หลอด ก. อ่านได้ 0 O.D. (optical density) 100 % T (transmission)

ช. อ่าน O.D. กับ hemoglobin concentration บนกระดาษกราฟ หรือจะพล็อต

% T กับ hemoglobin concentrate บนกระดาษกราฟ semilog ก็ได้ รูป 9.1



รูปที่ 9.1 วิธีคำนวณหาค่าฮีโมโกลบินโดยพล็อตกราฟเพื่อหาค่าเลือดตัวอย่าง
 จากค่ามาตรฐาน

2. หาค่า Unknown

ก. ใส่ reagent 5.0 มิลลงในหลอด แล้วเติมเลือดที่ได้จากปลายนิ้วมือ จำนวน 0.02 มิล

ข. ผสม reagent กับเลือดให้เข้ากันหลายๆ ครั้ง

- ก. เทสารผสมลงในหลอดอ่าน เพื่ออ่าน O.D. หรือ T %
- ง. เปลี่ยน O.D. หรือ T % ให้เป็น hemoglobin concentration (กรัม/100 มิลลิลิตร) โดยใช้ standard curve

3. ค่าปกติ

ชาย เฉลี่ย 15 กรัม/100 มิล (ตั้งแต่ 14 – 18)

หญิง เฉลี่ย 13 กรัม/100 มิล (ตั้งแต่ 12 – 16)

การทดลอง

เมื่อร่างกายสูญเสียน้ำหรือได้น้ำ จะเป็นผลทำให้เกิดเปลี่ยนแปลงค่า hemoglobin concentration และ hematocrit ซึ่งเราใช้ในการคำนวณหาปริมาตรของพลาสมาได้ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ในการทดสอบเวลาในการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรพลาสมาขณะออกกำลังกาย

1. ผู้ถูกทดลองมี 2 คน ชาย 1 คน และ หญิง 1 คน
2. วัด hemoglobin และ hematocrit ก่อนออกกำลังกายและชั่งน้ำหนักโดยไม่รวมเสื้อผ้า
3. ผู้ถูกทดลองคนหนึ่งซึ่งจักรยานอยู่กับที่ อีกคนหนึ่งวิ่งบน Treadmill ทั้งคู่ออกกำลังกาย 20 นาที โดยออกกำลังกาย 10 นาทีแรก พัก 5 นาที และตามด้วยอีก 10 นาที
4. การออกกำลังกายนั้น ความหนักเบา ให้ดูจากอัตราการเต้นของหัวใจ ให้อยู่ในระดับ 150 – 160 ครั้ง/นาที
5. หลังจากออกกำลังกายได้ 10 นาทีแรก ให้เอาตัวอย่างเลือดจากผู้ถูกทดลองทั้งสองทันที โดยผู้ถูกทดลองอยู่ในท่านั่ง ระหว่างพักนี้ ชั่งน้ำหนักตัวของผู้ถูกทดลองโดยไม่รวมน้ำหนักเสื้อผ้า
6. วัด hemoglobin และ hematocrit จากเลือดตัวอย่างทันที
7. หลังจากออกกำลังกายใน 10 นาทีแล้ว ให้เอาตัวอย่างเลือดมาวิเคราะห์ Hb และ Hct เช่นเดียวกัน และ ชั่งน้ำหนักตัว
8. การคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของพลาสมาในเลือด มี 2 อย่าง

ก. แบบ Von Besumont

$$\% \Delta \text{ พลาสมา} = \frac{100}{100 - \text{Hct}_1} \times \frac{100 (\text{Hct}_1 - \text{Hct}_2)}{\text{Hct}_2}$$

Δ = การเปลี่ยนแปลง

Hct_1 = hematocrit ก่อนออกกำลัง

Hct_2 = hematocrit หลังออกกำลัง

ข. แบบ Dill และ Costill

$$\% \Delta \text{ PV} = (\text{PV}_2 - \text{PV}_1) / \text{PV}_1$$

PV_1 = ปริมาตรพลาสมา ก่อนออกกำลัง

PV_2 = ปริมาตรพลาสมา หลังออกกำลัง

$$\text{PV}_1 = 100 - \text{Hct}_1$$

$$\text{PV}_2 = \text{BV}_2 - \text{CV}_2 \quad \text{ซึ่ง} \quad \text{BV}_2 = \text{BV}_1 (\text{Hb}_1 / \text{Hb}_2)$$

ให้ BV_1 (blood volume) = 100, Hb_1 และ Hb_2 คือ ซีโมโกลบินก่อนและหลัง

การออกกำลัง

$$\text{CV}_2 = \text{BV}_2 (\text{Hct}_2)$$

Hct_2 คือ hematocrit หลังออกกำลัง CV_2 = cell volume หลังออกกำลัง

ตัวอย่าง

$$\text{Hct}_1 = 41.7 \quad \text{Hb}_1 = 14.6$$

$$\text{Hct}_2 = 44.6 \quad \text{Hb}_2 = 16.1$$

$$\text{PV}_1 = 100 - 41.7 = 58.3$$

$$\text{BV}_2 = 100 (14.6 / 16.1) = 90.68$$

$$\text{CV}_2 = \frac{90.68 - 40.64}{100} = 40.44$$

$$\text{PV}_2 = 90.68 - 40.64 = 50.24$$

$$\% \Delta \text{ PV} = 100 (\text{PV}_2 - \text{PV}_1) / \text{PV}_1 = 100 (50.24 - 58.3) / 58.3 = 13.8 \%$$

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักร่างกายชนิดใดดังนี้

$$\% \Delta BW = 100 (BW_1 - BW_2) / BW_1$$

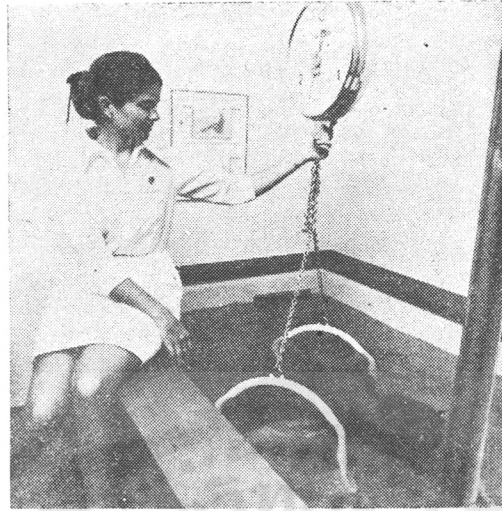
ก. ให้พล็อตการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรพลาสมา และน้ำหนักร่างกายในการออกกำลังกาย 2 แบบ กับ เวลา โดยไม่คำนึงถึงเวลาพัก 5 นาที เปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของพลาสมาจากการคำนวณ 2 วิธี

ปฏิบัติการที่ 10

การวัดส่วนประกอบของร่างกาย

ก. ชั่งน้ำหนักไดน้ำ

1. ชั่งน้ำหนักร่างกายโดยปรกติในชุดอาบน้ำ แล้วให้ผู้ถูกทดลองลงสระน้ำ
2. ฝึกการหายใจใต้น้ำ โดยให้หายใจด้วยปากจากท่อซึ่งปลายข้างหนึ่งอยู่เหนือน้ำ จมูกถูกบีบด้วย noseclip
3. ให้ผู้ถูกทดลองนอนคว่ำ พาดขอบไม้ มือจับราวเหล็กได้ (ผู้ทดลองเอามือจับงอรูปตัวเอส เพื่อไม่ให้ตาซึ่งแกว่งไปมาขณะที่ผู้ถูกทดลองนอนพาดขอบไม้)
4. เมื่อผู้ถูกทดลองพร้อมแล้วให้หายใจด้วยปากโดยใช้ท่อ แล้วหายใจออก (เป่าออก) ให้มากที่สุดและกลืนหายใจ 5 วินาที การหายใจออกของผู้ถูกทดลอง ทำให้ตาซึ่งเปลี่ยนไป 10 - 100 กรัม
5. จกน้ำหนักและให้ผู้ถูกทดลองหายใจปรกติใต้น้ำอีก 5 - 10 ครั้ง
6. หลังจากบันทึกน้ำหนักร่างกายใต้น้ำแล้ว ให้ซึ่งไม้ขอบ (frame) และท่อยาง และบันทึกคุณสมบัติของน้ำไว้ (รูป 10.1)



รูป 10.1 วิธีชั่งน้ำหนักร่างกายใต้น้ำ เพื่ออากาศออกจากปอดมากที่สุด น้ำหนักใต้น้ำวัดได้จากตาชั่งพิเศษ

$$\text{สูตร ความหนาแน่นร่างกาย} = \frac{\text{น้ำหนักร่างกายในอากาศ}}{\frac{\text{ปริมาตร}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}} - (\text{ปริมาตรอากาศค้างในปอด} - 100 \text{ มล})}$$

วิธีคำนวณ

$$\text{Density ความหนาแน่น (กรัม/ซม.}^3\text{)} = \frac{(\text{Mass กรัม})}{\text{Volume (ซม.}^3\text{)}}$$

Mass ได้จากการชั่งน้ำหนักร่างกายในอากาศ Volume หาได้จากการแทนที่น้ำผลต่างระหว่างน้ำหนักร่างกายในอากาศและน้ำหนักใต้น้ำ ($M_A - M_W$) คือน้ำหนักน้ำที่ถูกแทนที่ (M_W เป็นน้ำหนักที่ หักเอาน้ำหนัก frame และท่อหายใจออก) การหา Volume ต้องหาค่าความหนาแน่นน้ำ (D_W) ฉะนั้น $V = \frac{(M_A - M_W)}{D_W}$ เราจำเป็นต้องใช้คุณสมบัติของน้ำ เพื่อจะได้หาค่าความหนาแน่นของน้ำได้ถูกต้อง สูตรสำหรับหาความหนาแน่นของร่างกาย body density (D_B)

ฝึกหัด ฝึกงาน

$$D_B = \frac{M_A}{\frac{(M_A - M_W)}{D_W}}$$

ในการคำนวณหา Volume นั้น เรายังต้องหัก residual volume (VR) และ gastrointestinal gas volume (VGT) ออกอีก เพื่อให้ได้ปริมาตรร่างกายที่แท้จริง

$$D_B = \frac{M_A}{\frac{(M_A - M_W)}{D_W} - V_R - V_{GI}}$$

การทดสอบ

1. ให้ชั่ง น.น. ของทุกคนในห้องทั้งในน้ำ และในอากาศ
2. ชั่งน้ำหนักได้น้ำหลายๆ ครั้ง เพื่อดูว่าการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อการชั่งหรือไม่
3. ให้ใช้ค่าเฉลี่ย residual volume (ปริมาตรอากาศค้างในปอด) ของชาย เฉลี่ย 1271 มิล, ของหญิง = 982 มิล แล้วคำนวณหา body density โดยไม่คำนึงถึงปริมาตรอากาศในทางเดินอาหาร (gastrointestinal volume)
4. เมื่อได้ค่า Density (ความหนาแน่น) แล้ว ใช้สูตรต่อไปเพื่อหา % body fat (% ไขมันของร่างกาย) และ lean body weight (น้ำหนักร่างกายปลอดไขมัน)

$$\% \text{ Body fat} = (4.57/D - 4.147) 100$$

$$LBW = TBW - (TBW \times \% BF)$$

$$TBW = \text{total body weight}$$

ข. วัดสัดส่วนของร่างกาย

การวัดส่วนประกอบของร่างกายโดยวัดสัดส่วน เป็นวิธีประมาณหาความหนาแน่นของร่างกายที่ไม่มีไขมัน มีสูตรต่างๆ มากมาย และบริเวณที่วัดแตกต่างกันไป

1. ผู้หญิง

$$\text{Lean body weight (น้ำหนักปลอดไขมัน)} = 1.661 + 0.668 \text{ น.น. (ก.ก.)} \\ - 0.158 X_1 - 0.081 X_2 + 0.555 X_3 - 0.141 X_4$$

$$X_1 = \text{ความหนาบริเวณสะบัก (scapular) (ม.ม.)}$$

$$X_2 = \text{ความหนาบริเวณหลังต้นแขน (triceps) (ม.ม.)}$$

$$X_3 = \text{รอบคอ (ซ.ม.)}$$

$$X_4 = \text{รอบท้องส่วนที่ใหญ่ที่สุด}$$

$$\text{LBW} = \text{TBW} - (\text{TBW} \times \% \text{BF})$$

$$\text{Body density} = 1.07685 - 0.00063 (X_1) - 0.0036 (X_2) + 0.00227 (X_3) \\ - 0.00049 (X_4) - 0.00043 (X_5)$$

$$X_1 = \text{ความหนาส่วนสะบัก (ม.ม.)}$$

$$X_2 = \text{เส้นผ่าศูนย์กลางของหัวเข่า (ซ.ม.)}$$

$$X_3 = \text{รอบคอ (ซ.ม.)}$$

$$X_4 = \text{รอบท้องน้อย (ซ.ม.)}$$

$$X_5 = \text{รอบท้องส่วนที่ใหญ่ที่สุด (ซ.ม.)}$$

$$\% \text{BF} = (4.57/D - 4.142) 100$$

2. ผู้ชาย

$$\text{LBW} = 10.138 + 0.9259 \text{ น.น.} - 0.1881 X_1 + 0.6370 X_2 \\ + 0.4888 (X_3) - 0.5951 (X_4)$$

$$X_1 = \text{ความหนาของหนังบริเวณต้นขา (ม.ม.)}$$

$$X_2 = \text{เส้นผ่าศูนย์กลางของ bi-iliac (ซ.ม.)}$$

$$X_3 = \text{รอบคอ (ซ.ม.)}$$

$$X_4 = \text{รอบท้อง (วัดผ่านสะดือ)}$$

$$\text{Body density} = 1.05721 - 0.00052 (X_1) + 0.00168 (X_2) + 0.00114 (X_3) \\ + 0.00048 (X_4) - 0.00145 (X_5)$$

X_1 = ความหนาของหนังบริเวณท้อง (ม.ม.)

X_2 = เส้นผ่าศูนย์กลาง bi-iliac

X_3 = รอบคอ (ซ.ม.)

X_4 = รอบอก (ซ.ม.)

X_5 = รอบท้อง (วัดโดยผ่านสะดือ) (ซ.ม.)

รายละเอียดของการวัด

ก. ความหนาของหนัง (Skinfolds)

scapula = มุมล่างของ scapula (สะบัก) ขนานไปกับ axillary board

triceps = ครึ่งทางระหว่าง acromion และ olecranon process ไปทางด้านหลังของแขน ซึ่งยกในแนวนอน จับความหนาของผิวหนังให้ขนานไปกับความยาวของแขน

ต้นขา = จับความหนาของขาอ่อนด้านหน้าในแนวตั้งครึ่งทางระหว่างตะโพก และหัวเข่า

ท้อง = จับความหนาของผิวหนังในแนวนอน บริเวณใกล้สะดือ

ข. เส้นผ่าศูนย์กลาง

เข่า = เข่าอยู่ในท่าอง 90° วัดระยะทางที่อยู่ริมนอกสุดของ tibial condyles

bi-iliac = ระยะทางระหว่างด้านข้างที่สุดของ iliac crest (ขอบตะโพก)

ค. เส้นรอบวง

รอบคอ วัดรอบโดยผ่านหลอดคอ

รอบท้องน้อย ส่วนที่เล็กที่สุดของรอบท้อง

รอบท้องใหญ่ ส่วนที่ยาวที่สุดของรอบท้อง

การทดลอง

1. ให้จับคู่และวัดจำนวนไขมันของร่างกาย
2. หาสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่าง (BW และ Db) ที่ได้จากการวัดโดยตรง และจากการวัดทางอ้อม

สูตรของ Wilmore และ Behrke

$$\text{ชาย LBW} = 10.260 + 0.7927 \text{ น.น. (ก.ก.)} - 0.3676 V_5$$

$$V_5 = \text{ความหนาของผิวหนังบริเวณท้อง (ข้างขวาของสะดือ) วัดเป็น มม.}$$

$$\text{หญิง LBW} = 8.629 + 0.680 X_1 - 0.163 X_2 - 0.100 X_3 - 0.054 X_4$$

$$X_1 = \text{น.น. ร่างกาย (ก.ก.)}$$

$$X_2 = \text{ความหนาทางผิวหนังบริเวณ Scapula}$$

$$X_3 = \text{ความหนาของผิวหนังบริเวณ triceps}$$

$$X_4 = \text{ความหนาของผิวหนังบริเวณขาอ่อน}$$

ค่าเฉลี่ยของไขมันของร่างกาย

$$\text{ชาย \% ไขมันร่างกาย} \quad \begin{array}{l} \text{เฉลี่ย} \quad 14 - 15 \% \\ \text{อ้วน} \quad 20 - 21 \% \end{array}$$

$$\text{อ้วน} \quad 20 - 21 \%$$

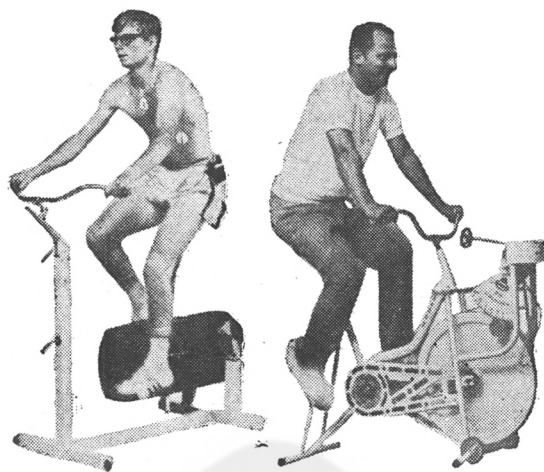
$$\text{หญิง \% ไขมันร่างกาย} \quad \begin{array}{l} \text{เฉลี่ย} \quad 20 - 25 \% \\ \text{อ้วน} \quad 29 - 30 \% \end{array}$$

ปฏิบัติการที่ 11

การทดสอบ PWC_{170}

เราสามารถวัดความสามารถในการทำงาน (Physical Working Capacity) ได้โดยออกกำลังเพียง 80 % ของคนที่สามารถทำได้เต็มที่ ซึ่งความหนักของคนระดับนี้ จะกระตุ้นให้หัวใจเต้นถึงนาทีละ 170 ครั้ง

อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ จักรยานอยู่กับที่ (ดูรูป 11.1) ซึ่งสามารถปรับระดับของงานได้ เครื่องให้จังหวะนาฬิกา และเครื่องมือวัดการเต้นของหัวใจ (ECG) ถ้าไม่มีก็ใช้การจับชีพจร

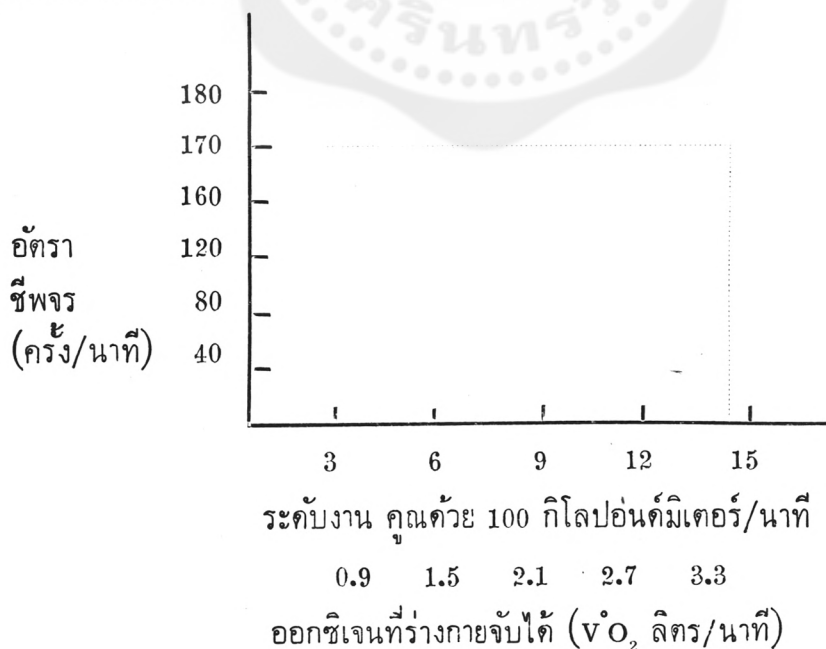


รูป 11.1 จักรยานวัดงาน สามารถปรับความหนักเบา และจำนวนรอบที่หมุนต่อนาทีได้

การทดลอง

เริ่มต้นด้วยการขี่จักรยาน จาก 0 กิโลปอนด์ต่อนาที และเพิ่มงานขึ้นเรื่อยๆ บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกนาทีจนกว่าหัวใจจะเต้นนาทีละ 170 ครั้งต่อนาที

ประมาณจำนวนออกซิเจนที่ใช้ในการทำงาน Oxygen consumption (VO_2) ได้โดยพล็อตอัตราการเต้นของหัวใจ กับ ภาระงาน



ปฏิบัติการที่ 12

การทดสอบ (Astrand - Rhyming)

กรรมวิธีเพียงตัวเดียวที่ดีที่สุดในการวัดสมรรถภาพร่างกายในการออกกำลังกายได้แก่ จำนวนออกซิเจนที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ Maximum oxygen consumption ($\text{Max } \dot{V}\text{O}_2$) ซึ่งต้องวัดจากการออกกำลังกายเป็นเวลา 15 – 30 นาที และเครื่องมือยุ่งยาก จึงมีผู้คิดวิธีทำโดยทางอ้อม วิธีของ Astrand – Rhyming นี้อาศัยหลักในการขี่จักรยาน ความหนักของงานทำให้หัวใจเต้นเพิ่มขึ้นจน 120 – 170 ครั้งต่อนาที แล้วประมาณค่า $\dot{V}\text{O}_2$ จากตาราง 10.1 10.2 และ 10.3

วิธีการ

1. ผู้ถูกทดลองขี่จักรยาน เป็นเวลา 6 นาที ระดับของงาน 600 กิโลปอนมิเตอร์ต่อนาที จับชีพจรทุกนาที เพื่อหาระดับคงที่ของอัตราการเต้นของหัวใจ
2. หลังจากพัก 10 นาที ขี่จักรยานต่ออีก 6 นาที ที่ระดับงาน 900 กิโลปอนมิเตอร์/นาที จับชีพจรเพื่อหาระดับคงที่
3. เปิดตารางที่ 10.1 และ 10.2 เพื่อประมาณค่า $\text{Max } \dot{V}\text{O}_2$ หน่วยเป็นลิตร/นาที
4. เปิดตารางที่ 10.3 หา $\text{Max } \dot{V}\text{O}_2$ ให้หน่วยเป็นมิลลิลิตร/นาที/น.น. ร่างกาย ก.ก.
5. เปิดตารางที่ 10.4 เพื่อตัดสินระดับสมรรถภาพร่างกาย

ตาราง 10.1 ค่าคาดคะเนของปริมาณการจับออกซิเจนโดยวัดจากชีพจรและระดับความหนักของงาน
 ทำได้ออกมาต่อชั่วโมงโดยผู้ทดสอบโดยใช้ตาราง 10.2 เพื่อเทียบอายุอีกด้วย

Prediction of maximal oxygen uptake from heart rate and work load on a bicycle ergometer. The value should be corrected for age, using the factor given in Table A-4

Men										Women											
Heart rate	Maximal oxygen uptake, liters/min					Heart rate	Maximal oxygen uptake, liters/min					Heart rate	Maximal oxygen uptake, liters/min								
	300 kpm/min	600 kpm/min	900 kpm/min	1200 kpm/min	1500 kpm/min		300 kpm/min	600 kpm/min	900 kpm/min	1200 kpm/min	1500 kpm/min		300 kpm/min	450 kpm/min	600 kpm/min	750 kpm/min	900 kpm/min				
120	2.2	3.5	4.8			148	2.4	3.2	4.3	5.4	120	2.6	3.4	4.1	4.8	148	1.6	2.1	2.6	3.1	3.6
121	2.2	3.4	4.7			149	2.3	3.2	4.3	5.4	121	2.5	3.3	4.0	4.8	149		2.1	2.6	3.0	3.5
122	2.2	3.4	4.6			150	2.3	3.2	4.2	5.3	122	2.5	3.2	3.9	4.7	150	2.0	2.0	2.5	3.0	3.5
123	2.1	3.4	4.6			151	2.3	3.1	4.2	5.2	123	2.4	3.1	3.9	4.6	151	2.0	2.0	2.5	3.0	3.4
124	2.1	3.3	4.5	6.0		152	2.3	3.1	4.1	5.2	124	2.4	3.1	3.8	4.5	152	2.0	2.5	2.9	3.4	3.4
125	2.0	3.2	4.4	5.9		153	2.2	3.0	4.1	5.1	125	2.3	3.0	3.7	4.4	153	2.0	2.4	2.9	3.3	3.3
126	2.0	3.2	4.4	5.8		154	2.2	3.0	4.0	5.1	126	2.3	3.0	3.6	4.3	154	2.0	2.4	2.8	3.3	
127	2.0	3.1	4.3	5.7		155	2.2	3.0	4.0	5.0	127	2.2	2.9	3.5	4.2	155	1.9	2.4	2.8	3.2	
128	2.0	3.1	4.2	5.6		156	2.2	2.9	4.0	5.0	128	2.2	2.8	3.5	4.2	156	1.9	2.3	2.8	3.2	
129	1.9	3.0	4.2	5.6		157	2.1	2.9	3.9	4.9	129	2.2	2.8	3.4	4.1	157	1.9	2.3	2.7	3.2	
130	1.9	3.0	4.1	5.5		158	2.1	2.9	3.9	4.9	130	2.1	2.7	3.4	4.0	158	1.8	2.3	2.7	3.1	
131	1.9	2.9	4.0	5.4		159	2.1	2.8	3.8	4.8	131	2.1	2.7	3.4	4.0	159	1.8	2.2	2.7	3.1	
132	1.8	2.9	4.0	5.3		160	2.1	2.8	3.8	4.8	132	2.0	2.7	3.3	3.9	160	1.8	2.2	2.6	3.0	
133	1.8	2.8	3.9	5.3		161	2.0	2.8	3.7	4.7	133	2.0	2.6	3.2	3.8	161	1.8	2.2	2.6	3.0	
134	1.8	2.8	3.9	5.2		162	2.0	2.8	3.7	4.6	134	2.0	2.6	3.2	3.8	162	1.8	2.2	2.6	3.0	
135	1.7	2.8	3.8	5.1		163	2.0	2.8	3.7	4.6	135	2.0	2.6	3.1	3.7	163	1.7	2.2	2.6	2.9	
136	1.7	2.7	3.8	5.0		164	2.0	2.7	3.6	4.5	136	1.9	2.5	3.1	3.6	164	1.7	2.1	2.5	2.9	
137	1.7	2.7	3.7	5.0		165	2.0	2.7	3.6	4.5	137	1.9	2.5	3.0	3.6	165	1.7	2.1	2.5	2.9	
138	1.6	2.7	3.7	4.9		166	1.9	2.7	3.6	4.5	138	1.8	2.4	3.0	3.5	166	1.6	2.1	2.5	2.8	
139	1.6	2.6	3.6	4.8		167	1.9	2.6	3.5	4.4	139	1.8	2.4	2.9	3.5	167	1.6	2.1	2.4	2.8	
140	1.6	2.6	3.6	4.8	6.0	168	1.9	2.6	3.5	4.4	140	1.8	2.4	2.8	3.4	168	1.6	2.0	2.4	2.8	
141		2.6	3.5	4.7	5.9	169	1.9	2.6	3.5	4.3	141	1.8	2.3	2.8	3.4	169	1.6	2.0	2.4	2.8	
142		2.6	3.5	4.6	5.8	170	1.8	2.6	3.4	4.3	142	1.7	2.3	2.8	3.3	170	1.6	2.0	2.4	2.7	
143		2.5	3.4	4.6	5.7						143	1.7	2.2	2.7	3.3	170					
144		2.5	3.4	4.5	5.7						144	1.7	2.2	2.7	3.2	170					
145		2.4	3.4	4.5	5.6						145	1.6	2.2	2.7	3.2	170					
146		2.4	3.3	4.4	5.6						146	1.6	2.2	2.6	3.2	170					
147		2.4	3.3	4.4	5.5						147	1.6	2.1	2.6	3.1	170					

ตาราง 10.2 ค่าคาดคะเนจับออกซิเจนที่ได้มาแล้วต้องนำองค์ประกอบเรื่องอายุพิจารณาด้วย

1. ถ้าผู้รับการทดลองอายุสูงกว่า 30-35 หรือ 2 เมื่ออัตราชีพจรสูงสุดวัดได้ค่าแท้จริงแล้ว ให้เอาตัวเลขในตารางคูณด้วยค่าที่ได้จากตาราง 10.1

Age	Factor	Max heart rate	Factor
15	1.10	210	1.12
25	1.00	200	1.00
35	0.87	190	0.93
40	0.83	180	0.83
45	0.78	170	0.75
50	0.75	160	0.69
55	0.71	150	0.64
60	0.68		
65	0.65		

APPENDIX

Calculation of maximal oxygen uptake, ml/kg X min

Body weight, lb	kg	Maximal oxygen uptake, liters/min																		Body weight, lb	kg	Maximal oxygen uptake, liters/min																																												
		1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2			3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0																	
110	50	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120																			
112	51	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75	77	79	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99	101	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121																		
115	52	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75	77	79	81	83	85	87	89	91	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	113	115	117	119	121																	
117	53	28	30	32	34	36	38	40	42	43	45	47	49	51	53	55	56	57	59	61	63	65	67	69	70	72	74	76	78	80	81	83	85	87	89	91	92	94	96	98	100	102	104	106	108	109	111	113	115	117	119	121														
119	54	28	30	31	33	35	37	39	41	43	44	46	48	50	52	54	55	56	57	59	61	63	64	66	67	69	71	72	74	76	78	80	81	83	84	86	88	90	91	93	95	96	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121											
121	55	27	29	31	33	35	36	38	40	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	65	67	69	71	72	74	76	78	80	82	84	85	87	89	91	93	95	96	98	100	102	104	105	107	109	111	113	115	117	119	121													
123	56	27	29	30	32	34	36	38	39	41	43	45	46	48	50	52	54	55	57	59	61	63	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	91	93	95	96	98	100	102	104	106	107	109	111	113	115	117	119	121													
125	57	26	28	30	32	34	35	37	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	56	58	60	61	63	65	67	68	70	72	74	75	77	79	81	82	84	86	88	90	91	93	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121											
128	58	26	28	29	31	33	34	36	37	39	41	42	44	46	47	49	50	52	54	56	58	60	61	63	64	66	67	69	71	72	74	76	78	80	81	83	84	86	88	90	92	93	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121									
130	59	25	27	29	31	32	34	36	37	39	41	42	44	46	47	49	50	52	54	56	58	60	61	63	64	66	67	69	71	72	74	76	78	80	81	83	84	86	88	90	92	93	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121									
132	60	25	27	28	30	32	33	35	36	38	39	41	42	44	45	47	49	50	52	53	55	57	58	60	62	63	65	67	69	71	72	74	75	77	79	80	82	83	85	86	88	90	92	93	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121							
134	61	25	26	28	30	31	33	34	36	38	39	41	42	44	45	47	49	50	52	53	55	56	58	60	61	63	64	66	67	69	71	72	74	75	77	79	80	82	83	85	86	88	90	92	94	95	97	98	100	102	104	105	107	109	111	113	115	117	119	121						
137	62	24	26	27	29	31	32	34	35	37	39	40	42	44	45	47	49	50	52	53	55	56	58	60	61	63	64	66	68	70	71	73	74	76	77	79	80	82	83	85	86	88	90	92	94	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121						
139	63	24	25	27	29	30	32	33	35	36	38	40	41	43	44	46	48	49	51	52	54	56	57	59	60	62	63	65	67	68	70	71	73	74	76	78	79	81	83	84	86	88	90	92	94	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121						
141	64	23	25	27	28	30	31	33	34	36	38	39	41	42	44	45	47	48	50	52	53	55	56	58	60	61	63	64	66	67	69	70	72	73	75	76	78	79	81	83	84	86	88	90	92	94	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121					
143	65	23	25	26	28	29	31	32	34	35	37	38	40	41	43	44	46	48	49	51	52	54	55	57	58	60	61	63	64	66	67	69	70	72	73	75	76	78	79	81	83	85	86	88	90	92	94	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121				
146	66	23	24	26	27	29	30	32	33	35	36	38	39	41	42	44	45	47	48	50	52	53	55	56	58	60	61	63	64	66	67	69	70	72	73	75	76	78	79	81	82	84	85	87	88	90	92	94	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121			
148	67	22	24	25	27	28	30	31	33	34	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58	60	61	63	64	66	67	69	70	72	73	75	76	78	79	81	82	84	85	87	88	90	92	94	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121		
150	68	22	24	25	27	28	29	31	32	34	35	37	38	40	41	43	44	46	47	49	50	51	53	54	56	57	59	60	62	63	65	66	68	69	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86	87	89	91	92	94	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121	
152	69	22	23	25	26	28	29	30	32	33	35	36	38	39	41	42	43	45	46	48	49	51	52	54	56	57	59	60	62	63	65	66	68	69	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86	87	89	91	92	94	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121	
154	70	21	23	24	26	27	29	30	31	33	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	49	50	51	53	54	56	57	59	60	62	63	65	66	68	69	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86	87	89	91	92	94	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121
157	71	21	23	24	25	27	28	30	31	32	34	35	37	38	39	41	42	44	45	46	48	49	51	52	54	55	57	59	60	62	63	65	66	68	69	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86	87	89	91	92	94	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121
159	72	21	22	24	25	26	28	29	31	32	33	35	36	38	39	41	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	59	60	62	63	65	66	68	69	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86	87	89	91	92	94	95	97	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117	119	121
161	73	21	22	23	25	26	27	29	30	32	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	47	48	49	51	52	53	55	56	58	60	62	63	64	66	67	69	70	72	73	75	76	78	79	81	82	84	85	87	88	90	92	94	95	97	98	100	102	103	105						

ตาราง 10.4 ค่าประมาณของการจับออกซิเจน และเกณฑ์สมรรถภาพ (มิลลิลิตร/ก.ก./นาที)

ระดับสมรรถภาพ	อายุต่ำกว่า 30 ปี	30-39	40-45	50 ขึ้นไป
ต่ำมาก	-25.0	25.0	25.0	20
ต่ำ	25.0-33.7	25.0-30.1	25.0-26.4	25.0
พอใช้	33.8-42.2	30.2-39.2	26.5-35.4	25.0-33.7
ดี	42.3-51.5	39.2-48.0	35.5-45.0	33.8-43.0
ดีเยี่ยม	51.6-	48.1-	45.1-	43.1

ปฏิบัติการที่ 13

Master Two Step

วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

1. เพื่อวินิจฉัยคนที่ป่วยเป็นโรคหัวใจ
2. เพื่อสำรวจคุณภาพของระบบสูบฉีดโลหิต และทดสอบสมรรถภาพร่างกายในการออกกำลังกาย
3. เพื่อคุฏุกิริยาต่อการฝึกฝนหรือโปรแกรมที่ป้องกันโรค

อุปกรณ์ บันได 2 ชั้น ขึ้นได้ทั้งด้านซ้ายและขวา แต่ละชั้นสูง 9" ลึก 10" กว้าง

20-24"

วิธีทดสอบ

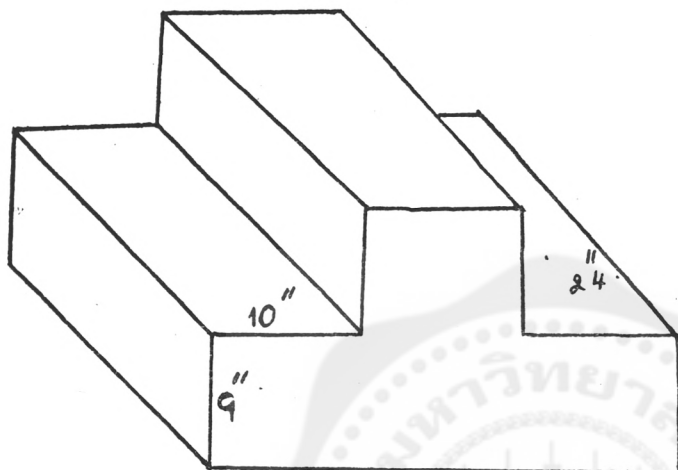
1. จำนวนเที่ยวในการเดินขึ้นลงขึ้นกับอายุ เพศ และน้ำหนัก โดยเปรียบเทียบจาก

ตาราง

2. การนับจำนวนเที่ยวเดินนับจากเมื่อผู้ถูกทดลองก้าวขึ้นชั้นบนของบันได และเดินลงมายังอีกด้านหนึ่ง

3. ระยะเวลาเดิน 3 นาที

4. ใช้เครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจ หรือจับชีพจรทุกนาที และในนาที 1-2 หลังจากออกกำลังกาย



เดินขึ้นบันไดสูง 9" ลึก 10"
กว้าง 20-24" วัด ECG ขณะ
พักและทำงาน จากพื้นเดินขึ้น
บันไดชั้นแรก-ชั้นที่สอง - ลง
ชั้นสาม เหยียบพื้น นับเป็น 1
เที่ยว หันหน้าหาผู้ทดสอบ
ตลอดเวลา ขากลับให้หันหลัง
กลับ จะได้ไม่มีอันตราย

จำนวนเที่ยวในการเดิน ขึ้นกับอายุ น้ำหนัก เดินขึ้นลงภายใน 3 นาที เท่านั้น ดูจาก
ตาราง 13.1 (แต่ถ้าผู้ถูกทดสอบมีอาการมึนงง แน่นหน้าอก หรืออื่นๆ ให้หยุด)

ตาราง 13.1 จำนวนเที่ยวในการเดินขึ้นลง 3 นาที ของการทดสอบก้าวขึ้นลง 12 ขั้น

ชาย (หญิง)

อายุ เป็นปี

น้ำหนัก (ปอนด์)	15 - 19	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39
50 - 59	64 (64)				
60 - 69	62 (60)				
70 - 79	60 (58)				
80 - 89	58 (55)	58 (56)	58 (56)	56 (54)	54 (52)
90 - 99	58 (52)	56 (54)	56 (52)	54 (50)	54 (48)
100 - 109	54 (50)	56 (52)	56 (52)	54 (50)	52 (48)

110 – 119	52 (46)	54 (50)	54 (50)	52 (48)	50 (46)
120 – 129	50 (44)	52 (48)	54 (48)	62 (46)	50 (44)
130 – 139	48 (40)	50 (46)	52 (46)	50 (44)	48 (42)
140 – 149	46 (38)	48 (44)	50 (44)	48 (42)	48 (40)
150 – 159	44 (34)	48 (42)	50 (40)	48 (40)	46 (38)
160 – 169	42 (32)	46 (40)	48 (38)	46 (38)	44 (36)

อัตราการเต้นจะขึ้นถึงขีดสูงสุดเมื่อเดินเสร็จควรจะเป็น 74 % ของ MAX HR ตามอายุ ถ้าเกินนี้เป็นโรคหัวใจ (Angina ST depression) แต่งานที่ทำเป็นงานระดับเบา อัตราการเต้นไม่ควรขึ้นสูงเกิน 115-120 ครั้ง/นาที

อัตราการเต้นสูงสุดเปรียบเทียบตามอายุ

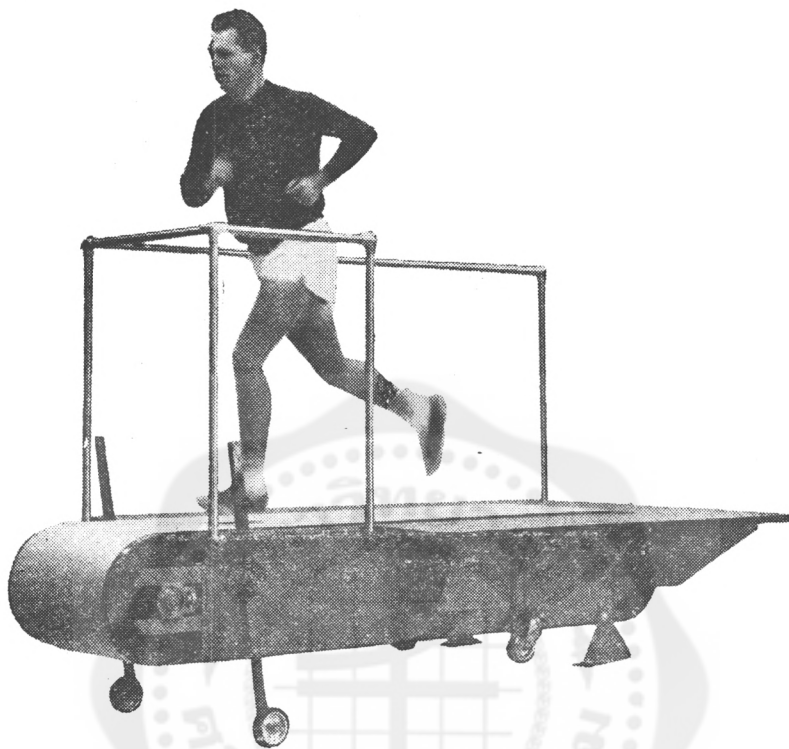
อายุ (ปี)	20	25	30	35	40
อัตราการเต้นสูงสุด	197	195	197	191	189
(ในคนที่ไม่ใช่หนักกีฬา)					
74 % อัตราการเต้นสูงสุด	146	144	142	141	140

ปฏิบัติการที่ 14

Bruce Test

(Multi-stage Treadmill Test of Submaximal and Maximal or P_{170} and P_{150})

การทดสอบนี้อาศัยการเพิ่มความหนักเบาของงาน โดยเริ่มจากเดินช้าๆ เป็นวิ่งเหยาะ และวิ่งเร็ว ความสูงของ Treadmill เพิ่มขึ้นทุกระยะ จนกระทั่งผู้ถูกทดลองวิ่งต่อไปไม่ไหว เพราะเมื่อยแล้ว เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้ออกซิเจนของร่างกาย และเพื่อวินิจฉัยบุคคลที่เป็นโรคหัวใจ



รูปที่ 12.1 ฟันเลื่อนกล (Treadmill) สามารถปรับความเร็ว และความชันได้

วิธีทดสอบ

เดินบนพื้นเลื่อนกล (รูป 12.1) ตามตารางดังนี้

ขั้น	เวลา (นาที)	ระดับงาน (กิโล ปอนด์ เมตร/นาที)	เกรดความชัน (%)
1	เริ่ม	2.7	5
2	3	2.7	12
3	6	3.4	14
4	9	4.2	16
5	12	5.5	20

สูตรในการคำนวณหา $\text{Max } \dot{V}\text{O}_2$ มีดังนี้

$$\begin{aligned}\text{Max } \dot{V}\text{O}_2 \text{ (ม.ล./ก.ก./นาที)} &= 2.94 \text{ (นาทีที่ใช้วิ่ง)} + 7.65 \text{ สำหรับชาย} \\ &= 2.94 \text{ (นาที)} + 3.74 \text{ สำหรับหญิง}\end{aligned}$$

เมื่อได้ค่าประมาณของ $\text{Max } \dot{V}\text{O}_2$ แล้วให้เปรียบเทียบกับตาราง 10.1, 10.2, 10.3 และ 10.4 เพื่อตรวจสอบระดับสมรรถภาพ หรือใช้เกณฑ์ตัวนี้ซึ่งรวบรวมข้อมูลจากนักกีฬาไทย

สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/นาที/น.น. ตัว)

ชาย 64 ขึ้นไป ดีมาก

หญิง 56 ขึ้นไป ดีมาก

58 – 63 ดี

51 – 55 ดี

52 – 57 พอใช้

46 – 50 พอใช้

46 – 51 ก่อนข้างต่ำ

41 – 45 ก่อนข้างต่ำ

ต่ำกว่า 45 ต่ำ

ต่ำกว่า 41 ต่ำ

ปฏิบัติการที่ 15

วัดความสามารถของปอด

Vital capacity (VC) คือ ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่สามารถสูดออกจากปอดหลังจากสูดเข้าเต็มที่แล้ว ค่าเฉลี่ย 3600 ซี.ซี.

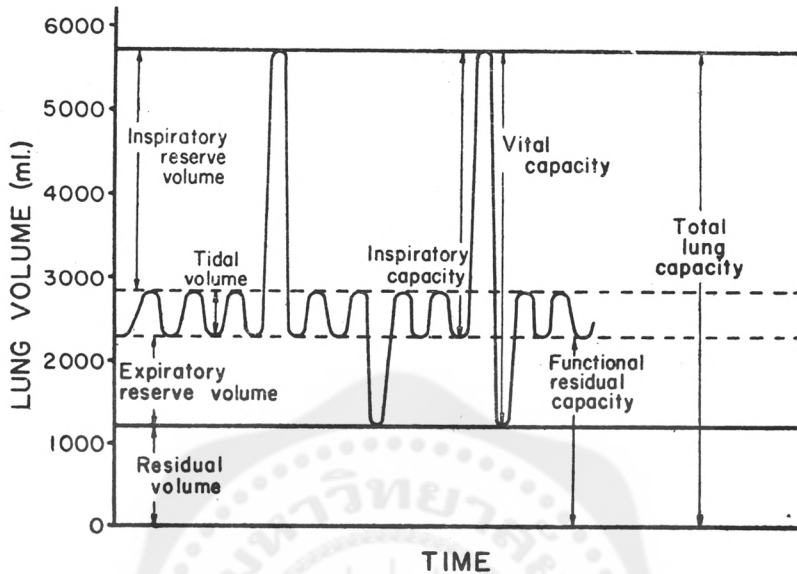
Forced Expiratory Volume (FEV) คือ ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่สามารถสูดออกให้เร็วที่สุดภายในเวลาจำกัด

Maximum breathing Capacity (MBC) คือ ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่สามารถควบคุมให้หายใจออกในเวลาจำกัด

ไคอะแกรมข้างล่างนี้ แสดงถึงปริมาตรอากาศในขณะหายใจเป็นปกติ หายใจเข้าออก

เต็มที่

รูป 15.1 ปริมาตรอากาศในขณะหายใจเข้าออกปกติและเต็มที่



อุปกรณ์ (ดูรูป 5.1 โดยเฉพาะแบบ Recording vitalometer)

มี Respirometer ซึ่งใช้ Kymograph ทำด้วยอลูมิเนียม หมุนด้วยความเร็ว 16 ม.ม./นาที และ 32 ม.ม./นาที

ขั้นตอนเตรียม

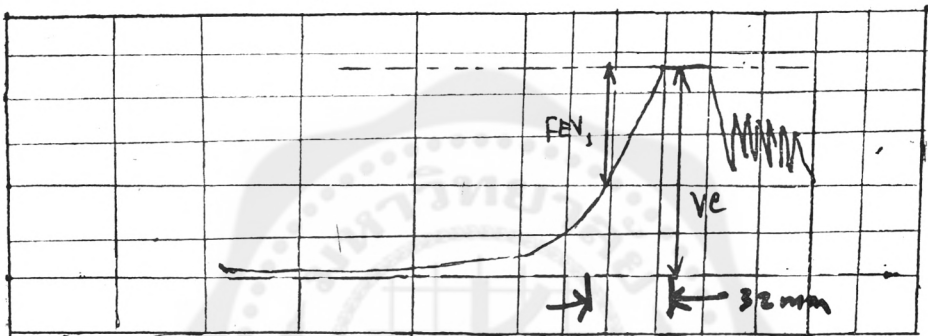
1. ตรวจสอบความเรียบร้อยของ spirometer
2. ใส่กระดาษบันทึกเข้าที่ Kymograph
3. ปากกามีหมึก และใช้งานได้

วิธีวัด VC และ FEV

1. บันทึกอุณหภูมิของห้อง
2. อธิบายวิธีทดสอบให้ผู้ถูกทดลองเข้าใจโดยละเอียดก่อน
3. ทำความสะอาดท่อใช้ปากเป่า (Mouthpiece) สำหรับผู้ถูกทดลองแต่ละคน
4. ผู้ถูกทดลองยืน และฝึกหัดหายใจด้วยการใช้ Mouthpiece ประมาณ 3 นาที

5. หันปากกาให้จติดกับกระตาะขบันทึก แล้วเปิด spirometer ให้หมุนด้วยความเร็วช้าก่อน (16 ม.ม./นาทีก)
6. เมื่อทุกอย่างเรียบร้อย ส่งให้ผู้ถูกทดสอบหายใจเข้าเต็มที่ให้มากที่สุด กลั้นหายใจ 1 วินาที แล้วเปิดสวิตช์เปลี่ยนความเร็ว (32 ม.ม./นาทีก) หายใจออกเต็มที่
7. ทำซ้ำข้อ 6 2-3 ครั้ง เพื่อให้ค่า VC และ FEV₁ ที่ได้ ผิดพลาดน้อยที่สุด

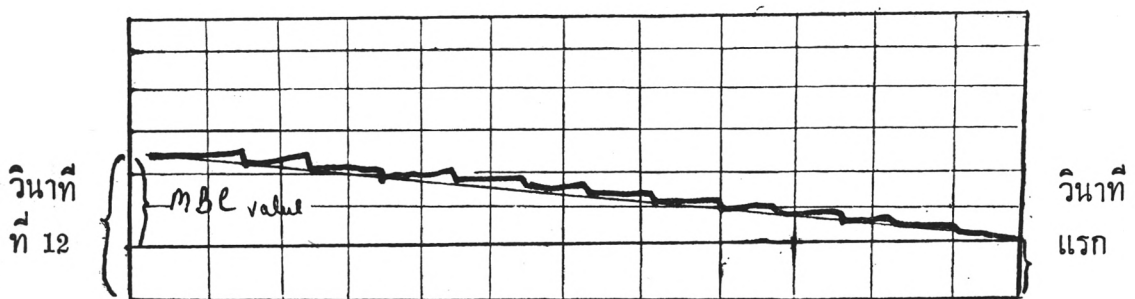
$$VC = \text{จำนวน ม.ม. ที่อ่านได้} \times \text{bell factor} \times \text{BTPS correction}$$



VC. and FEV. reading

วิธีทดสอบ MBC

1. ตั้งเครื่องให้จังหวะ (metronome) เพื่อกำหนดจังหวะหายใจ (80 ครั้ง/นาทีก)
2. ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่ง ผีอกหายใจเข้าออกตามจังหวะ
3. ให้ผู้ถูกทดสอบหายใจเข้าออกเต็มที่ภายใน 12 วินาที
4. จะได้กราฟออกมาในลักษณะนี้



MBC. reading

วิธีคำนวณ

1. เปลี่ยนให้เป็น BTPS

$$\text{ปริมาตร (BTPS)} = \text{ปริมาตรที่ได้} (273 + 37^{\circ} \text{ ซ}) \times \text{ความกดอากาศ} - \text{PH}_2\text{O} \\ (\text{อุณหภูมิบันทึก } 273 + \text{อุณหภูมิที่บันทึก ความกดอากาศ} - 47)$$

หรือใช้ Collins' nomogram

2. MBC : $12 \times 5 \times X$ ม.ม.

สำหรับ Maximum breathing capacity อาจใช้เครื่องวัดเฉพาะ MBC นี้ได้ (รูป 5.1)

ปฏิบัติการที่ 16

การคำนวณหาพลังงาน และความสามารถของการหายใจ

(Metabolic and Respiratory Calculations)

ในการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการสะสมอากาศที่หายใจออก ก่อนจะรายงานปริมาตรอากาศ หรือหาจำนวนพลังงานนั้น ต้องคำนึงว่า อากาศที่วัดนั้นอยู่ในห้อง ความกดตันของอากาศที่ได้ คือ barometric pressure อุณหภูมิที่วัดได้นั้นเป็นอุณหภูมิของเครื่องมือ spirometer สภาพเช่นนี้เราเรียกว่า ATPS (Ambient Temperature Pressure Saturated)

1. การวัดปริมาตรของปอดและการหายใจ

เมื่อวัดความจุปอดและการหายใจ ปัญหาที่ติดตามาคือ ความจุปอดที่มีลมหายใจออกนั้นประกอบด้วยอะไร ความจุปอดวัดได้จากปริมาตรของอากาศที่สูดออกจากปอดเข้าสู่เครื่องมือ spirometer ซึ่งได้มีอากาศปรกติผสมอยู่ก่อนแล้ว เมื่อเราสูดลมหายใจออกเข้าไปในเครื่องมือทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องมือลดลง และปริมาตรอากาศลดลงด้วย ดังนั้น ค่าที่ได้ออกมาเป็น ATPS จำต้องแก้ไข เพื่อให้ได้หน่วยมาตรฐานคือ อุณหภูมิร่างกายปรกติ 37° ซ , ความกดตันปรกติ, อากาศที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำเรียกว่า ATPS (body temperature pressure Saturated)

สูตรเปลี่ยน ATPS ให้เป็น BTPS

$$\frac{\text{ความจุปอด (BTPS)}}{\text{(BTPS)}} = \frac{\text{ความจุปอด (ATPS)}}{\text{(ATPS)}} \times \frac{310}{273 + \text{องศา ซ.}} \times \frac{\text{Pb} - \text{PH}_2\text{O}}{\text{Pb} - 47}$$

Pb = barometric pressure (ความกดดันของบรรยากาศ)

PH₂O = Vapor pressure (ความกดดันของน้ำในอากาศทั่วไป)

2. คำนวณหาออกซิเจนที่ใช้ในเซลล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตออก

(Oxygen consumption & Carbondioxide Production)

ปัญหาเมื่อวัดออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้และถ่ายออกในขณะที่พักหรือออกกำลังกายก็คืออากาศที่แลกเปลี่ยนมีจำนวนเท่าไร เราสามารถวัดปริมาตร (มิลลิลิตร) อากาศในสภาพ ATPS แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในสภาพมาตรฐานที่ 0°ซ. 760 มม. และอากาศแห้ง เรียกว่า STPD (Standard Temperature Pressure Dry)

สูตรเปลี่ยน STPD ให้เป็น ATPS

$$\frac{\text{ปริมาตร (STPD)}}{\text{(STPD)}} = \frac{\text{ปริมาตร (ATPS)}}{\text{(ATPS)}} \times \frac{\text{Pb} - \text{PH}_2\text{O}}{760} \times \frac{273}{273 + t}$$

t = อุณหภูมิในห้อง

PH₂O = ความกดดันของไอน้ำในอากาศ

สูตรคำนวณหา จำนวนออกซิเจนที่ใช้ และจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตออก ($\dot{V}\text{CO}_2$)

$$\dot{V}\text{O}_2 = \dot{V}_E \left[\frac{1 - (\text{FEO}_2 + \text{FECO}_2)}{0.7903} \right] 0.2093 - \dot{V}_E (\text{FEO}_2)$$

$\dot{V}_E$ = pulmonary ventilation (STPD)

FEO_2 = fraction of O₂ in expired air

FECO_2 = fraction of CO₂ in expired air

$$\dot{V}\text{CO}_2 = \dot{V}_E (\text{FECO}_2) - 0.03$$

สูตรหา Respiratory Quotient (RQ)

Respiratory Quotient คือ ปริมาตรของอัตราส่วนระหว่าง $\dot{V}\text{CO}_2$ และ $\dot{V}\text{O}_2$

$\text{RQ} = \frac{\dot{V}\text{CO}_2}{\dot{V}\text{O}_2}$ ซึ่งเป็นครรชนชี้ให้เห็นว่าพลังงานที่ใช้ได้มาจากอะไร อาทิ ถ้าได้จาก

$\dot{V}\text{O}_2$ คาร์โบไฮเดรต $\text{RQ} = 1.0$ เพราะการเผาผลาญของการโบไฮเดรต

จำนวนที่ใช้ O_2 เท่ากับจำนวน CO_2 ที่ถ่ายออก

สูตรหาพลังงานจ่าย (Energy Expenditure)

หน่วยของพลังงานที่ใช้เป็นกิโลคาลอรีต่อนาที

กิโลคาลอรี/นาที = $\dot{V}\text{O}_2$ (ลิตร/นาที) $\times 5.0$

5.0 นี้เป็นค่าเฉลี่ยของคาลอรี ซึ่งเท่ากับใช้ O_2 1 ลิตร สำหรับงานหนักปานกลาง

ค่าที่แท้จริงของคาลอรีเกี่ยวข้องกับ RQ เช่น 4.69 ($\text{RQ} = .71$) และ 5.05 ($\text{RQ} = 1.0$)

ปฏิบัติการที่ 17

วิธีวัดผลของการฝึกฝนกีฬา

วัตถุประสงค์

เพื่อสังเกตผลของการฝึกซ้อมกีฬาต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

เนื้อ ความยืดหยุ่นของข้อต่อ เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย และสัดส่วนต่างๆ

อุปกรณ์

ถ้าไม่มีใช้สิ่งเหล่านี้แทน

ม้านั่ง 20" สำหรับชาย

เก้าอี้

18" สำหรับหญิง

เครื่องให้จังหวะ (metronome)

นาฬิกาจับเวลา

นาฬิกาข้อมือ

เครื่องวัดความแข็งแรงมือ (hand dynamometer) (รูป 2.1)

ตาชั่งที่ใช้ในห้องน้ำ

เครื่องวัดความแข็งแรงขาและหลัง (รูป 17.1)

Leighton Flexometer

สายวัดตัว

Skinfold caliper (รูป 6.1)

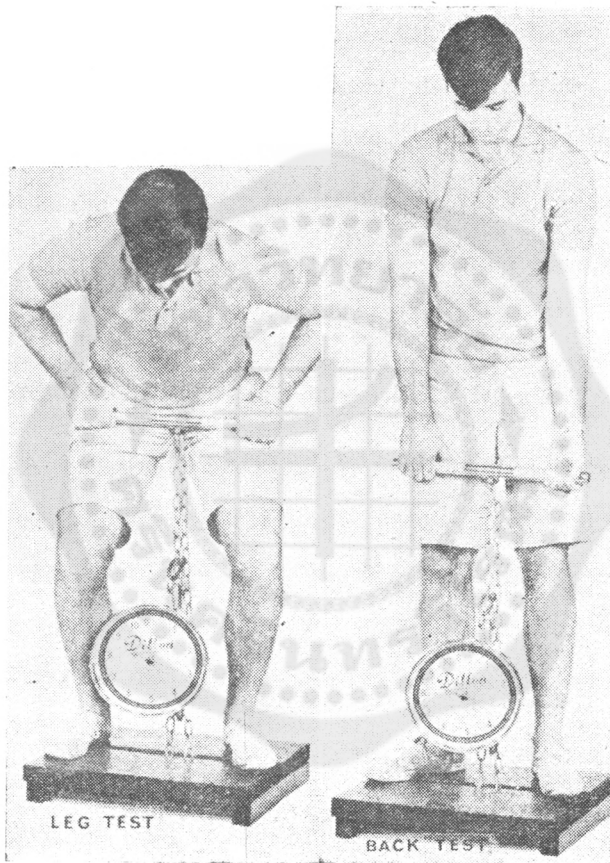
เครื่องวัดความสูง, ตาซัง

เครื่องมือวัดสัดส่วน

Goniometer

ถั่งน้ำใช้ชั่งคนไต้หวัน

สายวัดตัว



รูปที่ 17.1 เครื่องวัดพลังยกของขาและหลัง

วิธีทำ

ก. ให้ทดสอบก่อนฝึกซ้อมกีฬา โดยรวบรวมข้อมูลเหล่านี้

1. เพศ (ชายหรือหญิง)
2. อายุ (ปี, เดือน)

3. ความสูง (ซ.ม.)
4. น้ำหนัก (ก.ก.)
5. มุมความงอของตะโพก (Hip flexion) (วัดเป็นองศา)
6. การงอของข้อเท้า (องศา)
7. การงอของเข่า (องศา)
8. เปอร์เซนต์ไขมัน

ก. ผู้หญิง ความหนาแน่น (ก./ม.ล.) = $1.0764 - 0.00081$ (ส่วนหนาของ suprailiac แนว mid-axillary line) - 0.00088 (ส่วนหนาของผิวหนังชั้นหนังหลังของแขน ครึ่งทางของเส้นที่ลากระหว่าง acromion และ olecranon process โดยแขนแนบลำตัว)

ข. ผู้ชาย ความหนาแน่น (ก./ม.ล.) = $1.1043 - 0.00133$ (ความหนาของผิวหนังชั้นหนังขาอ่อน เป็น ม.ม.) - 0.00131 (ความหนาของผิวหนังชั้นหนัง subscapular)

ค. เปอร์เซนต์ไขมัน = $100 (4.570 / \text{ความหนาแน่น} - 4.142)$

9. ส่วนรอบอก (ซ.ม.)
10. ส่วนรอบเอว (ซ.ม. วัดที่สะดือ)
11. ส่วนรอบตะโพก (ซ.ม. วัดที่กระดูก trochanter)
12. ส่วนรอบขาอ่อน (ซ.ม.) ครึ่งทางของกระดูก femur
13. ความแข็งแรงของขา (จัดเป็น ก.ก. และ ก.ก./ก.ก. น้ำหนัก)
14. ความแข็งแรงมือในการบีบมือซ้าย (ก.ก., ก.ก./ก.ก. น.น.)
มือขวา (ก.ก., ก.ก./ก.ก. น.น.)

15. PEI

16. Pull-up (1 นาที)

17. ลูก-นั่ง (2 นาที)

18. วิดน้ำ Push-up (2 นาที)

ข. การฝึกซ้อมกีฬา

ให้แต่ละคนฝึกซ้อมกีฬาตามแต่ความสนใจเป็นระยะเวลา 1 เทอม

ก. การทดสอบหลังการฝึกซ้อม วัดเช่นเดียวกัน

ผลการทดลอง

ให้แต่ละคนรวบรวมและเสนอข้อมูลลงในตาราง 17.1

ตาราง 17.1 ข้อมูล การทดสอบก่อน – หลังฝึกซ้อม ของเกณฑ์วัดทางสมรรถภาพ
และสรีรภาพ

ชื่อ _____ ระยะฝึกซ้อม _____ เพศ _____

สิ่งที่วัด _____ ก่อนฝึก _____ หลังฝึก _____

อายุ _____

ความสูง _____
น้ำหนัก _____

มมของตะโพก _____

มมของเข้า _____

มมของข้อเท้า _____

เปอร์เซ็นต์ไขมัน _____

ความหนาผิวหนัง _____

Suprailiac crest (ผู้หญิง) _____

หลังต้นแขน (หญิง) _____

ครึ่งทางค้ำหน้าของขาอ่อน (ชาย) _____

มมล่างของ subscapular (ชาย) _____

รอบอก _____

รอบเอว _____

รอบขาอ่อน _____

ความแข็งแรงขา _____

แรงบีบมือ

มือซ้าย

มือขวา

PEI

คันช้อ

ลูก – หนึ่ง

วัดนา

ปฏิบัติการที่ 18

ผลของการออกกำลังกายเป็นจังหวะต่อระบบไหลเวียน

วัตถุประสงค์

ก. เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต เนื่องจากการออกกำลังกายระดับต่างๆ

ข. เพื่อศึกษาถึงความหมายของการเต้นหัวใจ บันทึกด้วย อี เค จี ขณะพักและออกกำลังกาย

อุปกรณ์

(ถ้าไม่มีให้ใช้แทน)

จักรยานอยู่กับที่

Treadmill

เครื่อง EKG (รูป 18.1)

เครื่องจับชีพจร

นาฬิกาจับเวลา

เครื่องกำกับเวลา

นาฬิกา

เครื่องวัดความดัน (รูป 18.1)

เครื่องวัดความกดอากาศ

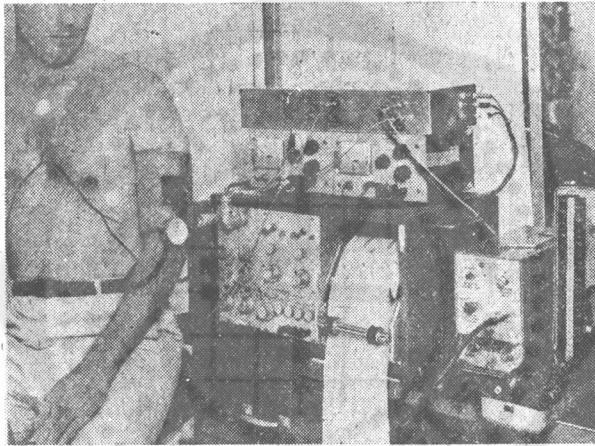
เครื่องวัดอุณหภูมิ

วิธีวัด

ก. ขณะเตรียม

1. บีบ sphygmo manometer cuff เข้าที่ต้นแขนของผู้ถูกทดลอง ใช้เทปติดไว้ เพื่อไม่ให้หล่นขณะออกกำลัง ทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งของ brachial artery เพื่อเวลา วัดความดันโลหิต จะได้ใช้ stethoscope ถูกที่โดยไม่เสียเวลาค้นหา

2. เตรียมวัดการเต้นของหัวใจ โดยใช้เครื่องมือ EKG ติด electrode ที่หน้าอก ตาม บริเวณที่ต้องการ



รูปที่ 18.1 เครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้าทำงานของหัวใจ โดยใช้แผ่นสื่อนำไฟฟ้า ติดเข้าที่ 3 ตำแหน่งบนทรวงอกแล้วต่อเข้าเครื่อง เครื่องมือใน ภาพยังมีอุปกรณ์วัดความดันโลหิต แบบวัดตลอดเวลาลงบน แผ่นกระดาษ เครื่องมือชุดนี้ราคาสูงมาก ดังนั้นการวัดอัตรา เต้นของหัวใจจึงนิยมจับชีพจร และเครื่องวัดความดันโลหิตใช้ แต่ Stethoscope และ Sphygmomanometer

ข. ขณะพัก

ในระหว่างนาทีที่ 6, 8, 10 ขณะนอนพักให้วัด

1. EKG ให้วัดยาวพอควร ทุกคนในชั้นได้ตัวอย่างกระดาษ

2. จับชีพจร ผู้เรียนคนหนึ่งจับชีพจรที่ carotid artery อีกคนหนึ่งจับที่ radial artery เป็นเวลา 30 วินาที อีกคนหนึ่งจับโดยใช้เครื่องฟังที่หัวใจโดยใช้ stethoscope ฟังที่ตำแหน่งระหว่างกระดูกซี่โครงชั้นที่ 4 มุมซ้ายของกระดูกอก (sternum)

3. วัดความดันโลหิต ใช้ stethoscope ฟังเสียง เสียงแรกที่ได้ยินหลังจากบังอากาศเข้าไป คือ systolic pressure เสียงที่หายไปเป็น diastolic

ค. ออกกำลังกาย

ให้วัดทุก ๆ นาทีของการออกกำลังกายซึ่งแบ่งเป็น 3 ตอน 150 Kp.m/นาที, 750 กิโลปอนด์มิเตอร์/นาที, 1600 กิโลปอนด์มิเตอร์/นาที พัก 5 นาที หลังจากออกกำลังกายแต่ละตอน

ง. หลังออกกำลังกาย

วิจารณ์ผล

ก. วิจารณ์ผลของการวัด แนวทางของการเปลี่ยนแปลง และอธิบายว่าในการออกกำลังกายทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดไหน

ข. วิจารณ์สิ่งที่วัดผลออกมาแล้วไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลง ยกตัวอย่างการออกกำลังกายคือ ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

สรุป

ให้สรุปสั้น ๆ ถึงผลการฝึกซ้อมที่มีต่ออัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (PEI) ความยืดหยุ่นของตัว, ความแข็งแรง, เปอร์เซนต์ไขมัน, และสัดส่วน

นำมาประยุกต์

จะนำเอาความรู้มาใช้ในการสอนและโค้ช ทักษะกีฬาได้อย่างไร

เพื่อให้ นักกีฬาหรือผู้เรียนได้ตรวจสอบสุขภาพของตนเอง หรือนักกีฬาในความดูแล ตลอดเวลา ควรจะได้บันทึกการตรวจสอบสุขภาพดังเช่นแสดงไว้ในตาราง 17.2 ซึ่งนำมาจากบันทึกการตรวจสอบสุขภาพนักกีฬาไทยของศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬาแห่งประเทศไทย

บันทึกการตรวจสอบสภาพนักกีฬาไทย

ชื่อ..... เพศ..... วัน, เดือน, ปีเกิด.....
 บ้านเกิด..... อาชีพ.....
 กีฬา.....
 สถิติที่ดีที่สุด - เมื่อ.....

การตรวจ	วันที่							
๑. หัวใจ สูง ซม. น้ำหนัก กก. ชีพจร ครั้ง/นาที ความดัน มม.ปรอท								
๒. การหายใจ อัตราการหายใจ ครั้ง/นาที ความจุปอด ล.ซม. ความสามารถในการหายใจสูงสุด } ล. / นาที ความสามารถในการหายใจออกซิเจน } ล. / นาที / ล.ซม. / กก. / นาที								
๓. พลัง พลังบีบมือ กก. พลังงอแขน กก. พลังเหยียดขา กก. พลังหลัง กก.								
๔. ความสมบูรณ์ ฮาร์วาร์ต สเตป เทสต์ คะแนน								
๕. ปีนกระโดดสูง ซม. ปีนกระโดดไกล ซม. วิ่งสลับทันปลาเก็บของ วินาที								
๖. การตรวจทางห้องปฏิบัติการ ฮีโมโกลบิน g/dl								

ให้วัดทุกอย่าง ในช่วงพัก 5 นาที ทุกๆ นาที โดยวัดการเต้นของหัวใจ ใน 10 วินาที
แรกของแต่ละนาที

ผลการทดสอบ

1. ให้รวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ออกกำลังกาย และหลังออกกำลังกาย

วันที่ _____ เวลา _____ ความกดอากาศ _____
ความชื้น _____ อุณหภูมิ _____

ขณะพัก : การเต้นของหัวใจ วัดโดย EKG carotid
brachial Auscultation (ใช้หูฟังหรือ stetho scope)

ขณะออกกำลังกาย :

	150 ก.ป.-ม./นาที			750			1500		
EKG	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Carotid									
brachial									
Auscultation									

ขณะออกกำลังกาย

	150 ก.ป.-ม./นาที			750			1500		
EKG	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Carotid									
brachial									
auscultation									

2. ให้สร้างกราฟขึ้นมาจากข้อมูลในข้อ 1

อัตราเต้นของหัวใจ
(ครั้ง/นาที)

พัก ออกกำลังกาย หลังออกกำลังกาย

รูปที่ 1 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก, ออกกำลังกาย, และหลังออกกำลังกาย

3. ให้แสดงรูปอัตราการเต้นของหัวใจวัดโดย EKG เปรียบเทียบระหว่างพัก และออกกำลังกาย

อี เค จี ขณะพัก

อี เค จี ขณะออกกำลังกาย

4. เวลาใช้ EKG ความเร็วกระดาษ 25 ม.ม./วินาที ให้คำนวณหา

PS interval

ST interval

TP interval

ขณะพัก

ออกกำลังกาย

5. สร้างกราฟ แสดงความดันโลหิต

ความดัน
(ม.ม.ปรอท)

ขณะพัก

ออกกำลังกาย

หลังออกกำลังกาย

รูปที่ 2 แสดง SBP และ DBP เวลาพัก ออกกำลังกาย หลังออกกำลังกาย

6. คำนวณหา pulse pressure (pp) = SBP – DBP โดยใช้สูตรนี้ แล้วเขียนใส่ตาราง ตารางที่ 2 pulse pressure ขณะพัก ออกกำลัง และหลังออกกำลัง

	ขณะพัก			ออกกำลัง			หลังออกกำลัง				
150 ก.ป.-ม./นาที	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5
750											
1500											

7. คำนวณหา Mean arterial blood pressure (MABP) โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\text{MABP} = \text{DBP} + 1/3 \text{ PP}$$

ตารางที่ 3 MABP ขณะพักและออกกำลัง

พัก	150 ก.ป.-ม./นาที	750 ก.ป.ม./นาที	1500 ก.ป.ม./นาที
MABP			

บทวิจารณ์

1. เปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้วิธีวัดต่างกัน ถ้าเครื่องมือ อี เค จี ไม่มีจะวัดแบบไหน ทำไม
2. อัตราการเต้นของหัวใจ สัมพันธ์อย่างไรกับระดับความหนักเบาของการออกกำลังและความหนักเบาของการออกกำลังกาย มีผลอย่างไรต่อการเต้นของหัวใจขณะพักฟื้น
3. วัตถุประสงค์ในการใช้ อี เคจี เพื่ออะไร ส่วนไหนที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อเปลี่ยนจากพักมาเป็นออกกำลัง

4. Pulse pressure เป็นตัวที่ชี้ให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของ stroke volume อย่างคร่าวๆ จงอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ SV จากพัก ออกกำลัง และพักขึ้น
5. MABP แสดงถึงอัตราการไหลของโลหิตแดง การวัด MABP สำคัญกว่า SBP หรือ DBP ขณะออกกำลังเพราะเหตุใด
6. อธิบายตามหลักสรีรวิทยา เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของ SBP และ DBP

สรุปและวิจารณ์

บทประยุกต์

1. การวัดอัตราเต้นของหัวใจ ให้นำผลและสรุปอธิบายเหตุการณ์ในการเล่นกีฬา
2. ปฏิบัติการของการเต้นหัวใจต่อการออกกำลัง
3. ปฏิบัติการของความดันโลหิตต่อการออกกำลัง

ปฏิบัติการที่ 19

ผลของการเปลี่ยนทรวดทรง และออกกำลังแบบไอโซเมตริกต่อการเต้นหัวใจ
ความดันโลหิต และความดันชีพจร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสังเกตผลของการเปลี่ยนตำแหน่งร่างกายที่มีต่ออัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต
2. เพื่อให้ผู้เรียนคุ้นเคยกับการออกกำลังแบบไอโซเมตริก และผลที่มีต่อการเต้นของหัวใจความดันโลหิต

อุปกรณ์

เครื่องวัดความดันโลหิต (Stethoscope และ sphygmomanometer)

อี เก จี

นาฬิกาจับเวลา

บาร์เบล และน้ำหนัก 300 ปอนด์

ที่รองสำหรับไหล่
เครื่องวัดมุม (Goniometer)
ตาชั่ง
สายวัดตัว

วิธีทดลอง

- ก. ผู้ถูกทดลอง ควรมีสุขภาพดี ทั้งหญิง, และชาย แบ่งกลุ่มย่อย เพศละ 4 กลุ่ม
- ข. ทดสอบโดยเปลี่ยนแปลงท่าทรวงทรง (posture)
1. ผู้ถูกทดลองอยู่ในท่านอนหงาย 5 นาที
 2. จับชีพจร 30 วินาที และวัดความดันโลหิต
 3. ผู้ถูกทดลองนั่ง 2 นาที แล้วจับชีพจร และความดัน
 4. เปลี่ยนเป็นท่านยืน 2 นาที วัดชีพจรและความดัน
 5. บันทึกอัตราการเต้นหัวใจ และความดัน (ชีพจรมีหน่วย ครั้ง/นาที)
- ค. ออกกำลัง โดยแบ่งผู้ถูกทดลองออกเป็น 4 กลุ่มย่อย
1. ทำงานแบบไอโซเมตริก + ไม่เพิ่มน้ำหนัก
 2. ทำงานแบบไอโซเมตริก + เพิ่ม น.น. $\frac{1}{2}$ ร่างกาย
 3. ทำงานแบบไอโซเมตริก + เพิ่ม น.น. เท่ากับ น.น. ร่างกาย
 4. ทำงานแบบไอโซเมตริก + เพิ่ม น.น. 2 เท่า น.น. ร่างกาย
1. ให้ผู้ถูกทดลองนั่งบนเก้าอี้ 5 นาที วัดชีพจร และความดัน ชั่ง น.น. (ก.ก.)
 2. กำหนดน้ำหนักที่ผู้ถูกทดลองแต่ละคนจะต้องเพิ่มงาน แล้วแบ่งกลุ่ม
 3. ผู้ถูกทดลองยืนมุมระหว่างขาข้ออ่อน (30° สอดเบาะกับหลังไหล่ ใส่บาร์เบลที่ไหล่ เท้าห่าง 1 ฟุต ตามน้ำหนักที่กำหนดไว้)
 4. ผู้ถูกทดลองยืน 2 นาที หรือยืนกว่าจะล้า
 5. ทันทีก่อนบาร์เบลออก ให้ผู้ถูกทดลองนั่งลง เพื่อวัดในขณะพักฟื้น
 6. จับชีพจรทุกนาทีใน 5 นาที และวัดความดันโลหิต
 7. กำหนดหาความดันชีพจร pulse pressure
 8. บันทึกอัตราเต้นของหัวใจ ความดัน ลงในกระดาษ

ผลการทดลอง

1. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนตำแหน่งร่างกาย

ชื่อ _____ เวลา _____ อดทน _____

ความชื้น _____ ความกดอากาศ _____

ตาราง 1 ผลของทรวงทรวงต่อการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และความดันชีพจร

ท่านอน ท่านั่ง ทำยืน

อายุ น.น. HR BP PP / HR BP PP / HR BP PP

ชาย

หญิง

2. หาค่าเฉลี่ยหน่วยที่จัด ทั้งชายและหญิง แล้วสร้างกราฟ ใช้สีแสดงความแตกต่างเพศ

อัตราเต้นของหัวใจ
(ครั้ง/นาที)

ท่านอน ท่านั่ง ทำยืน

รูปที่ 1 ผลของทรวงทรวงต่อการเต้นของหัวใจ

ความดันโลหิต
(ม.ม. ปรอท)

ท่านอน ท่านั่ง ทำยืน

รูปที่ 2 ผลของทรวงทรวงต่อ BP และ PP

3. รวบรวมข้อมูลที่วัดได้ขณะพักนั้นลงในตารางและกราฟ

ตารางที่ 2 ผลของการออกกำลังกายต่ออัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต ความดัน
ซีฟาร

น้ำหนัก HR พักฟื้น 5 นาที BP พักฟื้น 5 นาที PP พักฟื้น 5 นาที

ชาย

0
 $\frac{1}{2}$ น.น. ร่างกาย

1 „
2 „

หญิง

0
 $\frac{1}{2}$ น.น. ร่างกาย

1 „
2 „

การเต้นของหัวใจ
(ครั้ง/นาที)

เวลา (วินาที)

รูปที่ 3 ผลของการออกกำลังกายระดับต่างๆ ต่อการเต้นของหัวใจขณะพักฟื้น

ความดัน
(ม.ม. ปรอท)

เวลา (นาที)

รูปที่ 4 ผลของการออกกำลังกายระดับต่างๆ ต่อความดันโลหิต และความดันชีพจร

บทวิจารณ์

- ก. อธิบายผลของการเปลี่ยนตำแหน่งทรวงอกที่มีต่อการเต้นของหัวใจ ให้เหตุผล
- ข. อธิบายผลการเปลี่ยนทรวงอกต่อความดันโลหิต หรือหาเหตุผล
- ค. อธิบายผลของการออกกำลังกายระดับต่างๆ ต่อการเต้นของหัวใจ
- ง. อธิบายผลของการออกกำลังกายระดับต่างๆ ต่อความดันโลหิต และความดันชีพจร (PP)
- จ. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระดับของงาน, การเต้นของหัวใจ, ความดันโลหิต และความดันชีพจร ทำไมจึงสัมพันธ์กัน

บทสรุป

- ก. สรุปผลของทรวงอกต่อการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต ความดันชีพจร
- ข. สรุปผลของการออกกำลังกายแบบไอโซเมตริกหัวใจ ความดันโลหิต ความดันชีพจร
- ค. ความแตกต่างทางเพศ

ปฏิบัติการที่ 20

การทดสอบและประเมินผลสรีรภาพด้วยตนเอง

1. ความแข็งแรงและความอ่อนตัว

กล้ามเนื้อไหล่และท้องที่แข็งแรงเป็นสิ่งที่นักกีฬาปรารถนา กล้ามเนื้อท้องและสะโพกแข็งแรงจะช่วยให้ปวดหลังได้ง่าย กล้ามเนื้อท้องยังช่วยพยุงอวัยวะภายในให้อยู่ในที่ กล้ามเนื้อไหล่ช่วยให้ทรวงทรวงสวยงาม และช่วยให้การใช้กำลังแขนและไหล่ในการเล่นกีฬาดีขึ้น กิจกรรมที่วัดความสามารถของกล้ามเนื้อทั้งสอง คือ ลูก-นั่ง และดันข้อ

ก. ลูก-นั่ง

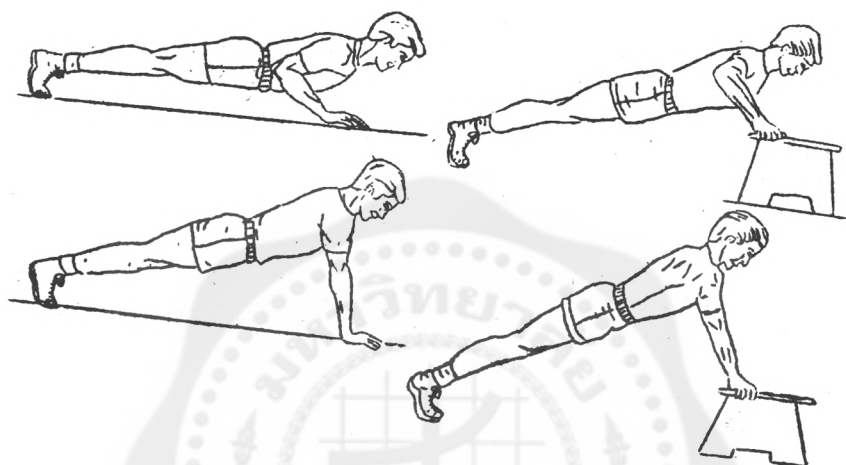
นอนหงายบนพื้นราบ งอเข่าทั้งสอง เท้าวางราบพื้น ส้นเท้าอยู่ห่างจากสะโพกไม่เกิน 12 นิ้ว มุมของเข่าต่ำกว่า 90 องศา สองมือประสานท้ายทอย (รูป 20.0)



รูปที่ 20.0 ทำในการทำ ลูก-นั่ง หากลูกไม่ขึ้นให้คู่กดที่เข่าหรือข้อเท้า ลูก-นั่ง ในระยะแรกที่ลูกไม่ขึ้นให้คู่จับเข่าและข้อเท้า หรือสอดเท้าใต้พนักเก้าอี้ ทำลูก-นั่งครั้งหนึ่งๆ ควรกินเวลาเพียง 2 วินาที

ข. ดันข้อ

นอนคว่ำลำตัวเหยียดตรง ปลายเท้าแตะพื้น งอศอกแตะพื้น ดันศอกหรือเหยียดแขน
ขึ้นลง ถ้าไม่สามารถดันข้อบนพื้นธรรมดา ให้ใช้เก้าอี้เล็กๆ ช่วยได้ (รูป 20.2) ในกรณีที่ผู้หญิง
ให้ใช้แบบเก้าอี้



รูปที่ 20.2 ทำดันข้อ หากทำบนพื้นราบไม่ได้ให้ใช้เก้าอี้เล็กๆ ช่วย
เปรียบเทียบผลการลุกนั่งและดันข้อจากเกณฑ์มาตรฐานในตาราง 1.0 และ 1.2

ตาราง 20.1 จำนวนการ ลุก-นั่ง และดันข้อในผู้ชายวัยต่างๆ

ระดับ	อายุ 15 - 25 ปี		อายุ 26 - 35 ปี		อายุ เกิน 35 ปี	
	สมรรถภาพ	ลุก - นั่ง	ลุก - นั่ง	ดันข้อ	ลุก - นั่ง	ดันข้อ
ต่ำ	10	8	8	7	5	3
ปานกลาง	25	15	20	12	15	8
ดี	50	25	40	20	30	15
ดีมาก	80	40	70	30	50	20

ตาราง 20.2 จำนวนการ ลุก-นั่ง และคันทข้อในผู้หญิงวัยต่างๆ

ระดับ	อายุ 15 – 25 ปี		อายุ 26 – 35 ปี		อายุ เกิน 35 ปี	
	ลุก – นั่ง	คันทัน – ข้อ	ลุก – นั่ง	คันทันข้อ	ลุก – นั่ง	คันทันข้อ
ต่ำ	5	8	4	7	2	3
ปานกลาง	15	15	10	12	5	8
ดี	20	25	15	20	10	15
ดีมาก	30	40	20	30	15	20

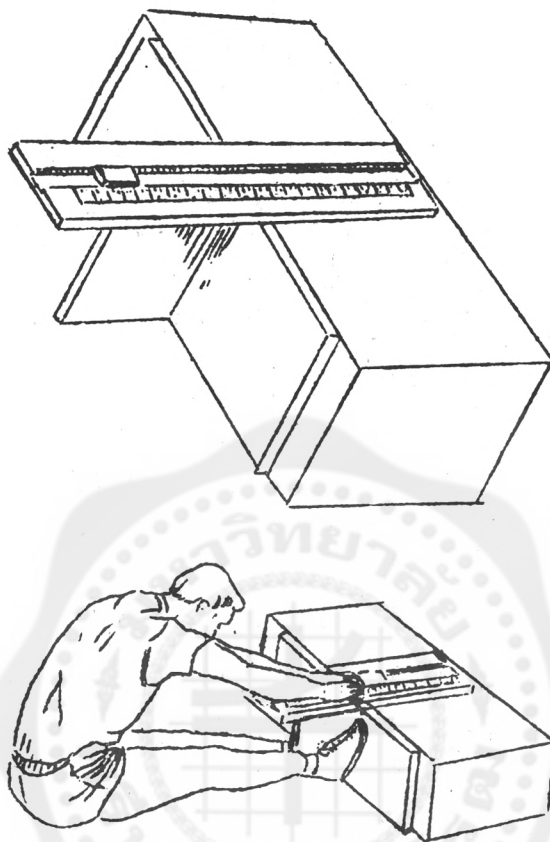
ตารางนี้จะมีประโยชน์ หากผู้ทดสอบใช้เปรียบเทียบสมรรถภาพหลังจากมีการฝึกซ้อม
ทุก ๆ สัปดาห์

ก. ความอ่อนตัว

ความอ่อนตัวช่วยให้การใช้ทักษะและสมรรถภาพร่างกายโดยทั่วไปดีขึ้น หากผู้ฝึกมี
ความอ่อนตัวพอควรจะช่วยลดอันตรายที่อาจเกิดกับกล้ามเนื้อ

แบบทดสอบใช้ Wells sit and Reach test อุปกรณ์ที่สามารถสร้างขึ้นเองได้ง่ายๆ
ดังนี้

ใช้ไม้ขนาด 24×8 นิ้ว ทำเป็นกล่องแล้วแบ่งครึ่งด้วยไม้อีกแผ่นหนึ่ง และมีไม้
แผ่นที่สามพาดบนกล่องพร้อมด้วยเส้นขีด ตรงกลางให้เริ่มด้วยเลขศูนย์ แล้วเพิ่มขึ้นด้วย + 1
และลงด้วย - 1 เรื่อยๆ ไป รูป 20.3



รูปที่ 20.3 อุปกรณ์และวิธีวัดความอ่อนตัว

วิธีทดสอบให้หนึ่ง เท้าสองข้างเหยียดตรงที่กล่อง ก้มลำตัว และใช้ปลายแขนเหยียดแตะซีกที่แสดงไว้ นาน 2 วินาที ทำ 3 ครั้ง และนับครั้งที่ดีที่สุดคือ คะแนน คะแนนบวกแสดงถึงความอ่อนตัวดีมาก คะแนนลบหมายถึงระดับความอ่อนตัวต่ำ

2. การทดสอบความสามารถสร้างพลังงานแบบใช้ออกซิเจน

ความสามารถในการสร้างพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic capacity) มีวิธีทดสอบได้ 2 แบบ คือ แบบที่ให้ออกกำลังกายเต็มความสามารถแล้ววัดความสามารถสูงสุดในการจับออกซิเจน และแบบที่ให้ออกกำลังกายประมาณ 70 – 75 % ของความสามารถแล้วคำนวณหาความสามารถสูงสุด

ก. วัดความสามารถสูงสุดในการจับออกซิเจน

วิธีนี้ใช้ออกกำลังด้วยจักรยานวัดงาน ก้าวขึ้นลงบนม้า และวิ่งบนล้อเลื่อนกล โดยผู้ทดสอบออกกำลังเต็มที่ในขณะที่ความหนักของงานเพิ่มขึ้นเป็นระยะ ตัวอย่างเช่น Bruce test ออกกำลังจนเหนื่อยเต็มที่ทำต่อไปไม่ได้

หน่วยที่วัดความสามารถสูงสุดในการจับออกซิเจน ใช้หน่วยเป็นลิตรของออกซิเจนต่อ นาที (ลิตร/นาที) หรือมิลลิลิตรของออกซิเจนต่อกิโลกรัมของน้ำหนักร่างกายต่อนาที (มิลลิลิตร/ก.ก./นาที) เกณฑ์เฉลี่ยของผู้ชายอายุ 20-25 ปี ประมาณ 3.0-3.5 ลิตร/นาที หรือ 41-48 มิลลิลิตร/ก.ก./นาที และสำหรับหญิง 2.0-2.5 ลิตร/นาที หรือ 35-43 มิลลิลิตร/ก.ก./นาที

ข. วัดความสามารถในการจับออกซิเจนเมื่อทำงานหนัก 70-75 % การวัดด้วยวิธีนี้ ตัวอย่างคือ แบบทดสอบ PWC 170, Aptand - Rhyming test, Harvard Step test และ Cooper - 12 - minute test.

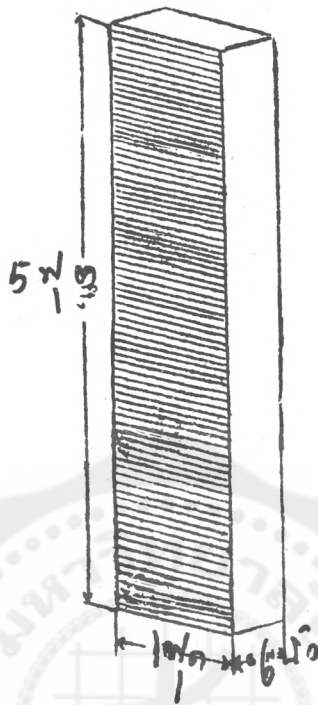
3. การทดสอบความสามารถของร่างกายเมื่อใช้พลังงานในระยะสั้น (ATP - PC System)

การทดสอบความสามารถของร่างกายเมื่อพลังงานที่ใช้มาจาก เอทีพี และฟอสโฟครีเอทีน ที่แน่นอนคือวิธีดึงเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อออกมาวิเคราะห์ (Muscle Biopsy) แต่วิธีนี้สร้างความเจ็บปวด และมีวิธีการซับซ้อนจึงนิยมใช้การวัดแบบง่ายๆ คือ (ก) กระโดดแตะโดยใช้ Lewis Nomogram, (ข) Margaria-Kalamen Power Test (ค) วิ่งเร็ว 50 หลา

ก. กระโดดแตะ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการกระโดดแตะ คือกระดานค้ำหนา 1/4 นิ้ว ยาว 5 ฟุต กว้าง 1 ฟุต ชีตเส้นบนกระดานทุกๆ ครึ่งนิ้วแล้วเขียนเลขกำกับ กระดานนี้ยึดไว้กับฝาผนัง หรือเป็นบาสเกตบอล หรืออาจสร้างเสายึดขึ้นมา ชีตเส้นกำหนดระยะเท้าหนึ่งอยู่ด้านหน้า (รูป 20.4)

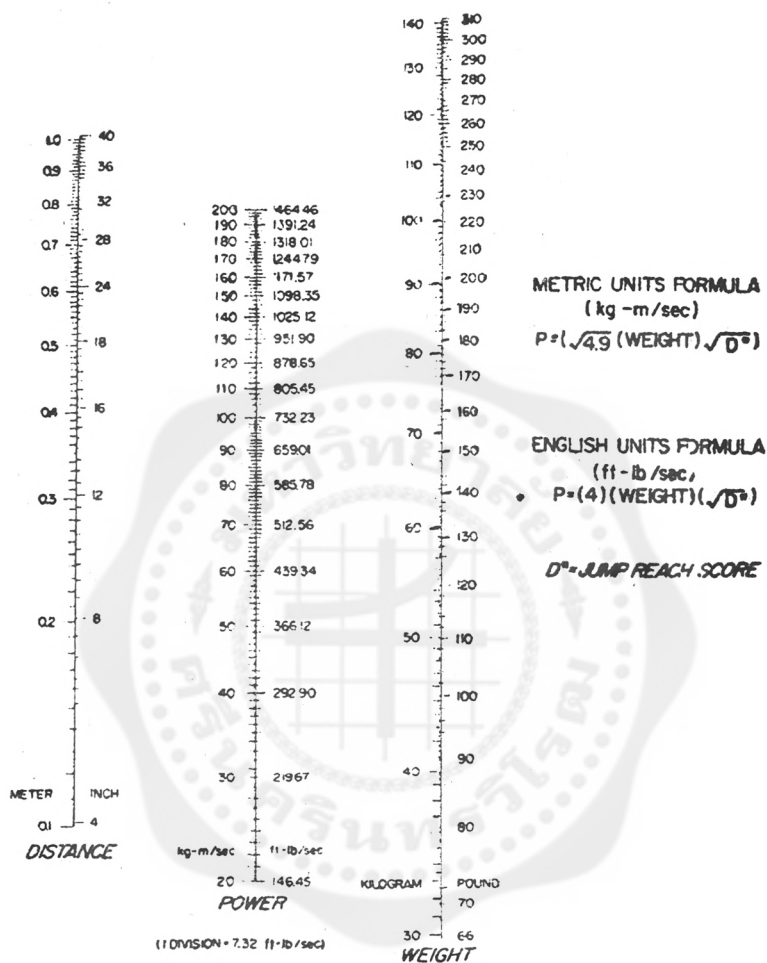
วิธีทดสอบยึดลำตัวและเหยียดแขนเต็มที่ปลายเท้าอยู่บนพื้น ใช้ซอร์คชีตบนกระดาน จากนั้นกระโดดขึ้นสูงสุด กระโดดจากท่างอลำตัว กระโดดชีตบนกระดาน 3 ครั้ง ระยะทางที่ไกลที่สุดนับเป็นความสามารถในการกระโดด



รูปที่ 20.4 อุปกรณ์ใช้ในการกระโดดตะ

เมื่อได้ระยะทางในการกระโดด น้ำหนักของผู้ทดสอบให้หาค่าลังในการกระโดดจาก Lewis Nomogram ตัวอย่างเช่น น้ำหนักของท่าน 180 ปอนด์ กระโดดตะได้ 24 นิ้ว ให้ลากเส้นจากระยะทางและน้ำหนักให้ลากผ่านตารางแสดงค่าลังในช่องกลาง ซึ่งมีหน่วยเป็น ฟุต-ปอนด์/วินาที ถ้าจะให้ เป็นมาตราเมตริก 180 ปอนด์ คือ 82 กิโลกรัม (1 ปอนด์ เท่ากับ 0.454 กิโลกรัม) ระยะทางกระโดด 0.61 เมตร (39.37 นิ้ว เท่ากับ 1 เมตร) และค่าลังคือ 142 กิโลกรัม-มิเตอร์/นาที่ (ดูรูป 20.5)

**THE LEWIS NOMOGRAM FOR DETERMINING ANAEROBIC POWER FROM
JUMP-REACH SCORE AND BODY WEIGHT**



รูป 20.5 ตารางเปรียบเทียบของ Lewis กำลังงานวัดได้จากการลากเส้น
คะแนนที่ได้จากการกระโดด และน้ำหนักร่างกายที่ผ่านเข้ามา
ที่เส้นกลาง ซึ่งเป็นหน่วยวัดกำลังงาน

ข. วิ่งขึ้นบันได 9 ขั้น (Margaria - Kalamen Power Test)

ผู้ถูกทดลองยืนห่างจากบันได 6 เมตร แล้ววิ่งขึ้นบันไดอย่างรวดเร็ว โดยข้ามที่เดียว
3 ขั้น บันไดขั้นที่ 3 และ 9 นั้น มีแผ่นไฟฟ้า (Switch mat) วางอยู่ ซึ่งต่อเข้ากับนาฬิกา

รูปที่ 20.6 ชนบันไดเพื่อทดสอบกำลัง

สูตรคำนวณหากำลัง $P = \frac{W \times D}{T}$

$W =$ น้ำหนักร่างกายของผู้ตกทดลอง หน่วยเป็นกิโลกรัม

D = ความสูงของระยะทางจากชั้นบันไดที่ 3 ถึงชั้นที่ 9 หน่วยเป็นเมตร (ในที่นี้คือ 1.05 เมตร)

T = เวลาที่ใช้ตั้งแต่ระบบได้นั้นที่ 3 ถึงคนที่ 9 คิดเป็น $\frac{1}{100}$ วินาที

ตัวอย่างการให้คะแนนโดยสมมุติให้นาย ก. มีน้ำหนักร่างกาย 75 กิโลกรัม วิ่งก้าวขึ้น

มันไค

$W =$ น้ำหนัก 75 กิโลกรัม

D = 1.05 ម៉ែត្រ

$$T = 0.49 \text{ วินาที}$$

$$P = \frac{75 \times 1.05}{0.49} = 161 \text{ กิโลกรัม-มิเตอร์/นาทีก}$$

แล้วเปิดดูค่านี้เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานในตาราง 20.3 และ 20.4

ตาราง 20.3 ผลของความสามารถในการใช้กำลังจากการทดสอบแบบ Margaria-Kalamen test ในผู้ชาย (หน่วยวัดกำลังคือ กิโลกรัมมิเตอร์/นาทีก)

ระดับสมรรถภาพ	15-20 ปี	20-30 ปี	30-40 ปี	40-50 ปี	เกิน 50 ปี
ต่ำมาก	ต่ำกว่า 113	ต่ำกว่า 106	ต่ำกว่า 85	ต่ำกว่า 65	ต่ำกว่า 50
พอใช้	113-149	106-139	85-111	65-84	50-65
ปานกลาง	150-187	146-175	112-140	85-105	66-82
ดี	188-224	176-210	141-168	106-125	83-98
ดีมาก	เกิน 224	เกิน 210	เกิน 168	เกิน 125	เกิน 98

ตาราง 20.4 ผลของความสามารถในการใช้กำลังงานจากการทดสอบแบบ Margaria-Kalamen test ในผู้หญิง (กิโลกรัมมิเตอร์/นาทีก)

ระดับสมรรถภาพ	15-20 ปี	20-30 ปี	30-40 ปี	40-50 ปี	เกิน 50 ปี
ต่ำมาก	ต่ำกว่า 92	ต่ำกว่า 85	ต่ำกว่า 65	ต่ำกว่า 50	ต่ำกว่า 38
พอใช้	92-120	85-111	65-84	50-65	38-48
ปานกลาง	121-151	112-140	85-105	66-82	49-61
ดี	152-182	141-168	106-125	83-98	62-75
ดีมาก	เกิน 182	เกิน 168	เกิน 125	เกิน 98	เกิน 75

ก. วิ่งเร็ว 50 หลา

วิ่งเร็วในระยะทาง 50 หลา ต้องใช้พลังงานจาก เอทีพี-ซีพี จับเวลาที่ใช้เป็นวินาที แล้วเปรียบเทียบกับตาราง 20.5 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากผู้รับการทดลองชายและหญิง

ตาราง 20.5 เปรียบเทียบความสามารถในการวิ่งเร็ว 50 หลา

ระดับ	ชาย (อายุคิดเป็นปี)				
	15-20	20-30	30-40	40-50	เกิน 50
ต่ำมาก	เกิน 7.1	เกิน 7.8	เกิน 9.0	เกิน 10.8	เกิน 13.0
ปานกลาง	7.1-6.8	7.8-7.5	9.1-8.6	10.8-10.3	13.0-12.4
ดี	6.7-6.5	7.4-7.1	8.5-8.1	10.2-9.7	12.3-11.6
ดีมาก	ต่ำกว่า 6.5	ต่ำกว่า 7.1	ต่ำกว่า 8.1	ต่ำกว่า 9.7	ต่ำกว่า 11.6

ระดับ	หญิง (อายุคิดเป็นปี)				
	15-20	20-30	30-40	40-50	เกิน 50
ต่ำมาก	เกิน 9.1	เกิน 10.0	เกิน 11.5	เกิน 13.8	เกิน 16.5
ปานกลาง	9.1-8.4	10.0-9.2	11.5-10.6	13.8-12.7	16.5-15.2
ดี	8.3-7.9	9.1-8.7	10.5-10.0	12.6-12.0	15.1-14.4

4. การทดสอบร่างกายเมื่อต้องใช้พลังงานจากกรดแลคติก

จำนวนกรดแลคติกในโลหิต จะสูงขึ้นเมื่อออกกำลังกายในช่วง 1-2 นาที แสดงว่าร่างกายได้ใช้ เอทีพี หมดไป เริ่มใช้ไกลโคเจน ซึ่งแตกตัวเป็นกรดแลคติก การวัดความสามารถร่างกายแบบนี้คือให้ผู้ทดสอบออกกำลังกายเต็มที่ในเวลา 2 นาที เช่น

ก. ก้าวขึ้นลงจากม้า ให้ผู้ชายก้าวขึ้นลงจากม้าสูง 20 นิ้ว ในเวลา 1 และ 1 $\frac{1}{2}$ นาที สำหรับผู้หญิงก้าวขึ้นลงจากม้าสูง 17 นิ้ว ในเวลา 1 และ 1 $\frac{1}{2}$ นาที

ข. เวลาที่วิ่งเต็มที่ในระยะทาง 400,600 เมตร หรือว่ายน้ำระยะทาง 100,150 และ 400 เมตร หรือปั่นจักรยานระยะทาง 1,000, 1,500, 2,000 เมตร

ค. ทดสอบด้วยการให้ ลูก-นั่ง และคันข้อ อย่างละ 2 นาที

ง. ใช้แบบทดสอบสมรรถภาพมาตรฐาน ได้แก่ วิ่งเร็ว 50 หลา, ลูก-นั่ง, กระโดดไกล, วิ่งกลับตัวเก็บของ, คันข้อ, ปลายบอลไกล วิ่ง 600 หลา

จากการทดสอบนี้เปรียบเทียบสมรรถภาพของผู้ทดสอบจากกลุ่มที่ทดสอบ หรือจากแบบทดสอบมาตรฐาน

หนังสืออ้างอิง

1. Byrd, R.J. and Browning, F.M. A laboratory manual for exercise physiology : Springfield, Ill. Charles C. Thomas 1972
2. Byrd, R.J. Laboratory experiments for exercise physiology. Unpublished papers. The Florida State University, Tallahassee 1974
3. Morehouse, L.E. Laboratory manual for physiology of exercise. Saint Louis. The C.V. Mosby Company. 1972

อภิธานศัพท์

BP	= blood pressure (ความดันโลหิต)
BTPS	= Body temperature and ambient pressure, saturated (วัดโดยเปรียบเทียบมาตรฐานจากอุณหภูมิร่างกายและอุณหภูมิของอากาศในบรรยากาศ ซึ่งมีไอน้ำอิ่มตัว)
cc	= cubic centimeter—one milliliter (1 ลูกบาศก์เซนติเมตร)
DBP	= diastolic blood pressure (ความดันโลหิตในระยะคลายตัว)
ECG	= electrocardiography (เครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้าของหัวใจ)
f	= respiratory rate (อัตราการหายใจ)
Hb	= hemoglobin
Hg	= mercury (ปรอท)
Hct	= hematocrit
k/p-m/min	= kilopond meters per minute (equals kilogram meters pirminute at sea level) (หน่วยวัดงานคือแรงและระยะทางในเวลา 1 นาที)
MABP	= Mean arterial blood pressure ($DBP + \frac{1}{3} PP$) (ค่าเฉลี่ยความดันของโลหิตแดง)
Max $\dot{V}O_2$	= maximum oxygen consumption (การจับออกซิเจนขั้นสูงสุด)
MBC	= maximum breathing capacity (ความสามารถหายใจเข้าออกได้สูงสุด)
mg %	= milligram of solute per 100 milliliters of solution (จำนวนมิลลิกรัมของสารต่อสารทำละลาย 100 มิลลิลิตร)
pCO ₂	= partial pressure of carbon dioxide (ความกดกันส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์)

