

## บทความพิเศษ

# สมรรถภาพทางกาย (ตอนที่ 1)

ไกรวัชร อีรเนตร, พ.บ.

กองเวชศาสตร์ฟื้นฟู ร.พ.พระมงกุฎเกล้า และภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า

### สมรรถภาพทางกาย (physical fitness)

คำจำกัดความของสมรรถภาพทางกาย มีผู้ให้ความหมายไว้หลายอย่าง เช่น เป็นชุดของค่าหรือสัญลักษณ์ (a set of attributes) ซึ่งมีความสัมพันธ์ถึงความสามารถของบุคคลใด บุคคลหนึ่งที่จะกระทำกิจกรรมทางกาย(physical activity)<sup>(1)</sup> อีกความหมายหนึ่ง คือ ลักษณะสภาพของร่างกายที่มีความสมบูรณ์แข็งแรง อดทนต่อการปฏิบัติงาน มีความคล่องแคล่วว่องไว ร่างกายมีภูมิต้านทานโรคสูง<sup>(2)</sup> หรือความสามารถของร่างกายในการประกอบกิจกรรมหรือการทำงานอย่างหนึ่งอย่างใดได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่เหนื่อยอ่อนจนเกินไป ในขณะที่เดียวกันก็สามารถที่จะถนอมกล้ามเนื้อที่เหลือไว้ใช้ในกิจกรรมที่จำเป็นและสำคัญในชีวิตรวมทั้งกิจกรรมในเวลาว่างเพื่อความสนุกสนานในชีวิตประจำวันด้วย โดยพิจารณาควบคู่ถึงด้านจิตใจ อารมณ์ และสังคมด้วย<sup>(3)</sup> ยังมีคำจำกัดความอีกมากที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพทางกาย แต่กล่าวโดยสรุปแล้ว สมรรถภาพทางกาย คือ ความสามารถของร่างกายที่สามารถประกอบกิจกรรมหรือทำงานได้เป็นระยะเวลานานๆติดต่อกัน และผลที่ได้รับมีประสิทธิภาพสูง<sup>(3)</sup>

สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ(health-related physical fitness) หมายถึงค่าของสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องในแง่ของสุขภาพของบุคคลใดบุคคลหนึ่งที่สำคัญได้แก่ ความทนทานของระบบไหลเวียนและระบบหายใจ (cardiorespiratory endurance) ความทนทานของระบบกล้ามเนื้อ (muscular endurance) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscular strength) ส่วนประกอบของร่างกาย (body composition) และความอ่อนตัว (joint

flexibility)<sup>(1)</sup>

สมรรถภาพทางกายทั่วไป ตามที่คณะกรรมการนานาชาติ เพื่อจัดมาตรฐานการทดสอบความสมบูรณ์ทางกาย (International Committee for the Standardization of Physical Fitness Test)<sup>(2)</sup> จำแนกไว้ มี 7 ประเภท คือ

1. ความเร็ว (speed)
2. พลัง (power)
3. ความแข็งแรง (strength)
4. ความอดทนของกล้ามเนื้อ (local muscle endurance)
5. ความอ่อนตัว (flexibility)
6. ความคล่องแคล่วว่องไว (agility)
7. ความอดทนทั่วไป หรือความทนทานของระบบไหลเวียน (general endurance or aerobic capacity)

### การฝึกสมรรถภาพทางกาย (physical training)

#### 1. การฝึกความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อ(strength and endurance training)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หมายถึงแรง (force) สูงสุดที่กล้ามเนื้อกระทำได้ใน การหดตัว ซึ่งจะมีค่าแปร โดยตรงตามค่าของพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งประมาณเท่ากับ 3-8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยไม่ขึ้นกับเพศ<sup>(1)</sup> แม้ว่าโดยทั่วไปชายจะมีความแข็งแรงสมบูรณ์ (absolute strength) มากกว่าหญิงเนื่องจากมีปริมาณกล้ามเนื้อมากกว่าก็ตาม กล่าวคือ ร่างกายส่วนบนชายจะมีกำลังกล้ามเนื้อมากกว่าหญิงเฉลี่ย 50% และมากกว่า 30% ในร่างกายส่วนล่าง

ความทนทานของกล้ามเนื้อ หมายถึงความสามารถ

ของกล้ามเนื้อที่จะทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจเป็นการหดตัวหรือเกร็งค้างไว้ (static) หรือ หดตัวและคลายเป็นจังหวะอย่างต่อเนื่อง (dynamic)

ผลของการฝึกเพื่อความแข็งแรง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในระยะแรก คือ recruitment ของ motor unit จะดีขึ้นซึ่งถือเป็นการปรับตัวทางระบบประสาทที่ทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้น<sup>(1,4)</sup> หลังจากนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลง ในระยะต่อมา คือ ขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อจะโตขึ้น (hypertrophy) โดยไม่เพิ่มจำนวน (hyperplasia) การฝึกที่ความหนัก (intensity) สูง ๆ จะสามารถเพิ่มเส้นเลือดฝอย (capillarization) มาเลี้ยงกล้ามเนื้อได้ แต่เมื่อคิดเทียบกับขนาดกล้ามเนื้อที่โตขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นของเส้นเลือดเท่าเดิม<sup>(5)</sup> นอกจากนี้ สารที่ให้พลังงาน เช่น ATP, phosphocreatine, glycogen จะถูกสะสมในกล้ามเนื้อมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงยังทำให้ เส้นเอ็น พังผืด และปริมาณของ collagen ในกล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้นด้วย

### 1.1 ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการฝึกความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อได้แก่

1.1.1. ต้องกระทำด้วยตนเอง ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพของการฝึกดีที่สุดก็ต่อเมื่อออกแรงถึงจุดที่เกร็งด้วยแรงสูงสุดที่กระทำได้ (maximal voluntary contraction)

1.1.2. มีความจำเพาะของการฝึก (specific of training) กล่าวคือ ฝึกด้วยงานอย่างไรจะได้รับความแข็งแรงหรือทนทานเช่นนั้น โดยทั่วไป การฝึกเพื่อความแข็งแรง มักจะใช้น้ำหนักมาก แต่จำนวนครั้งของการทำซ้ำ (repetitions) น้อย ส่วนการฝึกเพื่อความทนทาน จะใช้น้ำหนักน้อยกว่า และจำนวนครั้งของการทำซ้ำมากกว่า

1.1.3. ต้องถึงจุด end point กล่าวคือ ควรทำจนถึงจุดที่รู้สึกล้า (fatigue) ตาม overload principle

### 1.2 วิธีฝึกความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อ

1.2.1. isometric exercise เป็นการฝึกเกร็งกล้ามเนื้อในลักษณะหดตัวอยู่กับที่ โดยไม่มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ข้อดีคือไม่ต้องใช้อุปกรณ์มาก ข้อเสียคือ transfer of training ต่ำ และยังเพิ่ม diastolic blood pressure มาก การฝึกเกร็งด้วยแรงสูงสุดที่กระทำได้ (maximal isometric contraction) จะได้ผลดีกว่า submaximal contraction ตัวอย่างเช่น เกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ 10-30 วินาที โดยทำซ้ำ 3-5 ครั้ง จะดีกว่าเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ 3-5 วินาที ซึ่งทำซ้ำ

10-30 ครั้ง<sup>(5)</sup>

1.2.2. isotonic exercise เป็นการฝึกเกร็งกล้ามเนื้อต้านอุปกรณ์หรือน้ำหนัก โดยมีการเคลื่อนไหวของข้อต่อ การหดตัวอาจมีความเร็วแปรเปลี่ยนไปได้ แต่น้ำหนักที่ออกแรงด้านมักคงที่ เช่นการยกน้ำหนัก การฝึกเพื่อให้ได้ผลดี มักขึ้นกับตัวแปรหลายอย่าง เช่น จำนวนชุด ซึ่งมักอยู่ระหว่าง 2-5 ชุด ต่อวัน การทำซ้ำ (repetitions) ระหว่าง 2-10 ครั้ง จำนวนวันที่ฝึกต่อสัปดาห์ เช่น 3 วัน ต่อสัปดาห์ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น

1.2.2.1 De Lorme technique (progressive resistive exercise-PRE) เช่นยกน้ำหนัก 10 ครั้ง ใน 1 ชุด เป็นจำนวน 10 ชุด ซึ่งในแต่ละ ชุด ประกอบด้วย การยกน้ำหนักขนาด 25, 50, 75, 100% ของ 10 repetition maximum 10-RM (หมายถึงน้ำหนักขนาดหนึ่ง ซึ่งบุคคลหนึ่งสามารถยกได้เพียง 10 ครั้ง ติดต่อกัน) และจะมีการประเมินขนาดของ 10-RM ใหม่ทุกสัปดาห์<sup>(6)</sup>

1.2.2.2 Oxford technique คล้ายกับการออกกำลังแบบ De Lorme เพียงแต่ใช้ลำดับของน้ำหนักเป็น 100, 75, 50 และ 25% ของ 10-RM ตามลำดับ

1.2.3. isokinetic exercise เป็นการออกกำลังโดยมีความเร็วเชิงมุม (angle velocity) คงที่ แม้ว่าผู้ออกกำลังจะใช้แรงมากเพียงใดก็ไม่สามารถเปลี่ยนความเร็วเชิงมุมได้ การฝึกเช่นนี้ทำให้สามารถใช้แรงสูงสุดได้ตลอดช่วงของการเคลื่อนไหวแตกต่างจากการฝึก isotonic บางประเภท ซึ่งอาจเกิดการแกว่งคล้ายลูกตุ้มนาฬิกา (pendulum effect) ขึ้นได้ เมื่อฝึกที่ความเร็วสูงๆ เชื่อว่าผลที่ได้จากการฝึกด้วย isokinetic machine จะสามารถนำไปใช้ในงานที่ต้องการจริง (transfer of training) ได้สูง ข้อเสียของการฝึกชนิดนี้คือต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง พบว่าการฝึกที่ความเร็วเชิงมุม 179 องศาต่อวินาทีจะมีผลด้าน carryover ไปยังความเร็วอื่นได้ดี<sup>(5)</sup> รายละเอียดด้านอื่นคล้ายกับการฝึกแบบ isotonic เช่น จำนวน ชุด ที่เหมาะสมต่อวัน คือ ประมาณ 1-10 ชุด และ 3-30 ครั้ง ต่อชุด

1.2.4. plyometric training (explosive jump training) เป็นการฝึกเพื่อต้องการความยืดหยุ่นของ elastic-recoil ของกล้ามเนื้อ และกระตุ้น stretch-reflex ของกล้ามเนื้อมาช่วยในการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว การฝึกจะ

ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงชนิดของการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างกระตั้นหันจากความยาวของมัดกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ขณะกำลังมีการหดตัวของกล้ามเนื้อ (eccentric contraction) ไปเป็นความยาวของมัดกล้ามเนื้อหดสั้นลงขณะมีการหดตัวของกล้ามเนื้อ (concentric contraction) อย่างรวดเร็วทันที เช่น drop jump จากที่สูง ข้อควรระวังคือการเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของระบบกระดูกกล้ามเนื้อและข้อต่อได้ง่าย

## 2. การฝึกเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบไหลเวียน (cardiovascular training)

ความสามารถในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ได้สูงสุด (aerobic power) เป็นดัชนีบ่งชี้ที่ดีสำหรับสมรรถภาพของระบบไหลเวียน การฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของระบบไหลเวียนจะเพิ่มขึ้นได้ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ใน 8-12 สัปดาห์หรือประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ต่อสัปดาห์ ซึ่งจะเพิ่มได้มากหรือน้อยขึ้นกับระดับของสมรรถภาพทางกาย ด้านนี้ตั้งแต่แรกฝึก ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายในระดับที่ดีมากอยู่แล้วอาจเพิ่มขึ้นได้เพียง 5 เปอร์เซ็นต์หรือน้อยกว่าเท่านั้น โดยจะได้ผลของการฝึกสูงสุดในระยะเวลาประมาณ 18-24 เดือน โดย 70 เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพที่เพิ่มขึ้นจะได้มาในระยะ 3 เดือนแรก<sup>(7)</sup> สมรรถภาพที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการเพิ่มสมรรถภาพของการนำเอาออกซิเจนมาใช้ และการปรับตัวในอวัยวะที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- การเพิ่มขบวนการที่ทำให้เกิด ATP ใน oxidative pathway ของ mitochondria ในกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึก (oxidative phosphorylation )

- การเพิ่มจำนวนและขนาดของ mitochondria ซึ่งเพิ่มได้ถึง 2 เท่า

- การเพิ่มจำนวน myoglobin ในกล้ามเนื้อ (ข้อมูลจากสัตว์ทดลอง) อาจเพิ่มได้ถึง 80%

- การเพิ่มความสามารถของกล้ามเนื้อในการใช้ไขมันเป็นพลังงานใน submaximal work rate

- การเพิ่มความสามารถของกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกในการเก็บและใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงาน

- การเพิ่มขนาดของหัวใจ

- การเพิ่มปริมาณของเลือด

- การลดอัตราการเต้นของหัวใจ แต่เพิ่ม stroke volume ทำให้ cardiac output เพิ่มขึ้น

- การเพิ่มการไหลเวียนของเลือดไปยังกล้ามเนื้อ

ได้มากขึ้นในระดับของการออกกำลังกายสูงสุด

- การเพิ่ม tidal volume และ อัตราการหายใจในระดับของการออกกำลังกายสูงสุด

## 2.1 หลักที่ควรทราบก่อนทำการฝึกเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบไหลเวียน

- ควรตั้งเป้าหมายของการออกกำลังกายให้ชัดเจน

- ควรมีการประเมินสภาพร่างกายก่อนการออกกำลังกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ที่อายุเกิน 40 ปีควรมีการทำ exercise stress test ถ้าต้องการออกกำลังกายอย่างหนัก นอกเหนือจากการตรวจร่างกายและตรวจทางห้องปฏิบัติการทั่วไปเพื่อบอกถึงสภาพของระบบการไหลเวียนและการหายใจ ความดันโลหิต สภาพของข้อต่อและกล้ามเนื้อ

- ความจำเพาะของการฝึก (specificity of training) การฝึกจะได้ผลดีที่สุดเมื่อกระทำในลักษณะ เหมือนกิจกรรมที่ต้องการนำไปใช้มากที่สุด เนื่องจากมีการฝึกทั้ง central adaptations คือเพิ่ม cardiac output และ peripheral adaptations คือมี neuromuscular recruitment และความสามารถในการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อ เช่น นักกีฬารักบี้ ควรฝึกด้วยการถือบอลมากกว่าฝึกด้วยการวิ่ง นักวิ่งก็ควรฝึกด้วยการวิ่งมากกว่าฝึกด้วยการถือบอล เป็นต้น

- overload คือ ฝึกด้วยปริมาณงานและความหนักมากกว่าสภาพปกติ

- progression คือ มีการเพิ่มความหนักหรือความนานในการออกกำลังกายมากขึ้นเมื่อร่างกายสามารถปรับสภาพได้จากการฝึก เพื่อยังคงให้มีสภาพ overload ของการฝึกเอาไว้

- individuality คือ ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล การปรับตัวในแต่ละคนจะไม่เหมือนกันทีเดียวแม้จะได้รับการฝึกที่เหมือนกัน อาจขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะที่ได้จากพันธุกรรม สภาพความสมบูรณ์ทางกายตั้งแต่เริ่มฝึก การชินกับสภาพอากาศ เป็นต้น

## 2.2 แนวทางการฝึก

American College of Sports Medicine (ACSM) ได้ให้แนวทางของการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ ในผู้ใหญ่ที่สุขภาพร่างกายปกติดังนี้

- ความถี่ (frequency) ประมาณ 3-5 ครั้งต่อสัปดาห์

- ระยะเวลา (duration) ประมาณ 20-60 นาที ขึ้นกับสภาพของร่างกาย

- ชนิด (mode) ควรเป็นการออกกำลังกายที่มีการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ทำงานอย่างต่อเนื่อง (dynamic and rhythmic contraction) เช่นการถีบจักรยาน วิ่ง ว่ายน้ำ การเดินแอโรบิก และการเดิน เป็นต้น

- ความหนัก (intensity) ควรให้ได้ ประมาณ 60-90 เปอร์เซ็นต์ ของชีพจรสูงสุด(HRmax) ซึ่งเราสามารถคำนวณชีพจรสูงสุดได้จากสูตร

$$HR_{max} = 220 - \text{อายุ}$$

หรือเทียบเท่ากับ 50-85 เปอร์เซ็นต์ของค่าการใช้ ออกซิเจนสูงสุด ( $VO_2 \text{ max}$ )

หรือ 50-85 เปอร์เซ็นต์ของชีพจรสำรองสูงสุด (heart rate reserve-maximum = HRR.max) โดยค่าของ HRR max คำนวณได้จากผลต่างระหว่าง ชีพจรสูงสุด และชีพจรขณะพัก (HRmax- resting HR)

ระดับความหนัก (Intensity) ที่แนะนำในระยะเริ่มฝึก<sup>(7)</sup>

ระดับสมรรถภาพทางกาย	HRmax(%)	HRRmax(%)	%VO <sub>2</sub> max
ระดับเริ่มต้น	60-70	50-65	50-65
ระดับปานกลาง	70-80	65-75	65-75
ระดับแข่งขัน	80-90+	75-85+	75-85+

ตารางที่ 1 แสดงระดับความหนัก (intensity) ของการออกกำลังกายโดยเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่างค่า HRmax, HRRmax และ %VO<sub>2</sub>max

มีการฝึกเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบไหลเวียน ลักษณะหนึ่ง ซึ่งจะเป็นการฝึกทั้ง aerobic และ anaerobic ซึ่งขึ้นกับรายละเอียดของการฝึก เนื่องจากการแข่งขัน กีฬาหรือกิจกรรมที่ต้องใช้พลังงานหลายประเภทในบาง ช่วงจะต้องการใช้พลังงานทั้งในส่วนของ aerobic และ anaerobic การฝึกนี้จะกระทำเป็นช่วงๆ (interval training) โดยที่มีระยะเวลาที่หนักคือระดับที่เท่าหรือมากกว่าระดับของการใช้งานจริง ประมาณ 3-5 นาที สลับกับช่วงฝึกเบาๆหรือพักนานประมาณครึ่งหนึ่งหรือเท่ากับช่วงของการฝึกหนักเพื่อช่วยให้มีการกำจัด lactic acid ที่อาจเกิดขึ้นในระยะของการฝึกหนักได้ง่ายขึ้น ช่วงของการฝึกจะต้องกระทำซ้ำ (repetitions) เช่นถ้าเลือกช่วงฝึกนาน 3 นาที จะต้องกระทำซ้ำประมาณ 4-8 ช่วง ถ้าเลือกฝึกช่วงละ 5 นาที จะให้กระทำซ้ำ 3-6 ช่วง เป็นต้น<sup>(7)</sup>

### 2.3 การคงสภาพของการฝึก

มีการศึกษาในแง่ของ ความถี่(frequency) ระยะเวลา(duration) และความหนัก (intensity) ของการออกกำลังกายเพื่อคงสภาพสมรรถภาพทางกายด้าน aerobic เอาไว้ในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี หลังจากการฝึกด้วยการถีบจักรยานแบบ interval training และ การวิ่งอีก 40 นาที 6 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าสมรรถภาพการนำออกซิเจนไปใช้เพิ่มขึ้นได้ 25 เปอร์เซ็นต์ ต่อมา แบ่งกลุ่มผู้ทำการทดสอบเป็น 2 กลุ่ม ให้ออกกำลังกายด้วยความหนักและนานเท่าเดิม แต่ลดความถี่ลงเหลือ 4 และ 2 วันต่อสัปดาห์ ต่อไปอีก 15 สัปดาห์ พบว่าสมรรถภาพด้าน aerobic ยังคงเดิม ผู้วิจัยได้ทำการทดลองแบบเดียวกันกับข้างต้น แต่หลังจากฝึก 10 สัปดาห์แล้ว แบ่งกลุ่มเป็นสองส่วน ให้ออกกำลังกายด้วยความหนักและความถี่เท่าเดิม แต่ลดระยะเวลาของการออกกำลังกายเหลือ 26 หรือ 13 นาทีต่อวันในแต่ละกลุ่มตามลำดับ พบว่า

aerobic capacity ก็ยังคงเดิมเป็นส่วนใหญ่ แต่พบว่า ถ้าทำการทดลองโดยลดความหนักลง แม้แต่เพียง 1 ใน 3 ส่วน จะพบว่า aerobic capacity จะลดลง จึงสรุปว่าปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการคงสภาพของ  $VO_2 \text{ max}$  มากที่สุดคือ ความหนัก โดยที่สามารถลด ระยะเวลาและความถี่ลงได้เกือบ 2 ใน 3 เมื่อฝึกจนได้สมรรถภาพด้าน aerobic ที่สูงสุดแล้ว<sup>(1)</sup>

### 3. การฝึกความอ่อนตัว (flexibility training)

ความอ่อนตัว (flexibility) คือ ความสามารถของร่างกายในการเคลื่อนไหวไปตามพิสัยของข้อต่อ หรือกลุ่มของข้อต่อ (joint or group of joints) ไปยังจุดที่ต้องการ เหตุผลสำคัญของการฝึกความอ่อนตัว คือ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการออกกำลังกาย

ด้วยการเล่นกีฬา ถ้าเป็นกีฬาชนิดปะทะ ควรมีความอ่อนตัวในทุกข้อ ถ้าเป็นชนิดไม่ปะทะควรพิจารณาเป็นชนิดๆ ไปซึ่งไม่เหมือนกัน เหตุผลอีกข้อหนึ่งของการฝึกความอ่อนตัวคือ เพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางกาย

3.1 ปัจจัยซึ่งมีผลต่อความอ่อนตัว<sup>(6)</sup> ได้แก่

- รูปร่างและชนิดของข้อต่อที่เกี่ยวข้อง ข้อต่อแบบ ball and socket joint เช่นข้อหัวไหล่ จะมีความอ่อนตัวมากกว่าข้อต่อแบบข้อพับ (hinge joint) เช่นข้อนิ้วมือ
- เพศหญิงมีแนวโน้มจะมีความอ่อนตัวมากกว่าชาย
- อายุ ความอ่อนตัวจะมีมากในเด็กก่อนวัยเรียน หลังจากนั้นจะเริ่มลดลงเมื่อเข้าวัยเรียนและลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงวัยรุ่น และจะลดลงตามวัยที่มากขึ้นซึ่งอาจเป็นผลมาจากใช้งานน้อย (inactivity) ด้วย

- ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีความเชื่อแต่ก่อนว่า ผู้ที่ฝึกกำลังกล้ามเนื้อจะทำให้ความอ่อนตัวลดลงความเป็นจริงแล้วผู้ที่ฝึกกำลังกล้ามเนื้อและฝึกความอ่อนตัวควบคู่ไปด้วยจะมีความอ่อนตัวเท่ากับหรือสูงกว่าผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังหรือทำการฝึกร่างกาย

3.2 แนวทางการฝึกเพื่อเพิ่มความอ่อนตัว

การฝึกเพื่อเพิ่มความอ่อนตัว เป็นการฝึกเพื่อให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ซึ่งเรียงตัวอยู่ใน protein-polysaccharide ground substance และมีคุณสมบัติทั้ง plastic และ elastic properties นั้นยืดตัวได้ดีขึ้นโดย plastic component จะปรับตัวได้จากแรงยืด ส่วน elastic component จะดึงให้หดกลับที่เดิมเมื่อแรงกระทำหมดไป ซึ่งการฝึก stretching exercise มีข้อควรพิจารณาดังนี้

3.2.1. วิธีการยืด<sup>(6)</sup>

ให้กระทำช้าๆ ค้างไว้ ด้วยแรงจากภายนอก (passive stretching และ slow steady stretch) เช่น แรงโน้มถ่วงของโลก ร่างกายส่วนอื่น หรือบุคคลอื่น วิธีการอื่นที่อาจกระทำได้แต่ไม่เป็นที่นิยม คือ การยืดในลักษณะ active stretching หรือ bouncing หรือ ballistic หรือ jerking วิธีนี้อาจใช้ได้สำหรับผู้ที่สมรรถภาพทางกายดีแล้ว วิธีอื่นซึ่งสามารถใช้เพื่อเพิ่มความอ่อนตัวได้เป็นวิธีการทางกายภาพบำบัดซึ่งใช้ในผู้ป่วยมากกว่า ได้แก่ Proprioceptive Neuromuscular Facilitation(PNF)และ

อาจนับว่าเป็น assisted passive stretching วิธีหนึ่ง

3.2.2. ความหนัก

ความหนักที่เหมาะสมอาจจะคนได้จากดูว่ากล้ามเนื้อมัดนั้นๆ จะถูกยืดออกไปได้เพิ่มขึ้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของความยาวสูงสุดก่อนทำการยืด หรือยืดจนถึงจุดของความรู้สึกตึงมาก (to the point of discomfort)

3.2.3. ระยะเวลาของการยืดในแต่ละครั้ง

ที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 6-30 วินาที

3.2.4. ความถี่ของการฝึก

ควรกระทำทุกวัน วันละหลายครั้ง

3.2.5. อุณหภูมิที่เหมาะสม

พบว่า การยืดจะกระทำได้มากขึ้น จากคุณสมบัติของ connective tissue ซึ่งเกิด plastic deformation ได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นในกล้ามเนื้อมัดนั้นๆ ซึ่งอาจใช้การประคบด้วยความร้อนซึ่งจะได้ผลเฉพาะกล้ามเนื้อที่อยู่ต้นๆเท่านั้น ส่วนกล้ามเนื้อที่อยู่ลึกในทางปฏิบัติควรใช้วิธีการบริหารอบอุ่นร่างกายเพื่อให้อุณหภูมิกายเพิ่มขึ้นก่อนการฝึกเพื่อความอ่อนตัว แต่เพื่อการยืดกล้ามเนื้อให้ได้ผลดีที่สุดและได้มากที่สุด ควรกระทำในช่วงที่กล้ามเนื้อเริ่มจะเย็นลงแล้วอีกครั้งหนึ่ง (cool down period)<sup>(9)</sup>

4.การฝึกทักษะหรือความชำนาญด้านการเคลื่อนไหว(motor control)

ทักษะของการเคลื่อนไหว (motor control skill) หรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งคือการฝึกการประสานงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (co-ordination training) เป็นส่วนสำคัญที่เป็นพื้นฐานของสมรรถภาพทางกายหลายๆ อย่าง เช่น ความคล่องแคล่วว่องไว (agility) ความเร็ว (speed) การทรงตัว (balance) ปฏิกริยาตอบสนอง (reaction time) หรือแม้กระทั่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหรือสมรรถภาพการทำงานของระบบไหลเวียน เป็นต้น

4.1 ปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็นต่อการฝึกทักษะของการเคลื่อนไหว ได้แก่

4.1.1. ความจำที่ดีทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (short and long term memory)

4.1.2. การนำไปใช้หรือปฏิบัติ (transfer) เช่นการฝึกงานหนึ่งมาแล้วทดลองไปปฏิบัติอีกงานหนึ่ง ถ้าผลที่ได้จากการฝึกในงานที่หนึ่ง ช่วยการปฏิบัติในงาน

ที่สองให้ง่ายขึ้น เรียกว่ามี positive transfer ถ้าไม่ช่วยหรือขัดขวางการปฏิบัติในงานที่สองให้ยากขึ้นเรียกว่ามี zero หรือ negative transfer โดยทั่วไปแล้ว การฝึกที่มีลักษณะคล้ายกับงานที่จะไปทำจริงมากที่สุดจะได้ positive transfer ที่สูงสุด การฝึกในระยะแรกควรใช้งานที่ง่ายและไม่ซับซ้อน เมื่อชำนาญแล้วจึงเพิ่มความซับซ้อนขึ้นตามลำดับ

#### 4.1.3. ความสนใจหรือสมาธิ (attention)

สมาธิเป็นจำเป็นสำหรับการปฏิบัติทั้งในปัจจุบันและการวางแผนหรือเตรียมพร้อมของการปฏิบัติในช่วงต่อไปของแต่ละงานเพื่อให้ได้ผลดีที่สุด

#### 4.1.4. การรู้ผลของการปฏิบัติ (knowledge of results)

อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งได้ คือ feedback นั่นเอง ถ้าไม่มีขั้นตอนนี้ก็จะไม่เกิดการเรียนรู้และการฝึกฝน ซึ่งมีรายละเอียดที่น่าสนใจคือ<sup>(10)</sup>

- อัตราการเรียนรู้จะเร็วขึ้นถ้าเพิ่มอัตราการ feedback ให้ดีขึ้น
- อัตราการเรียนรู้จะเร็วขึ้นถ้าผู้ปฏิบัติรู้ผลของการปฏิบัติ (feedback) ได้อย่างชัดเจนและตรงที่สุด
- ลำดับที่ของการ feedback ในแต่ละขั้นตอนของการฝึก ไม่มีผลต่ออัตราการเรียนรู้
- ถ้าเลิกการ feedback จะทำให้ผลของการฝึกและการเรียนรู้ค่อยๆ ลดลงในระยะแรก แต่จะไม่มีผลต่อ performance ในระยะยาว

#### 4.1.5. การฝึกปฏิบัติ (practice)

ตามทฤษฎีของการเรียนรู้เพื่อให้ได้ความชำนาญของการเคลื่อนไหวนั้น จำเป็นจะต้องขึ้นกับเงื่อนไขข้างต้นทั้งหมดและที่ขาดไม่ได้คือจำนวนครั้งของการฝึกปฏิบัติ โดยทั่วไปแล้วการปฏิบัติเพื่อให้เกิดความชำนาญสำหรับ motor pattern ใดก็ตาม อาจต้องกระทำซ้ำๆ รวมเป็นล้านครั้ง ซึ่งจะเกิด engram ขึ้นเช่นเดียวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การเคลื่อนไหวของร่างกายที่จะเป็นไปอย่างราบรื่น ถูกต้อง และรวดเร็ว มักจะไม่ผ่านการสังการเป็นครั้งๆ จากสมองแต่จะเกิดผ่าน engram นี้เอง โดยสมองจะเป็นแต่เพียงผู้อนุญาตให้ engram นั้นๆ ปฏิบัติได้ และเป็นตัวรับรู้สิ่งที่กำลังเกิดขึ้น (perception) และคาดหมาย (anticipation) ว่าจะเกิดสิ่งใดต่อไปเมื่อพิจารณาวิธีการฝึก

โดยจำแนกตามระยะเวลาฝึกและเวลาพัก จะแบ่งได้เป็น 2 วิธีการ คือ<sup>(10)</sup>

4.1.5.1 massed practice คือ การฝึกโดยมีช่วงปฏิบัติยาวนานกว่าช่วงพัก มักมีอิทธิพลหรือผลบวกต่อการฝึก performance มากกว่า โดยที่ไม่มีผลลบต่อการเรียนรู้ (learning) เหมาะสำหรับการฝึกที่มีระยะเวลาจำกัด และกีฬาที่ต้องอาศัยความต่อเนื่องยาวนานเช่น เทนนิส จักรยานทางไกล เป็นต้น อาจถือได้ว่าเป็นวิธีการฝึกที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากใช้เวลาน้อย ข้อจำกัดคือความอ่อนล้าซึ่งอาจเกิดขึ้นในช่วงของการฝึกทำให้อุบัติการณ์ของการบาดเจ็บจากการฝึกสูงขึ้นได้

4.1.5.2 distributed practice คือ การฝึกที่ช่วงพักเท่ากับหรือมากกว่าช่วงฝึก อาจใช้ฝึกสำหรับกีฬาบางประเภทที่ไม่ต้องมีการกระทำแบบต่อเนื่องตลอดเวลาได้ เช่น เบสบอล ฟุตบอล ฯลฯ และควรใช้การฝึกชนิดนี้เมื่อมีอัตราเสี่ยงต่อการบาดเจ็บและการอ่อนล้าสูงขึ้น เช่น สภาพของนักกีฬายังไม่สมบูรณ์พอ หรือยังปรับตัวเข้ากับสภาพภูมิอากาศไม่ได้ เป็นต้น

4.1.6. การประเมินผล (assessment) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการฝึก motor control ซึ่งอาจเป็นชุดทดสอบสมรรถภาพทางกายหลายๆแบบ

ข้อควรระวังบางประการในการฝึกสมรรถภาพทางกาย

#### 1. ตัวผู้ฝึก

1.1. อายุ ในผู้ที่มีอายุเกิน 40 ปี ที่พบว่ามีความเสี่ยงสำหรับการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ 2 อย่างขึ้นไป รวมทั้งอาชีพพิเศษอื่นๆ เช่น นักบิน และคิดจะออกกำลังกายอย่างหนัก ควรได้รับการตรวจทางการแพทย์ (medical screening) เสียก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบหัวใจและระบบไหลเวียน<sup>(11)</sup> ส่วนในผู้ที่มีอายุน้อย ควรได้รับการตรวจแบบ musculoskeletal screening เนื่องจากกระดูกยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ การฝึกสมรรถภาพทางกายเพื่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงต้องมีการดูแลวิธีการฝึกอย่างใกล้ชิดเพื่อป้องกันการบาดเจ็บโดยเฉพาะของระบบกล้ามเนื้อกระดูกและข้อต่อ ซึ่งมีรายงานหนึ่งพบว่าอุบัติการณ์ของการบาดเจ็บจากการฝึกสมรรถภาพเพื่อความแข็งแรงในเยาวชนจะมีประมาณ 7.6%<sup>(12)</sup> ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งอุบัติเหตุจากแรงกระแทกเพียงครั้งเดียว

หรือ จากการบาดเจ็บสะสมจากการกระทำซ้ำๆ ก็ได้ เช่น epiphyseal plate, stress fractures, musculotendinous strains, osteochondritis dissecans of the knee and elbow, fractures of radius and ulna, cervical sprains and fractures, osteolysis of the distal clavicle, spondylolysis, spondylolisthesis, ruptured lumbar discs เป็นต้น

1.2. พื้นฐานทางร่างกาย ควรพิจารณาปริมาณความหนักหน่วงและความคืบหน้าของการฝึกสมรรถภาพในแต่ละบุคคล เนื่องจากพื้นฐานทางสรีระ และภูมิหลังของการออกกำลังกายและการปรับตัวต่อสิ่งสภาพอากาศ ซึ่งแต่ละคนมีไม่เท่ากันและต้องระวังในการฝึกแบบกลุ่มถ้าไม่มีการคัดเลือกผู้ที่มีความสมบูรณ์ทางกายใกล้เคียงกัน

1.3. โรคประจำตัว ผู้ที่มีความดันโลหิตสูงหรือโรคหัวใจ ควรระวังการออกกำลังกายเพื่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการเกร็งกล้ามเนื้อแบบหดค้างเอาไว้ (isometric exercise) เนื่องจากจะเพิ่มความดันโลหิตได้มากทั้ง systolic และ diastolic

**2.วิธีการฝึก**

2.1. การเร่งการออกกำลังกาย ถ้าให้มีความคืบหน้าเร็วเกินไปจะทำให้เกิดการท้อถอยและเลิกการฝึกในที่สุด พบว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิคจะพบอัตราการเลิกออกกำลังกายได้ถึง 50% หรือมากกว่า เมื่อฝึกไปได้ 6 เดือนถึง 1ปี

2.2. ความถี่ โดยทั่วไป ประมาณ 2 ครั้งต่อสัปดาห์สำหรับการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และ 3-5 ครั้งสำหรับฝึกความทนทานของระบบไหลเวียน การฝึกถี่กว่านั้นอาจทำได้สำหรับผู้ที่ต้องการสมรรถภาพทางกายสูงสุดระดับแข่งขัน แต่อาจเสี่ยงต่อการบาดเจ็บในระบบกล้ามเนื้อกระดูกหรือข้อต่อที่เพิ่มขึ้นได้

2.3. ระยะเวลาของการออกกำลังกาย การบาดเจ็บในระบบกล้ามเนื้อกระดูกและข้อ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับช่วงระยะเวลาของการออกกำลังกาย (ประมาณ 30 นาทีขึ้นไป)

2.4. ความหนักของการออกกำลังกาย นับว่ามีส่วนสัมพันธ์กับการบาดเจ็บได้มากที่สุด ควรระวัง high intensity interval training ในผู้ป่วยที่มีแนวโน้มด้านโรคหัวใจ (coronary prone) แต่ควรเลือกใช้การออกกำลังกาย

กายแบบต่อเนื่องที่ความหนักน้อยถึงปานกลางแทน เช่น 50-60 % ของ ซีพีजरสูงสุด

-การฝึกออกกำลังกายเพื่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยทั่วไปเพื่อป้องกันการบาดเจ็บระบบกล้ามเนื้อ กระดูก และข้อต่อ ควรฝึกกล้ามเนื้อมัดใหญ่ก่อน และฝึกหลายกลุ่ม ห้ามใช้น้ำหนักขนาด 1 RM และควรหลีกเลี่ยงขนาด 6 RMหรือหนักกว่า แต่ควรใช้ 15-20 RM แทน และกระทำซ้ำอย่างช้าๆ (slow controlled repetitions)<sup>(12)</sup> ไม่ควรใช้น้ำหนักขนาดที่หนักกว่า 10 RM ในผู้ใหญ่ และ 20 RM ในเยาวชน

-การคenen้ำหนักขนาด 1 ถึง 10 RM อาจใช้ตารางที่ 2 เป็นแนวทางได้<sup>(13)</sup>

Repetitions (RM)	% ของ 1 RM
1	100
2	93.5
3	91.0
4	88.5
5	86.0
6	83.5
7	81.0
8	78.5
9	76.0
10	73.5

ตารางที่ 2 แสดงการคenen้ำหนักโดยประมาณของระดับ RM ต่างๆ เมื่อเทียบเป็น %ของ 1 RM

**2.5. ท่าทางหรือวิธีการในการออกกำลังกาย**

-การออกกำลังกายเพื่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ต้องระวัง joint over stressจากท่าทางการฝึกที่ไม่เหมาะสมซึ่งจะเกิดการบาดเจ็บได้ตัวอย่างเช่น การฝึกกล้ามเนื้อ quadriceps ด้วยการย่อเข่าลงนั่งยองๆ หรือกระโดดในท่า นั่งยองๆ จะเกิดการบาดเจ็บของกระดูกอ่อนของหัวเข่าและลูกสะบ้าได้ และการฝึกยกน้ำหนักในท่าก้มหลังจะเพิ่ม load ต่อหมอนรองกระดูกสันหลังได้มาก ควรใส่เข็มขัดรัดหน้าท้องทุกครั้งที่มีการยกน้ำหนักมากที่เกือบจะเท่าหรือเท่ากับสมรรถภาพของการยกสูงสุดของร่างกาย

- การฝึกกล้ามเนื้อเพื่อความแข็งแรง มีแนวโน้มจะเบ่งหรือล้าใจควมคุมไปด้วยในขณะที่มีการเกร็งของกล้ามเนื้อเพื่อยกน้ำหนัก ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความดันโลหิตและทำให้หัวใจทำงานหนักขึ้นไปอีก ทำให้ลดการไหลเวียนโลหิตกลับสู่ส่วนกลาง ควรแก้ไขโดยอย่างล้าใจหรือเบ่ง แต่ให้หายใจออกขณะมีการเกร็งของกล้ามเนื้อ

- ควรระวังการหยุดยั้งตรงทันทีหลังออกกำลังกายหนักๆ เนื่องจากอาจเกิดการลดการไหลเวียนโลหิตสู่ส่วนกลางกระทันหัน ทำให้เกิดอาการหน้ามืด เป็นลม อาจเป็นอันตรายได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้มีแนวโน้มจะเป็นโรคหัวใจมาก่อน จึงควรต้องมีการ cool down ก่อนหยุดออกกำลังกายในแต่ละครั้งโดยค่อยๆลดความเร็วของการวิ่งหรือเดินลงสักระยะหนึ่งเช่นประมาณ 5 นาที

- การฝึกความอ่อนตัว ควรหลีกเลี่ยงการยึดในลักษณะของการ กระตุก เนื่องจากเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้มากกว่าการยืดแบบค้างเอาไว้

### 3. สิ่งแวดล้อม

#### 3.1. การออกกำลังกายในที่ที่มีอากาศร้อน

ต้องระวังเรื่อง heat injuries เช่น heat exhaustion และ heat stroke ซึ่งอาจมีอันตรายร้ายแรงถึงชีวิตได้ในผู้ฝึกสมรรถภาพที่ยังไม่ชินกับสภาพอากาศร้อน ซึ่งต้องใช้เวลาค่อยๆปรับตัว (acclimatization) ในระยะเวลาประมาณ 9 วัน

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลังจากเกิด acclimatization แล้ว ได้แก่

- เพิ่มอัตราการไหลเวียนของเส้นเลือดใต้ผิวหนัง ทำให้เกิดการระบายความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้ง่ายขึ้น
- cardiac output เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการไหลเวียนไปยังผิวหนังและกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น คงสภาพของความดันโลหิตขณะออกกำลังกาย
- อัตราการขับเหงื่อจะเพิ่มขึ้น และจะเริ่มเกิดได้ง่ายขึ้น ทำให้การระบายความร้อนสู่ชั้นบรรยากาศได้ดีขึ้น
- ลดการขับเกลือออกมาทางเหงื่อ เป็นการรักษาสมดุลย์ของเกลือแร่ในส่วนของ extracellular fluid

ข้อควรระวังเรื่องอากาศร้อน จะต้องคำนึงถึง สภาพความชื้นของอากาศที่จะเป็นปัจจัยหลักของการระเหยของเหงื่อได้ดีเพียงใด รวมทั้งการแผ่รังสีที่ดูดซับที่ผิวหนัง และลมที่พัดผ่านผิวหนังได้เป็นบริเวณกว้างหรือไม่ประกอบด้วย

อีกอย่างหนึ่ง คือ การวัดอุณหภูมิกายขณะทำการฝึกไม่สามารถใช้การวัดทางปากได้ (เชื่อถือไม่ได้-มักต่ำกว่าความเป็นจริง) จึงต้องวัดทางทวารหนัก<sup>(1)</sup>

มีแนวทางมาตรฐานที่แนะนำสำหรับการป้องกันอันตรายจากการออกกำลังกายในอากาศร้อนโดยอาศัยการหา wet bulb-globe temperature index<sup>(1)</sup> ดังแสดงในตารางที่ 3

WB-GT index		ข้อแนะนำ
°F	°C	
80-84	26.5-28.8	ควรพักให้ดื่มน้ำบ่อยๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในผู้ที่ยังไม่ชินสภาพอากาศหรือไม่สมบูรณ์
85-87	29.5-30.5	หลีกเลี่ยงการออกกำลังกายหนักๆ ในแดดจัดหลีกเลี่ยงเสื้อผ้าที่หนา
88	31.2	ควรหยุดฝึก

ตารางที่ 3 แสดงค่า WB-GT index และข้อแนะนำในการปฏิบัติตัว

หมายเหตุ WB-GT หมายถึง wet bulb-globe temperature index

ซึ่งคิดได้จากสูตร  $WB-GT = 0.1 \times DBT + 0.7 \times WBT + 0.2 \times GT$  โดยที่ DBT คือ ค่าที่อ่านได้จาก thermometer ธรรมดา (กระเปาะแห้ง) ในบรรยากาศที่ทำการฝึก

WBT คือ ค่าที่อ่านได้จาก thermometer กระเปาะเปียกซึ่งตั้งอยู่บริเวณที่มีลมพัดสะดวก ในวันที่มีความชื้นสูง ค่าที่อ่านได้จากชนิดกระเปาะเปียกจะใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าที่อ่านได้จากชนิดกระเปาะแห้ง และค่าจะต่ำกว่าที่อ่านได้จากชนิดกระเปาะแห้งในวันที่อากาศแห้งและลมพัดดีโดยขึ้นกับการระเหยของน้ำจากกระเปาะเปียก

GT คือ ค่าที่อ่านได้จาก thermometer ที่กระเปาะเก็บอยู่ในทรงกลมโลหะทองแดงที่ทาสีดำ จะแสดงถึงความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสี

#### 3.2. การแต่งกาย

ในวันที่มีอากาศร้อนและมีแดดจัด ควรหลีกเลี่ยงชุดสีเข้มออกกำลังกลางแดดเนื่องจากดูดซับการแผ่รังสีความร้อนได้ เสื้อผ้าควรโปร่งที่สุดเพื่อให้ลมพัดผ่านได้



### 3.3. ลู่วิ่ง

ควรเป็นชนิดที่ไม่มีกระด้างมากจนเกินไป ควรหลีกเลี่ยงการวิ่งด้วยรองเท้าที่ไม่มีวัสดุลดแรงกระแทกที่ดีพอเช่นพื้นบางเกินไป หรือพื้นรองเท้าเสื่อมสภาพแล้ว หรือรองเท้าพื้นแข็งกระด้าง เนื่องจากจะทำให้เกิดการบาดเจ็บของระบบกล้ามเนื้อกระดูกหรือข้อต่อได้

#### เอกสารอ้างอิง

1. McArdle W.D., Katch F.I., Katch V.L. Exercise physiology. 3rd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991.
2. ลิขิต อมาตยคง, สมรรถภาพทางกายและการทดสอบ. ใน: คู่มือผู้นำการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ. กองอนามัยโรงเรียน กรมอนามัย. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. พ.ศ. 2533; 118-35.
3. สำนักพัฒนาการพลศึกษา สุขภาพ และ นันทนาการ. การทดสอบและประเมินผลสมรรถภาพทางกาย. กรมพลศึกษา. โรงพิมพ์การศาสนา กรมการศาสนา: พ.ศ. 2539; 6-18.
4. Kraemer WJ. General adaptations to resistance and endurance training programs. In: Baechle TR. ed. Essentials of strength training and conditioning /national strength and conditioning association. Illinois : Human Kinetics,1994; 127-50.
5. Thigpen LK. Building strength. In: Mellion MB. ed. Sports medicine secrets. Singapore: Info Access & Distribution Pte Ltd,1994; 62-8.
6. De Lateur BJ. Exercise for strength and endurance. In: Basmajian JV. ed. Therapeutic exercise. 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1982; 87-92.
7. Latin RW. Building aerobic power. In: Mellion MB. ed. Sports medicine secrets. Singapore: Info Access & Distribution Pte Ltd,1994; 57-61.8.
8. Corbin CB. Flexibility. Clin Sports Med 1984; 3: 101-17.
9. Blanke D. Flexibility. In: Mellion MB. ed. Sports medicine secrets. Singapore: Info Access & Distribution Pte Ltd,1994; 71-6.
10. Shea JB, Hunt JP. Motor control. Clin Sports Med 1984; 3: 171-83.
11. American college of sports medicine. Guidelines for exercise testing and prescription.4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991.
12. Rice SG. Strength training in young athletes. In: Mellion MB. ed. Sports medicine secrets. Singapore: Info Access & Distribution Pte Ltd,1994; 68-71.
13. Wathen D. Load assignment. In: Baechle TR. ed. Essentials of strength training and conditioning / national strength and conditioning association. Illinois : Human Kinetics,1994;435-46.