

618306

สรีรวิทยาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม
และการทำงาน

*(ENVIRONMENTAL AND
WORK PHYSIOLOGY)*





ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ สรีรวิทยาการทำงาน และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน



อ.ดร.เฉลิมสิริ เทพพิทักษ์

clthep2559@gmail.com

โทร. 0973420593

สาขาวิชาอาชีวอนามัย

และความปลอดภัย

สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

1.เพื่อทราบความหมายและความสำคัญของสรีรวิทยาในการทำงาน

2.เพื่อให้ทราบองค์ประกอบของของสรีรวิทยาในการทำงาน

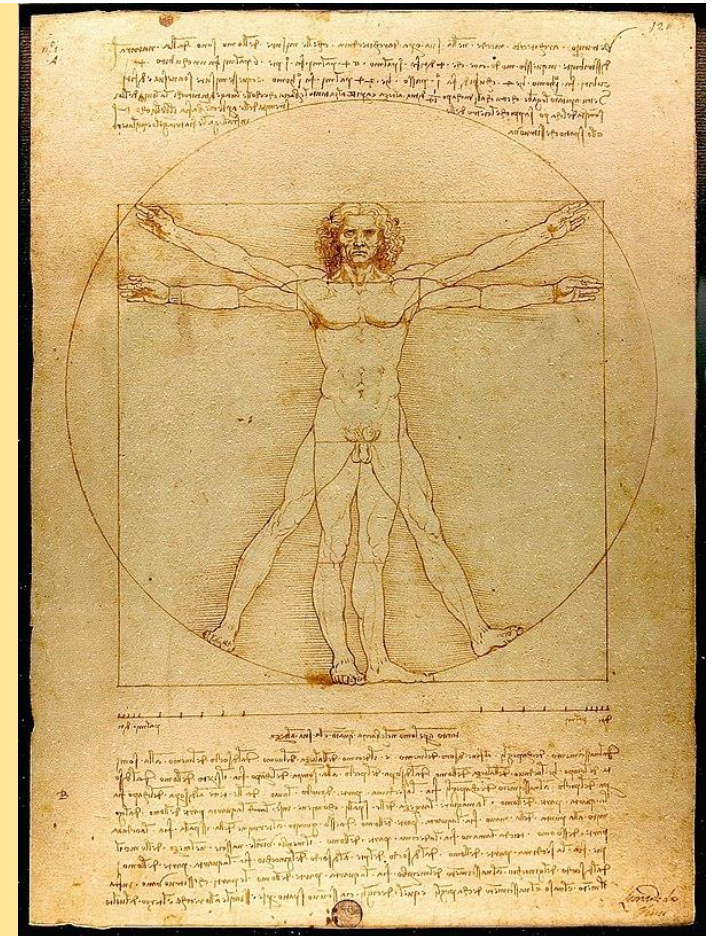
3.เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานของระบบต่างๆของร่างกาย

4.เพื่อให้ทราบถึงการนำสรีรวิทยาในการทำงานไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบงาน

สรีรวิทยา (Physiology)

Physiology (มาจากภาษากรีก)
แปลว่า Inquiry into nature

- คำนี้ใช้ครั้งแรก เมื่อปีค.ศ.
1552 โดยแพทย์ชาวฝรั่งเศส
ชื่อ Jean Fernel



สรีรวิทยา (Physiology)

หมายถึง วิชาที่ศึกษาถึงหน้าที่ และการทำงานของระบบต่างๆ ของร่างกายร่วมกัน เพื่อให้ร่างกายดำเนินอยู่ได้โดยปกติ (Homeostasis)

- คำนี้ใช้ครั้งแรก เมื่อปีค.ศ. 1913 โดย Dr. Max Rubner นักสรีรวิทยาชาวเยอรมัน

แบ่งเป็น 3 สาขา

1. สรีรวิทยาของมนุษย์ (Human Physiology)
2. สรีรวิทยาสิ่งแวดล้อม (Environmental Physiology)
3. สรีรวิทยาการทำงาน (Work Physiology)

สรีรวิทยา (Physiology)

1. สรีรวิทยาของมนุษย์ (Human Physiology)

- ❖ การศึกษาสรีรวิทยาของระบบหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบประสาท และระบบกล้ามเนื้อ

2. สรีรวิทยาสิ่งแวดล้อม (Environmental Physiology)

- ❖ การศึกษาผลกระทบของความร้อน เสียงดัง แสงสว่าง มลพิษอากาศที่มีผลต่อระบบต่างๆของร่างกาย

3. สรีรวิทยาการทำงาน (Work Physiology)

สรีรวิทยาการทำงาน (Work Physiology)

หมายถึง การประยุกต์ความรู้เรื่องสรีรวิทยาของมนุษย์ขณะทำงานออกแรง(Physical Work) ทั้งนี้ในการทำงานหนึ่งๆที่ต้องใช้พลังงานของร่างกาย การฟื้นตัว(Recovery)ของระบบต่างๆในร่างกายกลับสู่สภาวะปกติโดยเร็วเป็นสิ่งสำคัญ และสามารถทำได้โดยการจัดการภาระงาน(Work Load) ให้เหมาะสมกับความสามารถของร่างกายในการทำงาน (Work Capacity) นั้นเอง



สรีรวิทยาการทำงาน (Work Physiology)

โดยสรุป หมายถึง

- ❑ การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการปฏิบัติงาน (Performance) และ ความล้า (Fatigue) ในระหว่างการทำงานที่ใช้กล้ามเนื้อ
- ❑ เป็นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงทางสรีระร่างกายที่เกิดขึ้นจากการทำงานและนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบ หรือ ปรับปรุงการทำงาน เครื่องมือ เครื่องจักร และ สภาพแวดล้อมในการทำงานให้มีความเหมาะสม มีประสิทธิภาพและปลอดภัย

งาน (Work)

$$\text{Work} = \text{Force} \times \text{Distance}$$

งาน หมายถึง ผลคูณของแรงที่ออก กับ ระยะทางที่เคลื่อนที่ไป
ตามแรง หน่วยเป็น Joule (J)

- พลังงาน 1 Joule (J) เทียบได้กับพลังงานที่ใช้ในการออกแรงผลักวัตถุ 1 นิวตัน ให้เกิดการเคลื่อนที่ไป 1 เมตร
- พลังงาน 1 แคลอรี = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำ 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส

ความสำคัญของสรีรวิทยาในการทำงาน

1. ใช้ในการจัดให้คนงานได้ทำงานภายใต้สภาพการทำงานที่เหมาะสม
2. ใช้ในการจัดหาเครื่องจักรมาทำงานแทนคนในกรณีที่จำเป็น เพื่อลดความเค้นที่เกิดจากการออกแรงกาย
3. ใช้ในการประเมินความสูญเสียทางสรีรวิทยาที่เกิดจากการทำงาน
4. ใช้ในการออกแบบสถานที่ทำงาน อุปกรณ์ เครื่องมือให้เหมาะสม

การสร้างพลังงานในร่างกายของมนุษย์

- กล้ามเนื้อของเราจะรับพลังงานได้จากแหล่งเดียวเท่านั้น คือ จาก ATP (Adenosine Triphosphate)
- กล้ามเนื้อรับพลังงานจาก ATP ซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่เสถียร สามารถเก็บมันไว้ในร่างกายได้เพียงน้อยนิดเท่านั้น
- ในสภาวะปกติร่างกายจะมี ATP เก็บอยู่ในกล้ามเนื้อน้อยขนาดที่ว่าหลังจากเราเริ่มออกแรงมันจะถูกใช้จนหมด ในเวลาเพียงแค่ 10 วินาที หลังจากนั้นร่างกายจะต้องทยอยสร้าง ATP ขึ้นมาใหม่ในระหว่างที่เราออกแรง

การสร้างพลังงานในร่างกายของมนุษย์ มี 3 วิธี คือ

วิธีที่ 1: ATP สำเร็จรูป ใช้ได้เลย (ATP-CP System)

Anaerobic exercise การสร้างพลังงานวิธีแรก ง่ายที่สุด เร็วที่สุด คือนำ ATP ที่มีอยู่แล้วในกล้ามเนื้อมาใช้เลย จึงไม่ต้องใช้ออกซิเจนช่วยและไม่ต้องแปลงมาจากสารอาหารใดๆทั้งสิ้น

- วิธีนี้จะถูกใช้เมื่อร่างกายต้องการพลังงานที่มากในเวลาชั่วพริบตา เช่น วิ่งสปринต์ 100 เมตร หรือ ยกน้ำหนักมากๆ แต่อย่างที่บอกข้างต้น กล้ามเนื้อเก็บ ATP ไว้เพียงนิดเดียว มันจะหมดในเวลาแค่ 10 วินาทีแรกที่ออกแรง ซึ่งกว่าจะถูกสร้างใหม่จนเต็มก็ต้องกินเวลา 2 - 3 นาที ดังนั้นถ้าเราต้องการพลังงานยาวนานกว่านั้น ร่างกายจะใช้วิธีสร้างพลังงานแบบอื่นเข้ามาช่วย

วิธีที่ 2: ATP จากกลูโคส (Anaerobic Glycolytic System)

- วิธีนี้ถูกเรียกใช้เมื่อเราใช้แรงอย่างหนักเป็นเวลา 30 วินาที - 2 นาที
- การสร้าง ATP แบบที่นี้ได้จากการสลายน้ำตาลกลูโคส(หน่วยย่อยที่สุดของคาร์โบไฮเดรต)
- วิธีนี้ไม่ใช้ออกซิเจนเข้าช่วย จึงใช้เวลาในการสร้างพลังงานเร็วมาก แต่มีข้อเสียคือผลจากการสลายน้ำตาลกลูโคสจะได้กรดแลคติกมาด้วย
- กรดแลคติกนี้เป็นตัวการทำให้เกิดอาการปวดเมื่อยและล้าที่กล้ามเนื้อ ดังนั้นร่างกายของเราจะทนกับสภาพนี้ได้แค่ 2-3 นาที ก็ต้องหยุดจากความล้า ธรรมชาติทำอย่างนี้เพื่อป้องกันไม่ให้อาการล้าต้องรับภาระหนักจนเกินไป

วิธีที่ 3: ATP แบบผลิตช้า แต่มีให้ใช้ได้นาน (Aerobic System)

- วิธีนี้เป็นการสร้าง ATP ที่ช้าที่สุด แต่เป็นแหล่งผลิตพลังงานหลักของเรา
- ขณะที่คุณเราทำงานหรือนอนร่างกายก็สร้างพลังงานด้วยวิธีนี้เป็นหลัก และร่างกายยังใช้วิธีนี้เมื่อเราทำกิจกรรมที่ยาวนานแต่ไม่หนักมากด้วย เช่น การเดินทางไกล หรือ วิ่งจ็อกกิ้งที่กินเวลานานแต่ไม่ได้ใช้แรงจนถึงขั้นหอบ
- การสร้างพลังงาน 2 วิธีแรกไม่ใช้ออกซิเจน แต่วิธี Aerobic Glycolytic System นี้ใช้ โดยออกซิเจนก็ได้จากการหายใจเข้าไปนั่นเอง และการสร้าง ATP แบบสุดท้ายนี้ใช้สารตั้งต้นคือ คาร์โบไฮเดรต, ไขมัน และ โปรตีน

การทำงานของร่างกายมนุษย์

พลังงานจากอาหาร
(คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน, ไขมัน)



ร่างกายย่อย ดูดซึม
สะสมไว้ที่กล้ามเนื้อ



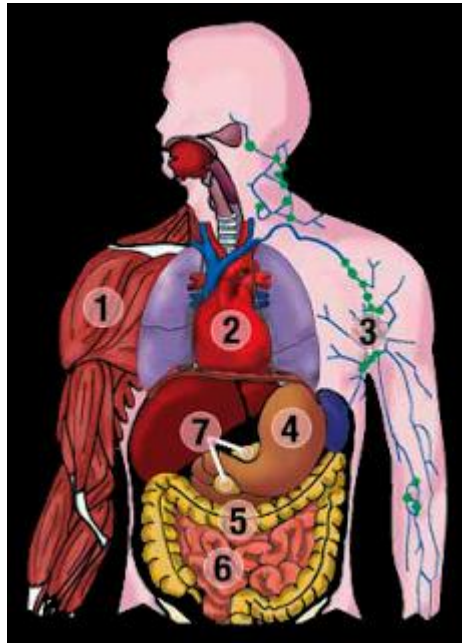
กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อต้องอาศัยการสันดาป
อาหารให้เป็นพลังงาน โดยใช้เอนไซม์ต่างๆ



สารอาหารและพลังงานที่สะสมไว้
ที่กล้ามเนื้อมีจำนวนจำกัด



ต้องมีระบบอื่นๆทำงานสนับสนุนเพื่อลำเลียงและจ่ายสารอาหารและออกซิเจนให้
เพียงพอกับการทำงานของกล้ามเนื้อ และต้องมีการรักษาสมดุลของร่างกายด้วย



การตอบสนองของร่างกายต่อการออกแรงของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง

กล้ามเนื้อใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

- ATP and Energy Storage
- อัตราการใช้ออกซิเจน (O_2 consumption)



ระบบสนับสนุนพลังงานและสารอาหาร

- สร้าง ATP ทดแทน
- การส่งต่อพลังงาน (Energy mobilization)
- การระบายอากาศ (Ventilation)
- การไหลและการจัดสรรเลือด (Blood flow, redistribution)
- เซลล์กล้ามเนื้อสกัดเอา O_2 ไปใช้ (O_2 Extraction)

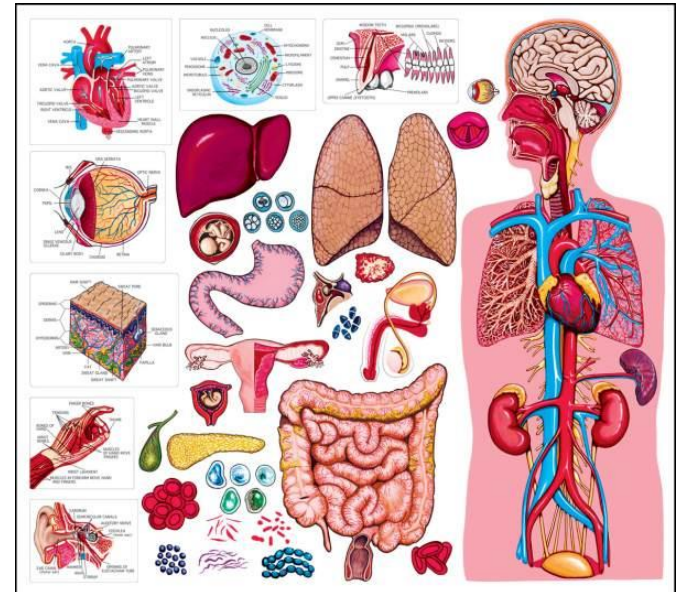
กระบวนการรักษาสสมดุล

- ก๊าซในเลือด
- สมดุลกรด-ด่าง
- น้ำ
- อุณหภูมิ

ระบบร่างกายที่ตอบสนองของร่างกายต่อการออกแรง ของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง

ได้แก่

- ✓ ระบบประสาท
- ✓ ระบบกล้ามเนื้อ
- ✓ ระบบต่อมไร้ท่อและเมตาบอลิซึม
- ✓ ระบบหายใจ
- ✓ ระบบหัวใจและหลอดเลือด
- ✓ ระบบการควบคุมอุณหภูมิภายในร่างกาย



การทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

ระบบประสาท

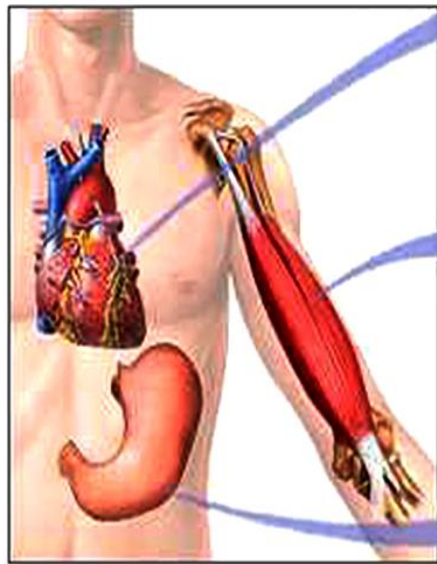
- ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยการสั่งการจากสมองใหญ่ (Cerebrum) ผ่านมาทางหน่วยยนต์ (Motor Unit) ของไขสันหลัง และประสานข้อมูลจากตัวรับสัญญาณ (Receptor) ที่อยู่ภายในกล้ามเนื้อ ขั้วต่อ ระบบประสาทสัมผัสต่างๆ เพื่อปรับแต่งการทำงานของระบบให้สอดคล้องกันโดยการทำงานผ่านระบบประสาทปกติ (Somatic nervous system) และระบบประสาทอัตโนมัติ

การทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

ระบบกล้ามเนื้อ

- ❑ มีหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานกล โดยการดึงตัวหรือหดตัว
- ❑ เซลล์กล้ามเนื้อลายในร่างกายแต่ละแห่งจะมีสีแตกต่างกันไปและมีความสามารถในการหดตัวแตกต่างกันด้วย

กล้ามเนื้อแบ่งได้ 3 ชนิด



Cardiac muscle cell

กล้ามเนื้อหัวใจ

อยู่ภายใต้การควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติ พบได้เฉพาะในหัวใจ



Skeletal muscle cell

กล้ามเนื้อลาย

อยู่ภายใต้การควบคุมของจิตใจสั่งการได้ พบได้ตามแขน ขา ท้อง



Smooth muscle cell

กล้ามเนื้อเรียบ

อยู่ภายใต้การควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติ พบได้ตามทางเดินอาหาร



กล้ามเนื้อลาย แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

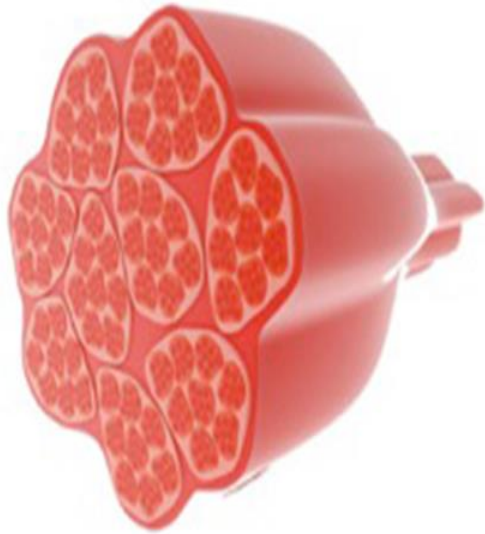
1.Type I Slow twitch (Red muscle)

กล้ามเนื้อชนิดนี้มีสีแดงเพราะเส้นเลือดเลี้ยงเยอะ

ใช้พลังงานจากออกซิเจน หดตัวได้ช้า แต่ทนทาน ทำงานได้เรื่อยๆ เพิ่มจำนวนเซลล์ได้ดี

2. Type II Fast twitch (White muscle)

กล้ามเนื้อชนิดนี้มีสีขาวเพราะเส้นเลือดเลี้ยงน้อยกว่า ใช้พลังงานหลักคือพลังงานสำรองในเซลล์
กล้ามเนื้อชนิดนี้หดตัวเร็ว แรง แต่ทำงานได้ไม่นานนัก เพิ่มขนาดเซลล์ได้ดี



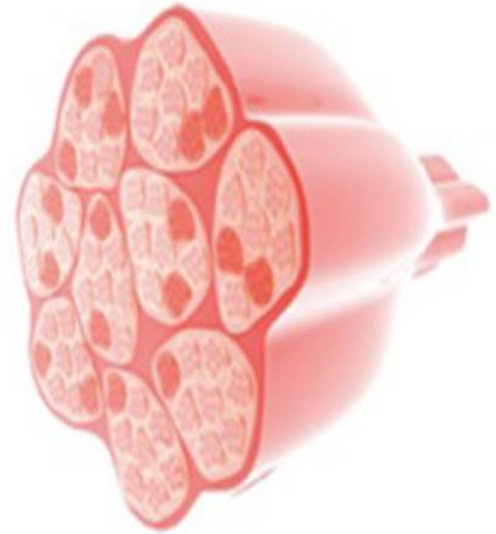
RED MUSCLE

ทำงานช้า แต่ทนทาน
เพิ่มจำนวนได้ดี



MIXED MUSCLE

แบบผสมผสาน
เพิ่มแบบผสมผสาน



WHITE MUSCLE

ทำงานเร็ว ระเบิดสั้นๆ
เพิ่มขนาดได้ดี

การหดตัวของกล้ามเนื้อ

Static contraction

Dynamic contraction

Isotonic

Isokinetic

Concentric

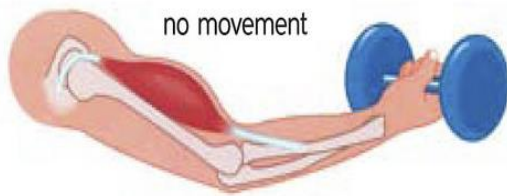
Eccentric

ชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย

1. Static contraction หรือ Isometric contraction

การหดตัวแบบความยาวกล้ามเนื้อเท่าเดิม เช่น การเกร็ง แต่
ไม่เคลื่อนไหว สิ่งที่เปลี่ยนแปลงคือความตึงตัวของกล้ามเนื้อ

a) **Isometric contraction** - muscles contract but do not shorten



ชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย

2.Dynamic contraction

เป็นการหดตัวที่ทำให้กล้ามเนื้อสั้นลงหรือยาวขึ้น แบ่งเป็น 2 ลักษณะ

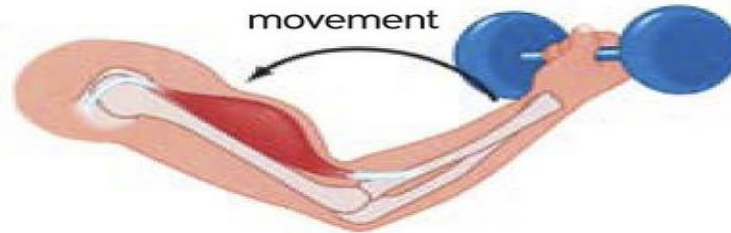
2.1Isotonic contraction การหดตัวแบบความตึงตัวเท่าเดิม เช่นการยกของขึ้นลง มีการเคลื่อนไหว สิ่งที่เปลี่ยนแปลงคือความยาวของกล้ามเนื้อ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

2.1.1Concentric Contraction (กล้ามเนื้อขณะหดสั้นเข้า)

2.1.2 Eccentric Contraction(กล้ามเนื้อขณะยืดเหยียดออก)

2.1.1 Concentric Contraction (กล้ามเนื้อขณะหดสั้นเข้า)

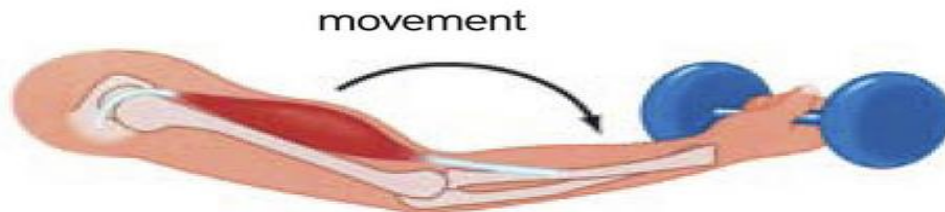
b) Concentric contraction - muscles contract and shorten to lift the weight



2.1.2 Eccentric Contraction (กล้ามเนื้อขณะยืดเหยียดออก)

เช่น การดันพื้น การลุกนั่ง การยกน้ำหนัก ฯลฯ การออกกำลังกายประเภทนี้ เป็นการให้ประโยชน์กับกล้ามเนื้อ สามารถสร้างความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อมัดนั้นๆ โดยตรง ทำให้กล้ามเนื้อโตขึ้น แข็งแรงขึ้น

c) Eccentric contraction - muscles contract but lengthen to control the lowering of the weight



2.2 Isokinetic contraction

คล้ายกับ Isometric เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวที่ความเร็วคงที่ไม่ว่าจะมีแรงต้านแตกต่างกันระหว่างการเคลื่อนไหวนั้น หรือในการดำเนินชีวิตปกติคือการออกแรงต้าน(ดัน)ที่ความเร็วคงที่ เช่น การยกของ (กระป๋องน้ำอัดลม, น้ำหนัก) จะเห็นว่าน้ำหนักของสิ่งของเหล่านี้คงที่



ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ

1.ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength)

หมายถึง ความสามารถในการออกแรงกล้ามเนื้อหรือผลการทำงานของกล้ามเนื้อ วัดได้เป็น นิวตัน (N) หรือ อาจจะหมายถึง แรงดึงสูงสุด(Maximal tension) หรือแรงสูงสุดที่กล้ามเนื้อนั้นสามารถออกแรงได้

- แรงดึงของกล้ามเนื้อ วัดได้เป็น นิวตัน/ซม.²

ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ

2. กำลัง หรือ พลัง (Power)

พลังในการทำงาน หมายถึง

อัตราการทำงาน (งานต่อหน่วยเวลา) มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

$$\text{Power} = \text{Force} \times \text{Velocity}$$

- ขณะที่มีการหดเกร็งกล้ามเนื้อแบบ Static contraction (Isometric contraction) ซึ่งความเร็วของกล้ามเนื้อในการหดและคลายตัวเป็นศูนย์ ส่งผลให้พลัง เป็นศูนย์ เช่นกัน

ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ

2. กำลัง หรือ พลัง (Power)

- ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับ การกระจายตัวของชนิดใยกล้ามเนื้อ และ การฝึกกล้ามเนื้อ
- นอกจากนี้ ความเร็วในการหดตัวยังอาจได้รับผลกระทบจากการลดกิจกรรมที่ทำ หรือการบาดเจ็บกล้ามเนื้ออีกด้วย
- พลังกล้ามเนื้อมีโอกาสูงที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ

3.ความทนทาน (Endurance)

หมายถึง ความสามารถในการออกแรงกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาหนึ่ง

- กิจกรรมที่ใช้ความทนทานอาศัย Aerobic metabolism รวมทั้งการสนับสนุนจากระบบหัวใจ หลอดเลือด และระบบหายใจด้วย

ความสำคัญของการมีความทนทาน คือจะช่วยลดผลกระทบจากความล้าของกล้ามเนื้อได้ และความทนทานนี้สามารถฝึกและพัฒนาได้

ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ

3.ความทนทาน (Endurance)

- ❑ ขณะที่เกิดความล้า(Fatigue) จะทำให้เพิ่มการทำงานของหน่วยยนต์และกล้ามเนื้ออื่นๆ เพื่อให้การทำงานนั้นคงอยู่ต่อไปได้
- ❑ เป็นการเพิ่มความสูญเสียพลังงานร่างกาย(Energy Cost) และสูญเสียประสิทธิภาพในการทำงาน
- ❑ ดังนั้นเมื่อเกิดความล้าจากการทำงาน จำเป็นต้องมีการหยุดพักเพื่อให้ร่างกายฟื้นตัว และพร้อมทำงานได้ต่อไป

ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ

3.ความทนทาน (Endurance)

แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) Muscle endurance หมายถึง

ความทนทานของกล้ามเนื้อ สามารถหดตัวซ้ำๆ หรือนานๆ ด้านความล้า ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังงานที่สะสมในกล้ามเนื้อ และจำนวนหลอดเลือดฝอยในกล้ามเนื้อ

2) General endurance หมายถึง

ความทนทานหรือความสมบูรณ์ของระบบพลังงาน ทั้งหมด หัวใจ หลอดเลือด ปอด การควบคุมอุณหภูมิในร่างกาย

ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ

4.สมรรถนะทางกายภาพ(Physical Performance)

เป็นการวัดความสามารถในการปฏิบัติงานของกล้ามเนื้อ

หลายๆลักษณะร่วมกัน เช่น ความแข็งแรง พลังงาน ความเร็ว ความทนทาน ความคล่องแคล่ว ว่องไว ความยืดหยุ่น และ การประสานงาน เป็นต้น

การตอบสนองทางสรีรวิทยา

- ภาระงานที่ต่างกันย่อมส่งผลให้การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่างกัน
- การประเมินภาระงาน จึงทำได้โดยการประเมินการตอบสนองทางสรีรวิทยา
- การประเมินการตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่น อัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิร่างกาย ความดันโลหิต อัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกาย ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำลาย/เลือด/น้ำปัสสาวะ เป็นต้น

การตอบสนองทางสรีรวิทยา

- การกำหนดภาระงานที่เหมาะสม จะพิจารณาจาก อัตราการใช้พลังงานของร่างกายเทียบกับค่าความสามารถสูงสุดที่ร่างกายสามารถทำได้ ซึ่งก็คือ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\text{VO}_2 \text{ max}$)
- หากบุคคลใช้พลังงานไม่เกินร้อยละ 50 ของความสามารถสูงสุดที่ทำได้ในแต่ละวัน ก็ไม่ควรจะเกิดความล้าสะสม กล่าวคือ ร่างกายสามารถฟื้นตัวได้หลังจากกลับบ้านพักผ่อนในแต่ละวัน

ประเภทของงานกับสรีรวิทยาการทำงาน

1. งานที่มีกิจกรรมต่อเนื่องเป็นเวลานาน(Prolonged Work)

เป็นงานที่มีความหนัก-เบา ปานกลาง กระทำอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหลายนาที่ถึงหลายชั่วโมง และใช้ออกซิเจนในระดับคงที่ **ข้อสังเกต**บางประการสำหรับงานในลักษณะนี้คือ

- พลังงานที่ใช้มาจากกระบวนการใช้ออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่
- พลังงานหลักมาจากอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและไขมัน
- ปริมาณกรดแลคติกที่สะสมในกล้ามเนื้อจะเกิดเฉพาะช่วงแรกก่อนที่จะมีการใช้ออกซิเจนในภาวะคงตัว
- สำหรับงานเบากรดแลคติกจะถูกสันดาปเร็วและไม่สะสมมากเกินไปกว่าที่มีในขณะพัก

ประเภทของงานกับสรีรวิทยาการทำงาน

2. งานที่มีกิจกรรมไม่ต่อเนื่อง(Intermittent work)

เป็นงานที่ใช้ความพยายามในระยะเวลาสั้น คือ ทำๆ หยุดๆ จนกว่างานจะเสร็จ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ออกซิเจนในขณะที่ทำงาน และขณะพักตลอดเวลา

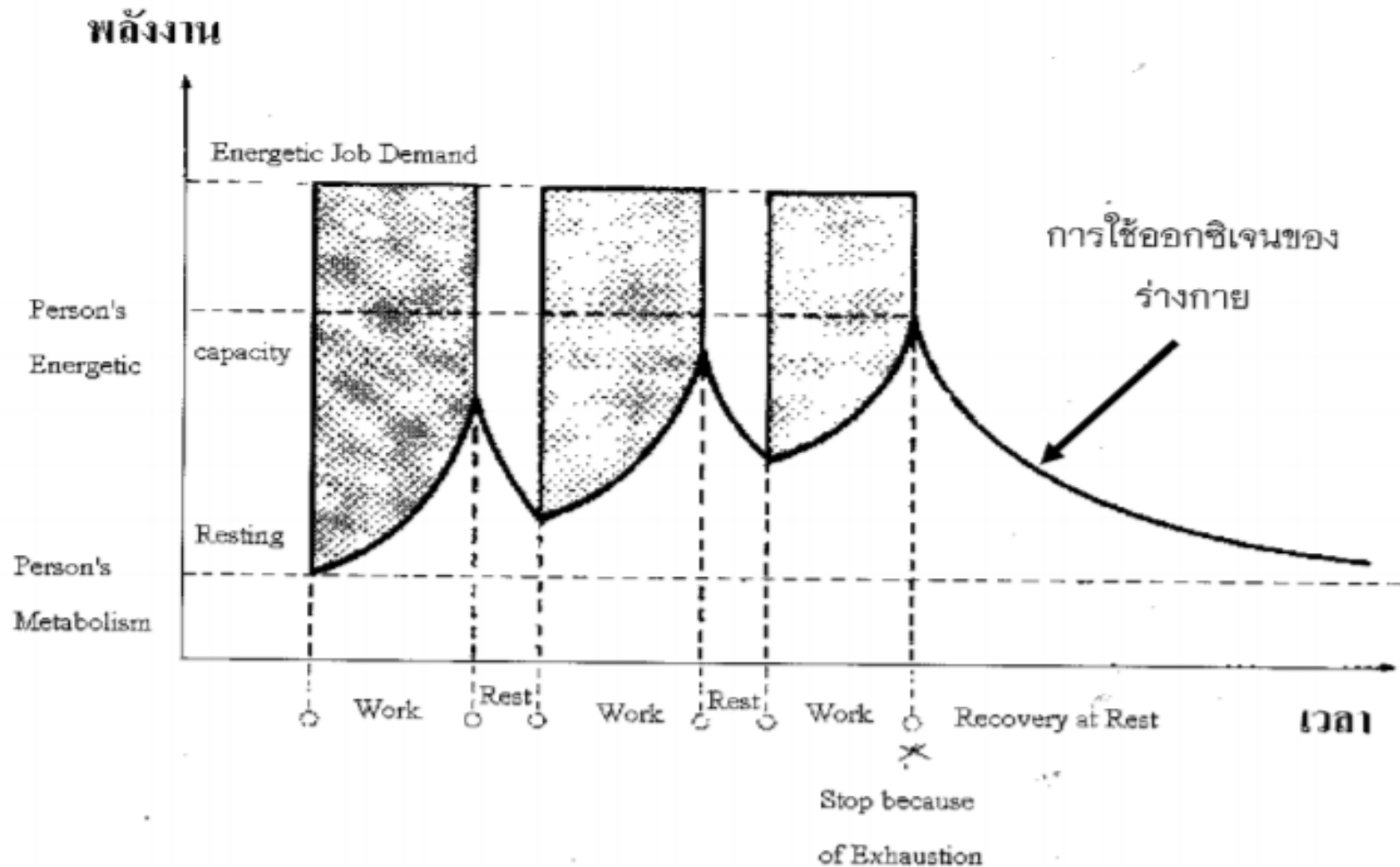
ในการทำงานประเภทนี้ การใช้พลังงานหรือการใช้ ออกซิเจนจะไม่อยู่ในภาวะคงตัว แต่จะเพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งที่ เริ่มทำงานอีกครั้งหลังพัก เพราะความพยายามเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ระยะเวลาพักไม่เพียงพอ

ประเภทของงานกับสรีรวิทยาการทำงาน

2. งานที่มีกิจกรรมไม่ต่อเนื่อง(Intermittent work)

ข้อสังเกตบางประการสำหรับงานในลักษณะนี้คือ

- พลังงานที่ใช้มาจากกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่
- พลังงานหลักมาจากอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและไขมัน
เล็กน้อย ส่วนโปรตีนไม่ถูกใช้
- ถ้าต้องใช้ความพยายามมากขึ้นในการทำงานที่หนักมากขึ้น
จะมีการสะสมของกรดแลคติกมาก
- อัตราการใช้ออกซิเจนจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนไม่สามารถทำงาน
นั้นต่อไปได้ต้องหยุดพัก



ภาพที่ 4.6 รูปแบบการใช้พลังงาน (ออกซิเจน) ในการทำงานที่มีกิจกรรมไม่ต่อเนื่อง
โดยมีการพักเป็นระยะๆ

การหยุดพักในเวลาสั้นๆหลายๆครั้งจะทำให้การฟื้นตัวได้มากกว่า
การหยุดพักเป็นเวลานานแต่ไม่บ่อยครั้ง

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

- ❑ มนุษย์เรามีความแตกต่างกันมากในเรื่องของความสามารถในการออกแรงกาย ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดร่างกาย สภาพะ สุขภาพ เพศ อายุ ทัศนคติ แรงจูงใจ และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน

ในการจัดงานให้เหมาะสมกับความสามารถของพนักงาน เราจำเป็นต้องทราบ

ความสามารถในการใช้พลังงานของร่างกายพนักงาน (Energetic capacity) และ ความต้องการของงาน(Job demand) ที่พนักงานต้องทำก่อน

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

วิธีการประเมินความสามารถในการใช้พลังงานของร่างกายที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่

1. การสังเกตการบริโภคอาหาร และน้ำหนักร่างกาย
(Diet and weight observation)
2. การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีตรง
(Direct calorimetry)
3. การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีอ้อม
(Indirect calorimetry)
4. การสอบถามความรู้สึกล้า

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

1. การสังเกตการบริโภคอาหาร และน้ำหนักร่างกาย

(Diet and weight observation)

- ในเรื่องของพลังงาน สารอาหารที่เข้าไปในร่างกาย จะต้องได้ผลผลิตออกมาในรูปของพลังงานที่ใช้ในร่างกายเพื่อให้คงสภาพร่างกายไว้ ซึ่งท้ายที่สุดแล้วพลังงานนี้จะเปลี่ยนไปเป็นความร้อน และพลังงานที่ใช้ภายนอกร่างกาย นั่นก็คือ งาน

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

1. การสังเกตการบริโภคอาหาร และน้ำหนักร่างกาย (Diet and weight observation)

ในสภาวะสมดุลของพลังงาน หมายถึง

กรณีที่^๑ไม่มีการสะสมพลังงานไว้ในร่างกายเลย

(นน.ไม่มากขึ้น หรือไม่อ้วนขึ้น)

หรือไม่มีการใช้พลังงานที่สะสมอยู่ในร่างกาย

(ทำให้ผอมลงหรือน้ำหนักลด)

การประเมินโดยวิธีนี้จะได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้แต่ต้องอาศัยการสังเกตเป็นเวลานาน เหมาะกับการศึกษาในห้องทดลองเพราะจะควบคุมได้ง่ายกว่า

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

2. การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีตรง

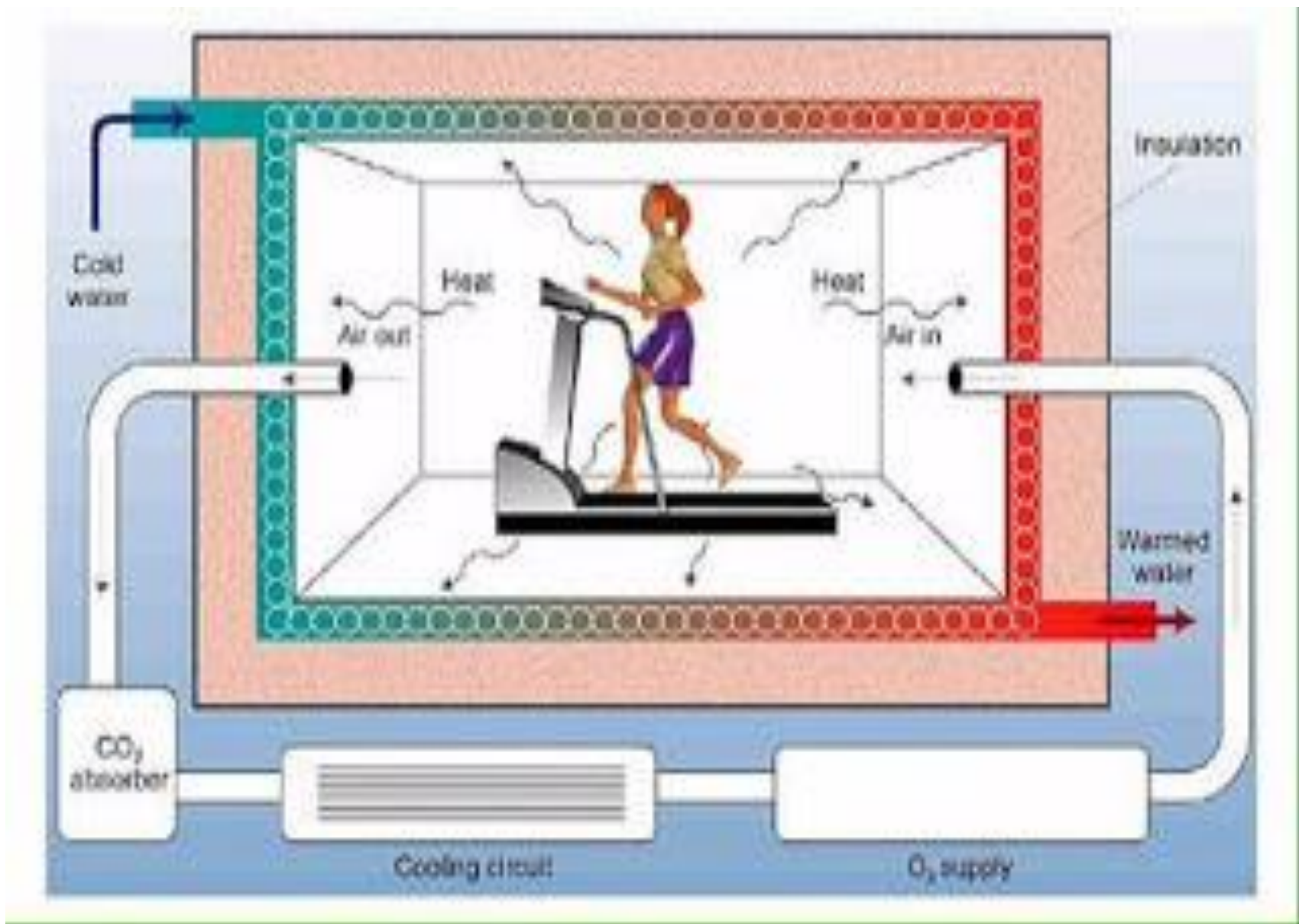
(Direct calorimetry)

วิธีนี้อาศัยหลักการที่ว่า พลังงานที่ร่างกายรับเข้าไปนั้นจะเปลี่ยนเป็นความร้อน(ในกรณีที่ไม่มีการทำงานภายนอกร่างกาย)

การวัดความร้อนที่เกิดขึ้นและถ่ายเทออกจากร่างกายโดยการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อนและการระเหยของเหงื่อ จึงสามารถทำได้โดยให้ผู้ถูกวัดอยู่ในห้องทดลอง แต่มีความยุ่งยากในการปฏิบัติแม้ว่าจะได้ค่าที่ถูกต้องเที่ยงตรง **แต่ไม่นิยม**

การวัดพลังงานหรือแคลอรีโดยตรง (direct calorimeter)

- ❖ เป็นการวัดความร้อนที่เกิดขึ้น หรือสูญเสียจากร่างกายซึ่งเกิดจากการทำงานของร่างกายโดยตรงไม่ว่าร่างกายจะอยู่นิ่ง หรือกำลังมีการทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง
- ❖ เครื่องมือที่ใช้โดยมากเป็นห้องปิดสนิทที่เรียกว่า แคลอรีมิเตอร์วัดการหายใจ (respiration calorimeter) ห้องดังกล่าวมีลักษณะเป็น 2 ชั้น ผนังชั้นในถ่ายเทความร้อนได้สะดวกระหว่างผนัง 2 ชั้น
- ❖ มีท่อน้ำไหลผ่านเพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้น และปริมาณน้ำที่ระเหยไป ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 จำลองการวัดพลังงานที่ใช้ในร่างกายโดยตรง
 ที่มา : Wildman and Miller, 2004

การวัดพลังงานหรือแคลอรีโดยตรง (direct calorimeter)

❖ จากปริมาณของน้ำที่ไหลผ่านห้องในและอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้น สามารถคำนวณปริมาณของพลังงานหรือความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกายในช่วงเวลาที่ทำการทดลองนั้น

ความร้อนที่ออกจากร่างกายหรือพลังงานที่ใช้ไป = จำนวนกรัมของน้ำ $\times$ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ($^{\circ}\text{C}$)

ในปัจจุบันไม่นิยมวิธีนี้ เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนมาก เพราะในทางปฏิบัติมักวัดปริมาณออกซิเจนที่บุคคลนั้นหายใจเข้าใจ และคาร์บอนไดออกไซด์ที่หายใจออกไว้ด้วย แล้วหาค่าแคลอรีต่อ 1 ลิตรของออกซิเจนที่ใช้

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

3. การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีอ้อม

(Indirect calorimetry)

3.1 การประเมินอัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกาย (Oxygen Consumption)

- วัดได้โดยการใช้ถุงเก็บอากาศที่หายใจออก(Douglas bags) และนำมาวิเคราะห์ปริมาณ O_2 และ CO_2 เพื่อคำนวณเป็นค่าพลังงานที่ใช้ไป

การวัดอัตราการใช้ O_2 ของร่างกายนี้อาศัยหลักการที่ว่าพลังงานได้มาจากการเผาผลาญอาหารกับออกซิเจนที่ได้จากการหายใจเข้าไป หากใช้เวลาในการประเมินอย่างน้อย 5 นาทีขึ้นไป วิธีนี้จะเชื่อถือได้ ทั้งนี้การใช้ออกซิเจน 1 ลิตร จะให้พลังงานประมาณ 5 kcal หรือ 20 kJ ในกระบวนการเผาผลาญอาหาร

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

3. การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีอ้อม (Indirect calorimetry)

3.2 การประเมินอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate, HR)

อัตราการเต้นของหัวใจสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้เบื้องต้นของการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและการใช้ O_2 ของร่างกายได้ และยังใช้เป็นตัวแทนของกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นในร่างกายด้วย

วิธีนี้เป็นที่นิยมในการประเมินการใช้ O_2 ของร่างกาย เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการงานในการออกกำลังกายได้รวดเร็วกว่าการวัดอัตราการใช้ O_2

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

3. การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีอ้อม (Indirect calorimetry)

3.2 การประเมินอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate, HR)

การวัดอัตราการเต้นของหัวใจเป็นสิ่งที่ทำได้ง่าย และสามารถ
ใช้แทนการวัดเมตาบอลิซึม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประเมินอัตรา
การใช้ออกซิเจนของร่างกายได้

การวัด HR ทำได้โดยการจับชีพจรที่ข้อมือและนับจำนวนครั้ง
ต่อหน่วยเวลา เช่น 15 หรือ 30 วินาที แล้วคำนวณเป็นครั้งต่อ
นาที หรืออาจติดอิเล็กโทรดบนหน้าอกและส่งสัญญาณไฟฟ้าตาม
จังหวะการเต้นของหัวใจ

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

4. การสอบถามความรู้สึกล้า

(Subjective rating perceived strain)

มนุษย์เรามีความสามารถในการรับรู้ความล้าที่เกิดขึ้นในร่างกายได้ โดยการตัดสินใจว่า งานที่ทำอยู่นั้นต้องใช้ความพยายามมากน้อย เพียงใด

สามารถประเมินได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งกระตุ้นทางกายภาพ (งานที่กระทำ) กับความรู้สึกที่ต้องใช้ความพยายามในการทำงานนั้นๆได้

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

4. การสอบถามความรู้สึกล้า

(Subjective rating perceived strain)

ในปีค.ศ. 1960 Borg ได้พัฒนาเทคนิคที่ใช้สำหรับการให้คะแนนความรู้สึกในการใช้ความพยายามทำงานที่แตกต่างกัน โดยแบ่งระดับคะแนน เริ่มจาก 6-20

6 คือ ไม่มีความพยายามในการออกแรง

(No exertion at all)

ไปจนถึง 20 คือ พยายามออกแรงสูงสุด (Maximal exertion)
ซึ่งเป็นสเกลที่เป็นสัดส่วนกับอัตราการเต้นของหัวใจจาก
60-200 ครั้ง/นาที

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

4. การสอบถามความรู้สึกล้า

(Subjective rating perceived strain)

ต่อมาในปีค.ศ. 1980 Borg ได้นำเสนอระดับคะแนนเป็น 0-10 ที่เป็นคะแนนความรู้สึก (Subjective) ที่เปรียบเทียบกันได้ หากงานนั้นเกี่ยวข้องกับการพยายามใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ระดับคะแนนนี้จะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจด้วย

The Borg General Scale (1980):

- 0 – nothing at all (หมายถึงไม่รู้สึกละเลย)
- 0.5 – extremely weak (just noticeable) (หมายถึงเริ่มรู้สึก หรือแทบไม่รู้สึก)
- 1 – very weak (รู้สึกออกแรงน้อยมาก)
- 2 – weak (รู้สึกออกแรงน้อย)
- 3 – moderate (รู้สึกออกแรงปานกลาง)
- 4 – somewhat strong (รู้สึกออกแรงค่อนข้างมาก)
- 5 – strong (รู้สึกออกแรงมาก)
- 6
- 7 – very strong (รู้สึกออกแรงมากขึ้น)
- 8
- 9
- 10 – extremely strong (almost maximal) (หมายถึงความพยายามออกแรงอย่างมากที่สุดเท่าที่จะทำได้)

ความสามารถสูงสุดในการทำงาน (Physical Work Capacity: PWC)

เป็นความสามารถสูงสุดของร่างกายที่จะสร้างพลังงานให้กล้ามเนื้อในการทำงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคลในการนำออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อ และลำเลียงของเสียออกจากเนื้อเยื่อ

ค่าความสามารถสูงสุดในการทำงาน เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ แข็งแรง หรือความฟิตของแต่ละบุคคลในการทำงานในระยะเวลาที่กำหนดให้

บุคคลที่มีค่า PWC สูงแสดงว่ามีประสิทธิภาพในการทำงานสูง

ความสามารถสูงสุดในการทำงาน (Physical Work Capacity: PWC)

วัดได้จากอัตราการใช้ O_2 สูงสุด (Maximum oxygen uptake, VO_2 max) มีหน่วยเป็นลิตร/นาที หรือ มล./กก.-นาที (เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวและเวลา) ค่า PWC ขึ้นกับหลายปัจจัยได้แก่

ปัจจัยด้านร่างกาย ได้แก่ ขนาดร่างกาย อายุ เพศ

ปัจจัยด้านจิตใจ เช่น ทักษะ ทักษะจิตใจ แรงจูงใจ เป็นต้น

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ความสูง อุณหภูมิ ความชื้น

ลักษณะงาน ได้แก่ ความหนัก-เบาของงาน ระยะเวลาในการทำงาน จังหวะในการทำงาน เทคนิคการทำงานที่ต่างกัน

ปัจจัยด้านกรรมพันธุ์ ที่ทำให้สรีรวิทยาของร่างกายแตกต่างกัน

ความสามารถสูงสุดในการทำงาน (Physical Work Capacity: PWC)

- ค่า $\text{VO}_2 \text{ max}$ นี้มีค่าสูงสุดในช่วงอายุ 18-25 ปี และจะลดลงเรื่อยๆ ตามอายุ
- โดยผู้หญิงจะมีค่า $\text{VO}_2 \text{ max}$ ประมาณร้อยละ 70-75 เมื่อเทียบกับผู้ชาย

การประเมินค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

- การประเมินนี้ทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม
- การประเมินทางตรงใช้กับผู้ที่มีร่างกายแข็งแรง อายุน้อย และผ่านการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี เช่น นักกีฬา
- โดยจะเพิ่มภาระงานขึ้นเรื่อยๆในการทดสอบ จนถึงภาระที่ต้องใช้ความพยายามสูงสุด โดยค่าสูงสุดของการใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจมีค่าสูงสุดคือ 220 – อายุ โดยประมาณ
- การประเมินทางอ้อม เป็นการทดสอบโดยใช้ความพยายามที่ต่ำกว่าระดับสูงสุด คือให้รับภาระงานปานกลาง จึงสามารถใช้ทดสอบได้กับประชาชนทั่วไป

เครื่อง VO_2 Max หรือเครื่องวัดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน คือ อะไร?

- VO_2 Max (อ่านว่า วี-โอ-ทู-แมก) เป็นคำศัพท์ที่ใช้อธิบายการทดสอบสมรรถภาพทางร่างกายแบบหนึ่งที่ใช้กันมากในทางการแพทย์และเวชศาสตร์การกีฬา
- เป็นการวัดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของร่างกายว่าร่างกายของผู้ถูกทดสอบมีความสามารถที่จะดึงออกซิเจนจากเลือดเพื่อส่งไปยังกล้ามเนื้อเพื่อใช้เผาผลาญสารอาหารได้สูงสุดเพียงใด

VO₂ Max มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่อนาที ซึ่งค่านี้จะขึ้นกับอายุ เพศ และความฟิตของผู้เข้ารับการทดสอบ

- สามารถเปรียบเทียบออกมาในหน่วยของ MET (Metabolic Equivalent)
- ซึ่ง 1 MET มีค่าเท่ากับออกซิเจน 3.5 ml ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่อนาที ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการใช้ออกซิเจนของคนทั่วไปขณะพัก เพื่อเปรียบเทียบว่าขณะที่ร่างกายมีการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะมีค่าเป็นจำนวนกี่เท่าของขณะพัก หรือจำนวน MET

- ❑ ขณะที่มีการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อต้องการออกซิเจนเป็นแหล่งพลังงาน เมื่อมีการออกกำลังกายเป็นเวลานาน ๆ และใช้ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อจนถึงขีดสูงสุดจนออกซิเจนไม่เพียงพอในการสร้างพลังงานเพื่อการใช้งานของกล้ามเนื้อ ร่างกายจะเริ่มนำพลังงานจากกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Metabolism) มาใช้ โดยที่กระบวนการ Anaerobic Metabolism จะทำให้เกิดของเสียคือกรดแลคติกซึ่งทำให้กล้ามเนื้อมีอาการปวดและเมื่อยล้า
- ❑ เพราะฉะนั้นนักกีฬาที่มีความฟิตต่ำหรือมีค่า VO_2 Max ต่ำจะผลิตกรดแลคติกเร็วและประสบความเหนื่อยล้าในกล้ามเนื้อมากกว่านักกีฬาที่มีความฟิตสูงหรือมีค่า VO_2 Max สูงในการออกกำลังกายที่ระดับความหนักเดียวกัน

การนำข้อมูลทางสรีรวิทยาในการทำงานไปประยุกต์ใช้ ในการจัดงานให้เข้ากับความสามารถของคนทำงาน

การประเมินความสามารถ/
ข้อจำกัดของคนงาน

ระบุความต้องการของงาน

เปรียบเทียบความสามารถ
กับความต้องการของงาน

เหมาะสม

ใช่

ไม่ใช่

ประสิทธิภาพดี

ออกแบบงานใหม่

ใช่

ไม่ใช่

ฝึกอบรม

ปรับปรุงงาน