บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป็นธรรมชาติของมนุษย์เราที่ต้องการการเคลื่อนไหวโดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัยเด็กและวัยรุ่น ความต้องการในการออกกำลังกายนั้นมีความจำเป็นพอ ๆ กับการรับประทานอาหารและการพักผ่อน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อร่างกายจะเจริญเติบโตและมีรูปร่างใหญ่โตได้ก็ต้องมีการใช้ร่างกายอยู่เสมอ ซึ่งเป็นไปตามกฎของการใช้และไม่ใช้[1] ข้อความดังกล่าวมีความหมายสอดคล้องกับความเห็นของ ดร.อนันต์ อัตชู ที่ว่า การออกกำลังกายจะทำให้ร่างกายเจริญเติบโต เช่น ทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรงและมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากมีเส้นโลหิตฝอยไปเลี้ยงกล้ามเนื้อมากขึ้น สารเคมีในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น โปรตีน (Protein), กลัยโคเจน (Glycogen), มัยโอโกลบิน (Myoglobin) และฟอสโฟครีเอติน (Phosphocreatine) เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้กล้ามเนื้อเจริญเติบโตเร็วยิ่งขึ้น[2]

เมื่อการออกกำลังกายมีความสำคัญต่อมนุษย์ ดังนั้น จึงมีการศึกษาค้นคว้าทางด้านการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง ทำให้เกิดศาสตร์สาขาต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวขึ้น เช่น สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (Physiology of Exercise) วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว (Kinesiology) และกีฬาเวชศาสตร์ (Sports Medicine) โดยนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดผลดีต่อการออกกำลังกายและการเคลื่อนไหวมากที่สุด การที่มนุษย์จะเคลื่อนไหวหรือออกกำลังกายได้นั้นจะต้องอาศัยกลไกต่าง ๆ ในร่างกายซึ่งมีความสลับซับซ้อนมาก ดังคำกล่าวของนายแพทย์ชูศักดิ์ เวชแพทย์ ที่ว่า

---

[1]อวย เกตุสิงห์, คู่มือการสอนสรีรวิทยาการออกกำลังกายขั้นสูง (ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย, 2519). (ไม่ได้พิมพ์เผยแพร่).

[2]อนันต์ อัตชู, สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520), หน้า 96. (อัดสำเนา)

การออกกำลังกายต้องอาศัยความรู้ทางสรีรวิทยาหลายระบบ ที่สำคัญคือ ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular System) ซึ่งเปรียบเสมือนแม่แบบหนา เพราะกล้ามเนื้อเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ออกกำลังกาย ในการทำงานขั้นต้นนี้ต้องอยู่ภายใต้การควบคุมของระบบประสาท ในการวางแผนการออกกำลังกายให้กล้ามเนื้อมัดต่าง ๆ ทำงานร่วมมือและประสานงานกันดีด้วย นอกจากกล้ามเนื้อซึ่งเป็นกองกำลังแล้วยังต้องอาศัยระบบไหลเวียนเลือด (Circulartory System) และระบบการหายใจ (Respiratory System) ซึ่งเปรียบเสมือนกองส่งกำลังบำรุงเพื่อทำหน้าที่นำอาหาร ออกซิเจนไปให้กล้ามเนื้อใช้รวมทั้งการนำของเสียที่เกิดจากการออกกำลังกายกลับมาด้วย การทำงานของกองส่งกำลังบำรุงต้องอาศัยหน่วยสร้างและสะสมพลังงาน คือ ระบบทางเดินอาหาร ตับ และพลังงานที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อเอง นอกจากนั้นการออกกำลังกายยอมมีความร้อนเกิดขึ้นจากการใช้พลังงาน ซึ่งต้องอาศัยระบบควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย (Temperature Regulatory System) มาร่วมด้วย นอกจากการทำงานของระบบต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ระบบเอ็นโดไครน์ (Endocrine System) ยังมีบทบาทในการช่วยปรับการใช้พลังงานของร่างกายและเสริมการทำงานของระบบการไหลเวียนเลือดอีกด้วย[1]

ดังที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า หน้าที่ของกล้ามเนื้อ คือ การเคลื่อนไหวหรือการออกกำลังกายในการทำงานต่าง ๆ โปรตีนของกล้ามเนื้อมีคุณสมบัติยืดหดตัวได้ (Contractile) การหดตัว (Contraction) ของโปรตีนเหล่านี้ก่อให้เกิดแรงในการเคลื่อนไหวเมื่อกล้ามเนื้อทำงาน พลังงานที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อได้มาจาก เอ ที พี[2] (ATP, Adrenosine Triphosphate) ซึ่งการแตกตัวของ เอ ที พี ในกล้ามเนื้อจะทำให้เกิดพลังงานขึ้นอย่างรวดเร็ว[3]

---

[1]ชูศักดิ์ เวชแพทย์, สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2519), หน้า 3. (อัดสำเนา).

[2]คณาจารย์ภาควิชาเคมี, ชีวเคมี (คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2519), หน้า 241 - 242.

[3]อนันต์ อัตชู, สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520), หน้า 14. (อัดสำเนา).

ขบวนการผลิต เอ ที พี เพื่อใช้เป็นพลังงานของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นได้ 2 ทาง[1] คือ

1. ขบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) หรือ กลัยโคลิซิส (Glycolysis) เกิดขึ้นโดยการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทภายในเซลของกล้ามเนื้อเมื่อขาดออกซิเจน[2] ขบวนการนี้จะทำให้ได้ เอ ที พี มาใช้อย่างรวดเร็ว (ดังสมการ)

Glucose + 2 Phosphate + ADP ⟶ 2 Lactate + 2 ATP[3]

จะเห็นได้ว่า กลูโคส (Glucose) 1 โมเลกุล จะได้ เอ ที พี 2 ตัว และผลบั้นปลายของขบวนการนี้ คือ กรดแล็คติค (Lactic acid) ซึ่งเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ และจะแพร่เข้าสู่กระแสเลือด ฉะนั้น ความเข้มข้นของกรดแล็คติคในเลือด (Blood Lactate) ที่เกิดจึงเป็นเครื่องชี้ว่า ร่างกายใช้ขบวนการการสร้างพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจนเป็นพลังงานในการออกกำลังกาย[4]

2. โดยขบวนการที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic) เผาผลาญเพื่อให้เกิดพลังงาน การสร้าง เอ ที พี โดยขบวนการหายใจเกิดขึ้นจากปฏิกริยา 2 ชนิดคือ จากลูกโซ่ของการหายใจ (Respiratory Chain) และวัฏจักรของเครบ (Krebs Cycle)[5] ทั้ง 2 ปฏิกริยาจะทำให้เกิด เอ ที พี มากกว่าขบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจนถึง 19 เท่า จากอาหาร

---

[1] Laurence E. Morehouse, Augustus T. Miller, Jr. Physiology of Exercise (Saint Louis : The C.V. Mosby Company, 1976), p. 3-10.

[2] Ibid.

[3] Per-Olof Astrand, and Kaare Rodahl. Textbook of Work Physiology (New York : McGraw-Hill Book Company, 1970), p. 16.

[4] Laurence E. Morehouse, Augustus T. Miller, Jr. Physiology of Exercise, p. 3-10.

[5] Ibid.

ชนิดเดียวกันคือ กลูโคส (Glucose) หรือกลัยโคเจน[1] (Glycogen) (ดังสมการ)

$$Glucose + 38\ Phosphate + 38\ ADP + 60_2 \longrightarrow 6CO_2 + 44H_2O + 38\ ATP$$[2]

ขบวนการผลิต เอ ที พี ทั้ง 2 ขบวนการจะทำงานไปพร้อมกันในทุกขณะ[3] แต่ขบวนการใดจะถูกใช้มากน้อยเพียงไหนขึ้นอยู่กับความหนักของงานที่ทำ ซึ่ง อนันต์ อัตชู กล่าวไว้ว่า "งานมีอยู่ 3 ระดับด้วยกันคือ

ระดับที่ 1 (Level I) เป็นงานหนักซึ่งร่างกายทำอย่างเต็มที่ได้ไม่เกิน 20-25 วินาที เนื่องจากขบวนการเมตาบูอลิซึม (Metabolism) ในร่างกายไม่สามารถผลิต เอ ที พี มาใช้ได้ทันจึงต้องอาศัย เอ ที พี ที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อซึ่งสามารถใช้งานได้เพียง 5 วินาทีเท่านั้น แต่ เอ ที พี สามารถผลิตได้จาก ซี พี (CP, Creatine Phosphate) ทันทวงที เมื่อ เอ ที พี แตกเป็น เอ ดี พี (ADP, Adrenosine Diphosphate) เอ ดี พี จะไปรวมกับ ซี พี ทำให้เกิด เอ ที พี ขึ้นใหม่อย่างรวดเร็ว (ADP + CP $\longrightarrow$ ATP + C) ซี พี ในกล้ามเนื้อที่ทำงานในระดับนี้ก่อให้เกิด เอ ที พี เพื่อใช้เป็นพลังงานได้ในเวลาประมาณ 15-20 วินาที เท่านั้น หลังจากนั้น เอ ที พี และ ซี พี จะลดลงในระดับหนึ่งทำให้งานในระดับนี้ไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวกล้ามเนื้อจึงไม่สามารถหดตัวอย่างเต็มที่ได้เกินกว่า 20-25 วินาที งานในระดับนี้ เช่นการวิ่งระยะสั้น (100-200 ม.) เป็นต้น

ระดับที่ 2 (Level II) คือ งานที่ทำได้ในเวลา 25 วินาที ถึง 8 นาที งานในระดับนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้น คือ

- ขั้นที่ 1 (Phase I) ใช้เวลา 25 วินาที - 4 นาที ในงานขั้นนี้การผลิต เอ ที พี เกือบทั้งหมดได้จากขบวนการกลัยโคลิซิส ซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณของกรดแล็คติกเกิดขึ้นมากและมีความเข้มข้นสูงกว่างานในทุกระดับ

---

[1] Per-Olof Astrand, and Kaare Rodahl, Textbook of Work Physiology (New York : McGraw-Hill Book Co., 1970), p. 17.

[2] Ibid.

[3] อนันต์ อัตชู, สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520), หน้า 48. (อัดสำเนา).

- ขั้นที่ 2 (Phase II) ใช้เวลา 4-8 นาที เอ ที พี ที่ใช้ในงานขั้นที่ 2 นี้จะได้จากขบวนการที่ใช้ออกซิเจนมากขึ้น ทำให้ขบวนการกลัยโคลิซิส ไม่ต้องทำงานอย่างเต็มที่เหมือนในขั้นที่ 1 กรดแล็คติคที่เกิดขึ้นจึงลดน้อยลงกว่าในขั้นที่ 1

ระดับที่ 3 (Level III) เป็นงานที่ทำในระยะเวลานานเกินกว่า 8 นาที เช่น การวิ่งทางไกล งานระดับนี้ร่างกายจะผลิต เอ ที พี จากขบวนการที่ใช้ออกซิเจนเป็นพลังงานในการสันดาปเกือบทั้งหมด และได้จากขบวนการกลัยโคลิซิส เพียงเล็กน้อย[1]

จะเห็นได้ว่า ขบวนการสร้างพลังงานในแต่ละระดับจะต้องมีผลพลอยได้ คือ กรดแล็คติคเกิดขึ้นเสมอ แต่จะมีความเข้มข้นแตกต่างกันเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น

1. ขบวนการสร้างพลังงาน ถ้าเป็นงานที่ต้องอาศัยขบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจนหรือกลัยโคลิซิสมาก กรดแล็คติคในเลือดก็จะเกิดขึ้นมาก[2]

2. ความหนักของงาน ยิ่งออกกำลังหนักมากเท่าใด ยิ่งมีกรดแล็คติคในเลือดมากขึ้นเท่านั้น[3]

3. ระยะเวลาในการทำงาน ถ้าเป็นงานในระดับเดียวกันยิ่งใช้เวลามาก การสะสมของกรดแล็คติคในเลือดก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้น

4. การขนส่งออกซิเจนและความสามารถของระบบไหลเวียนที่จะรับภาวะความเป็นกรด ด่างของร่างกาย[4] ถ้ามีมากจะทำให้กรดแล็คติคในเลือดน้อยลง

---

[1]อนันต์ อัตชู, สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520), หน้า 73-80. (อัดสำเนา).

[2]เรื่องเดียวกัน, หน้าเดียวกัน.

[3]ชูศักดิ์ เวชแพทย์, สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2519), หน้า 55. (อัดสำเนา).

[4]อนันต์ อัตชู, สรีรวิทยาการออกกำกลังกาย, หน้า 73-80.

อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของกรดแล็คติคในงานแต่ละระดับจะมีค่าเป็นอย่างไร หรือแตกต่างกันเพียงใดนั้นก็ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาว่ายน้ำ ซึ่งเป็นกีฬาที่มีข้อแตกต่างกับกีฬาประเภทอื่น ๆ ที่แข่งขันกันบนบกอยู่หลายประการ เช่น

1. ลักษณะการเคลื่อนไหวลำตัวเกือบขนานกับพื้นหรือระดับน้ำ[1] คือ ส่วนศีรษะพ้นน้ำเล็กน้อย ลำตัวจากศีรษะถึงปลายเท้าเอียงลงทำมุมกับระดับน้ำเป็นมุมประมาณ 15 องศา การที่ต้องพยายามให้ลำตัวขนานกับระดับน้ำมากที่สุดเพื่อต้องการที่จะลดความเสียดทานระหว่างร่างกายกับน้ำ และลดน้ำหนักตัวให้น้อยที่สุด เพื่อความสะดวกในการพาตัวเคลื่อนไปข้างหน้า การเคลื่อนไหวในน้ำนี้แตกต่างกับกีฬาอื่น ๆ ที่เล่นบนบก เช่น กรีฑา เป็นต้น

2. น้ำหนักตัวเมื่ออยู่ในน้ำจะเหลือเพียงไม่กี่กิโลกรัม เพราะน้ำคอยพยุงไว้[2] การที่น้ำหนักตัวเหลือน้อยจะช่วยให้การเคลื่อนไหวไปข้างหน้าสะดวกขึ้นเพราะแรงที่ใช้ในการพยุงตัวให้ลอยจะใช้น้อยลง

3. ความหนาแน่นของน้ำเป็นแรงต้านการเคลื่อนไหว ทำให้การเคลื่อนไหวไม่สะดวกเหมือนบนบก

4. การหายใจในน้ำทำได้พร้อมกับจังหวะของการว่ายน้ำ ความกดดันของน้ำทำให้หายใจได้ยากไม่เป็นอิสระเหมือนบนบก[3] เมื่อการหายใจลำบากขึ้นทำให้สมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดลดลง การขนถ่ายออกซิเจนไปสู่เซลกล้ามเนื้อน้อยลง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ปริมาณการเกิดกรดแล็คติคในร่างกายสูงกว่ากีฬาบนบก ในงานระดับเดียวกันเพราะจำนวนออกซิเจนในฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ที่จะไปช่วยลดความเป็นกรดมีน้อยลง[4]

---

[1] Astrand, P.O., and Rodahl, Kaare, Textbook of Work Physiology (New York : McGraw-Hill Book Co., 1970), p. 454.

[2] Ibid.

[3] Ibid, p. 546.

[4] ชูศักดิ์ เวชแพทย์, สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2519), หน้า 36. (อัดสำเนา).

จากเหตุผลและทฤษฎีที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้ผู้วิจัยต้องการที่จะศึกษาถึงระดับของความเข้มข้นของกรดแล็คติคที่เกิดขึ้นในเลือดภายหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ล (Crawl Stroke) ในแต่ละระยะทางที่มีการแข่งขัน โดยใช้สถิติการว่ายน้ำแบบครอว์ล จากการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัย ครั้งที่ 6 เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับงานในแต่ละระดับดังนี้ คือ

1. สถิติระยะทาง 100 เมตร และ 200 เมตร ทำเวลาได้ 58.57 วินาที และ 2 : 12 : 93 วินาที จัดอยู่ในงานระดับ 2 ขั้น 1 (Level II Phase I) ซึ่งใช้เวลา 25 วินาที ถึง 4 นาที

2. สถิติระยะทาง 400 เมตร ทำเวลาได้ 4 : 52 : 56 วินาที จัดอยู่ในงานระดับที่ 2 ขั้น 2 (Level II Phase II)ซึ่งใช้เวลา 4-8 นาที

3. สถิติระยะทาง 1,500 เมตร ทำเวลาได้ 20 : 04 : 02 นาที จัดอยู่ในงานระดับที่ 3 (Level III) ซึ่งใช้เวลามากกว่า 8 นาที

<u>รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกรดแล็คติคและการออกกำลังกาย ส่วนใหญ่จะเป็นงานวิจัยที่ทำกันในต่างประเทศ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

ในปี ค.ศ. 1970 เบงท์ เพอนาว (Bengt Pernow) และเบงท์ ซัลติน (Bengt Saltin) ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับเมตาบอลิซึม (Metabolism) ของกล้ามเนื้อระหว่างออกกำลังกาย ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกรดแล็คติคและการออกกำลังกายดังนี้คือ

เบงท์ ซัลติน (Bengt Saltin) และ แจน คาร์ลสัน (Jan Karlson) ได้ทำการวิจัยเรื่องผลของการฝึกที่มีต่อ เอ ที พี, ซี พี และกรดแล็คติคในกล้ามเนื้อระหว่างออกกำลังกาย โดยใช้ผู้ทดลอง 15 คน มีน้ำหนักเฉลี่ย 71 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 178 เซนติเมตร ทำการศึกษาหลังการฝึกไปแล้ว 12 และ 28 สัปดาห์ การฝึกประกอบด้วยการวิ่ง 3 ครั้ง ใน 1 สัปดาห์ ด้วยความเร็วสูงสุดในระยะทาง 5 กิโลเมตร ทำการตัดชิ้นกล้ามเนื้อ (Muscle Biopsies) ขณะพัก หลังจากการถีบจักรยาน 10 นาที และหลังจากออกกำลังกายจนหมดแรง วิเคราะห์หากรดแล็คติค เอ ที พี และ ซี พี ตามวิธีของคาร์ลสัน และคณะ (Karlson

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

et al) พบว่า กรดแล็คติคในกล้ามเนื้อและในเลือดสูงลงทั้งในระยะแรกและระยะหลังของการฝึก[1]

เจ คาร์ลสัน (J. Karlson) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เอ ที พี, ซี พี และกรดแล็คติคของกล้ามเนื้อในการออกกำลังกายแบบก่อนสูงสุดและสูงสุด โดยใช้นักศึกษาพลศึกษาที่มีสุขภาพแข็งแรง หาค่าของกรดแล็คติคในเลือดขณะพัก โดยการเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว ให้ออกกำลังกายโดยการถีบจักรยาน และเจาะเลือดหลังออกกำลังกายจนหมดแรง คือ ไม่สามารถรักษาความถี่ 60 รอบ/นาทีได้ พบว่า ในขณะพักความเข้มข้นของกรดแล็คติคมีค่า 1.4 มิลลิโมล และจะไม่เพิ่มจนกว่าความหนักของงานจะมากกว่า 50-60 % ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด เมื่อเกินขีดนี้ไปแล้วกรดแล็คติคจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อถึงขีดสูงสุดของการออกกำลังกายค่าเฉลี่ยของกรดแล็คติคจะเป็น 2.3 มิลลิโมล ทั้งในกล้ามเนื้อและในเลือด[2]

ผู้วิจัยคนเดียวกันนี้ได้ทำการวิจัยเรื่อง การขาดออกซิเจน, เอ ที พี, ซี พี และกรดแล็คติคในกล้ามเนื้อ โดยใช้ผู้เข้าทดลอง 3 คน ให้ออกกำลังกายโดยการถีบจักรยานแต่ละคนต้องทำการทดสอบ 6 แบบ คือ 3 แบบแรกเป็นการออกกำลังกายจนหมดแรง ในงานหนัก 130 %, 100 % และ 90 % ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด และใช้เวลา 2 นาที 7 นาที และ 16 นาที ตามลำดับ 3 แบบต่อมาเป็นการออกกำลังกายแบบสลับช่วงพัก

---

[1]Bengt Saltin, and Jan Karlson. "Muscle ATP, CP and Lactate During Exercise After Physical Condition," in Advances in Experimental Medicine and Biology, Vol. 11, ed. Bengt Pernow and Bengt Saltin (New York : Plenum Press Co., 1971), pp. 395-398.

[2]J. Karlson, "Muscle ATP, CP and Lactate in Submaximal and Maximal Exercise," in Advance in Experimental Medicine and Biology, Vol. 11, ed. Bengt Pernow and Bengt Saltin (New York : Plenum Press Co., 1971), pp. 383-385.

ในแต่ละการทดลองจะหาผลรวมของการจับออกซิเจนและทำการตัดชิ้นกล้ามเนื้อ (Muscle Biopsy) หลังจากการออกกำลังกาย พบว่า ช่วงเวลา $2\frac{1}{2}$ นาทีแรกของการทำงานมีการขาดออกซิเจน 2.6 ลิตร ในความหนักของงานต่ำสุด และ 4.9 ลิตร ในความหนักของงานสูงสุด กรดแล็คติคในกล้ามเนื้อของงานต่ำสุดเป็น 8.5 มิลลิโมล และในงานสูงสุดเป็น 16.1 มิลลิโมล[1]

บี ซัลติน (B. Sultin) และ บี เอสเสน (B. Essén) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กลัยโคเจน กรดแล็คติค เอ ที พี และ ซี. พี ของกล้ามเนื้อในการออกกำลังกายแบบสลับช่วงพัก โดยใช้ผู้ทดลอง 3 คน ให้แต่ละคนทำงานแบบสลับช่วงพัก 4 แบบ คือ งาน 10 วินาที พัก 20 วินาที งาน 20 วินาที พัก 40 วินาที งาน 30 วินาที พัก 60 วินาที และงาน 60 วินาที พัก 120 วินาที การทำงานแต่ละครั้งใช้เวลา 30 นาที อัตราส่วนของงานต่อการพัก เท่ากับ 1 : 2 ทำการตัดชิ้นกล้ามเนื้อหลังจากทำงาน 5 นาที, 15 นาที และ 30 นาที และหลังจากเสร็จสิ้นการทำงาน และสิ้นสุดระยะพัก วิเคราะห์ตามวิธีของ โลว์รี่ (Lowry) พบว่า มีกรดแล็คติคเกิดขึ้นในแต่ละช่วงของงานตลอดการทำงานแบบสลับช่วงพัก ในงานที่ทำ 60 วินาที พัก 120 วินาที พบว่า กรดแล็คติคขณะสิ้นสุดการทำงานสูงกว่าขณะสิ้นสุดการพัก ความเข้มข้นของกรดแล็คติคในเส้นเลือดดำจะสูงกว่าในเส้นเลือดแดงตลอดระยะเวลาการทำงานแบบสลับช่วงพัก[2]

---

[1] J. Karlson, "Oxygen Deficit and Muscle ATP, CP and Lactate," in Advance in Experimental Medicine and Biology, Vol. 11, ed. Bengt Pernow and Bengt Saltin (New York : Plenum Press Co., 1971), pp. 387-392.

[2] B. Saltin, and B. Essén, "Muscle Glycogen, Lactate, ATP and CP in Intermittent Exercise," in Advance in Experimental Medicine and Biology, Vol. 11, ed. Bengt Pernow and Bengt Saltin (New York : Plenum Press Co., 1971), pp. 419-424.

เอดเวอร์ดส์ และคณะ (R.H.T. Edwards et. al) ได้ทำการวิจัยเรื่องความเข้มข้นของกรดแล็คติคในเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบสลับช่วงพัก และแบบต่อเนื่องด้วยงานที่เท่ากัน โดยใช้ผู้เข้าทดลองอาสาสมัครชายที่มีสุขภาพแข็งแรง 3 คน ให้ออกกำลังกายด้วยการถีบจักรยานใช้ความถี่ 60 รอบ/นาที การทดลองประกอบด้วยการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง 4 แบบ และสลับช่วงพัก 4 แบบ เจาะเลือดหลังจาก 6 นาทีของการทำงานเมื่อสิ้นสุด $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ ของงาน เมื่อสิ้นสุดการทำงานและหลังจากพัก 30 นาที นำตัวอย่างเลือดไปวิเคราะห์พบว่า การทำงานแบบต่อเนื่อง กรดแล็คติคในเลือดจะสูงขึ้นใน 6 นาทีแรก แต่การเพิ่มของกรดแล็คติคในเลือดของการทำงานแบบสลับช่วงพัก จะสังเกตเห็นได้น้อยและจะไม่มีการเพิ่มอีกเมื่อการทำงานเหลือเพียง 10 วินาที ความเข้มข้นของกรดแล็คติคในเลือดของการทำงานแบบสลับช่วงพักจะสูงกว่าในการทำงานแบบต่อเนื่องเล็กน้อยในงานที่เท่ากัน[1]

ในปี ค.ศ. 1971 คริสโตเฟอร์ เอ ดอร์สัน และคณะ (Christopher A. Dawson et. al) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กรดแล็คติคในเส้นเลือดแดงและกล้ามเนื้อของหนูระหว่างการว่ายน้ำ โดยนำหนูว่ายน้ำที่ 22°C และ 37°C จนหมดแรง พบว่า หนูทุกตัวจะหมดแรงเมื่อว่ายน้ำไปได้ 23 นาที ที่อุณหภูมิ 22°C แต่จะว่ายน้ำได้ 30 นาที ในน้ำ 37°C ในน้ำ 37°C กรดแล็คติคในเลือดของหนูจะเพิ่มจาก 1.8 มิลลิโมล ไปเป็น 5.2 มิลลิโมล ใน 3 นาทีแรก แต่จะลดลงเป็น 3.3 และ 2.3 มิลลิโมล หลังจาก 15 และ 30 นาที ตามลำดับ ความเข้มข้นของกรดแล็คติคในเลือดและในกล้ามเนื้อเท่ากัน ในน้ำ 22°C กรดแล็คติคในเลือดจะเพิ่มถึง 19.5 มิลลิโมล ใน 3 นาทีแรกและลดลงในอัตราเดียวกันกับน้ำ 37°C และพบว่า ความเข้มข้นของกรดแล็คติคในกล้ามเนื้อมากกว่าในเลือดที่น้ำ 22°C แต่การเปลี่ยน

---

[1] R.H.T. Edwards et. al, "Blood Lactate Concentration During Intermittent and Continuous Exercise with the same Average Power Output," in Advance in Experimental Medicine and Biology, Vol. 11, ed. Bengt Pernow and Bengt Saltin (New York : Plenum Press Co., 1971), pp. 425-428.

แปลงของกรดแล็คติคในกล้ามเนื้อและในเลือดเป็นเช่นเดียวกัน[1]

ในปี ค.ศ. 1974 โรเบอร์ต โทมัส (Robert Thomas) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ระดับงานก่อนสูงสุดในผู้เข้าทดลองที่มีสมรรถภาพสูงและปานกลาง โดยใช้ผู้เข้าทดลองที่มีสมรรถภาพสูง 8 คน และสมรรถภาพปานกลาง 8 คน ออกกำลังกายโดยการถีบจักรยานเป็นเวลา 6 นาที ที่ความหนักของงาน 70 %, 80 % และ 90 % ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดของแต่ละคน หลังจากงานสิ้นสุดลงทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจและเจาะตัวอย่างเลือดหลังการออกกำลังแล้ว $3\frac{1}{2}$ นาที เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของกรดแล็คติค พบว่า กลุ่มที่มีสมรรถภาพสูงจะมีกรดแล็คติคหลังการออกกำลังกายต่ำกว่ากลุ่มที่มีสมรรถภาพปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่มีสมรรถภาพทางกายสูงจะมีอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่ากลุ่มที่มีสมรรถภาพปานกลาง การที่ความหนักของงานเพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มของกรดแล็คติคในเลือดอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำเอาค่าของทั้งสองกลุ่มมารวมกัน[2]

ในปี ค.ศ. 1975 เบรน เครส (Brain Chase) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของอาหารที่แตกต่างกันและความหนักของการออกกำลังกายที่มีต่อระดับของกรดแล็คติคในเลือดและระยะเวลาในการทำงาน โดยใช้ผู้เข้าทดลอง 12 คน แต่ละคนต้องกินอาหาร 3 ชนิด คือ อาหารคาร์โบไฮเดรทต่ำ คาร์โบไฮเดรทสูง และอาหารธรรมดาทั่ว ๆ ไป โดยกิน 1 ชนิด ต่อสัปดาห์ เสร็จแล้วให้ออกกำลังโดยวิ่งบนลู่กล (Treadmill) ด้วยความหนัก 85 %, 100 % และ 110 % ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ช่วงเวลาในการทำงานแต่ละรอบ

---

[1] Christopher A. Dawson et. al, "Arterial Blood and Muscle Lactate During Swimming in the Rat," Journal of Applies Physiology, Vol. 30, No. 3. (March, 1971), pp. 322-326.

[2] Robert Thomas, "Anaerobic Work at Submaximal Work Loads in Subjects of High and Medium Fitness," Dissertation Abstracts International, Vol. 30, No. 6. (December, 1974), p. 3499A.

(Bout) ใช้เวลา 5 นาที หรือจนกระทั่งเหนื่อย พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแล็คติคในเลือดจะสูงที่สุดที่ความหนักของงาน 110 % ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดโดยการกินอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรทสูง มีนัยสำคัญทางสถิติ (P $<$ .05) ผู้ทดลองที่กินอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรทสูงจะทำงานได้นานที่สุดกว่าจะเหนื่อย[1]

ในปี ค.ศ. 1975 อนันต์ อัตชู ได้วิจัยเรื่อง กรดแล็คติคในเลือดกับการออกกำลังกายสลับช่วงพักและแบบต่อเนื่องกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชายที่มีสมรรถภาพสมบูรณ์ 16 คน ออกกำลังโดยการถีบจักรยาน การออกกำลังมี 4 อนุกรม อนุกรมที่ 1 เป็นงานต่อเนื่องใช้เวลา 10 นาที ความหนัก 85 % ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด อนุกรมที่ 2 เป็นงานสลับช่วงพัก มีอัตราการทำงานต่อการพักเป็น 1 : 1 คือ ทำงาน 15 วินาที พัก 15 วินาที อนุกรมที่ 3 มีอัตราการทำงานต่อการพักเป็น 1 : 2 คือ ทำงาน 15 วินาที พัก 30 วินาที อนุกรมที่ 4 มีอัตราการทำงานต่อการพักเป็น 1 : 1 คือ ทำงาน 30 วินาที พัก 30 วินาที การวิเคราะห์กรดแล็คติคในเลือดใช้วิธีของ บาร์คเกอร์ และซัมเมอร์สัน (Barker and Summerson) ผลการวิจัยพบว่า การทำงานต่อเนื่อง 10 นาที มีแล็คเตทสะสมอยู่ในเลือดมากกว่าขณะพักผ่อน ค่ามัชฌิมเลขคณิตของแล็คเตทในเลือดในการทำงานแบบสลับช่วงพักทุกอนุกรมมีมากกว่าขณะพักผ่อน การทำงาน 15 วินาที พัก 15 วินาที กับการทำงาน 30 วินาที พัก 30 วินาที ความเข้มข้นของแล็คเตทที่สะสมในเลือดมีปริมาณพอกันเมื่อเปรียบเทียบแล็คเตทของการทำงานแบบสลับช่วงพัก ทำให้คิดว่าแล็คเตทไม่ใช่องค์ประกอบของความเหนื่อย ความเข้มข้นของแล็คเตทในเลือดจะมีมากน้อยขึ้นอยู่กับความหนักของงานและระยะเวลาในการทำงาน ความเข้มข้นของแล็คเตทในการทำงานชนิดสลับช่วงพักและชนิดต่อเนื่อง

---

[1] Brain Chase, "Effect of Variation in Diet and in Intensity of Exercise on Blood Lactate Levels and Performance Time," Dissertation Abstracts International, Vol. 35, No. 5. (November, 1975), p. 2700-A.

เป็นอิสระซึ่งกันและกัน[1]

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาปริมาณของกรดแล็คติคที่เกิดขึ้นในเลือดภายหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ล ต่างระยะทาง คือ 100 เมตร 200 เมตร 400 เมตร และ 1,500 เมตร

สมมุติฐานในการวิจัย

1. การว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 400 เมตร จะทำให้เกิดกรดแล็คติคในเลือดสูงกว่าการว่ายน้ำทุกระยะทาง
2. การว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 200 เมตร จะทำให้เกิดกรดแล็คติคในเลือดสูงกว่าการว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตร และ 1,500 เมตร
3. การว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 100 เมตร จะทำให้เกิดกรดแล็คติคในเลือดสูงกว่าการว่ายน้ำระยะทาง 1,500 เมตร
4. การว่ายน้ำแบบครอว์ล ระยะทาง 1,500 เมตร จะมีกรดแล็คติคเกิดขึ้นในเลือดน้อยกว่าการว่ายน้ำในทุกระยะทางที่กล่าวมา

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาความเข้มข้นของกรดแล็คติคที่เกิดขึ้นในเลือดหลังการว่ายน้ำแบบครอว์ล ในระยะทางที่มีการแข่งขัน คือ 100 เมตร 200 เมตร

---

[1] Attachoo, Anan, Blood Lactate During Intermittent and Continuous Exercise, (Unpublished Doctor of Education Dissertation, University of Northern Colorado, 1975).

400 เมตร และ 1,500 เมตร

2. การวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 5 สัปดาห์ โดยเก็บตัวอย่างเลือดของผู้เข้าทดลองทุกวันอาทิตย์ เวลา 10.30 - 12.00 น. สัปดาห์แรกเป็นการเก็บตัวอย่างเลือดขณะพักผ่อน สัปดาห์ที่ 2, 3, 4 และ 5 เก็บตัวอย่างเลือดหลังการว่ายน้ำในแต่ละระยะทางตามแต่ผู้ที่เข้ารับการทดลองจะจับสลากได้

3. การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของกรดแล็คติคในเลือด ใช้วิธีเอ็นไซม์เมติก (Enzymatic Method) โดยนำตัวอย่างเลือดไปทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการทางชีวเคมี ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ในการว่ายน้ำทุกครั้ง ผู้เข้ารับการทดลองอยู่ในสภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกัน เช่น ช่วงเวลา สภาพภูมิอากาศ ตลอดจนการว่ายน้ำซึ่งจัดในลักษณะการแข่งขันเพื่อกระตุ้นให้ผู้เข้ารับการทดลองทำการว่ายน้ำอย่างเต็มความสามารถ

2. ผู้เข้ารับการทดลองทุกคนมีความตั้งใจที่จะว่ายน้ำอย่างเต็มความสามารถ

ความจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนและไม่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก

1. ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมเรื่องอาหาร และการพักผ่อนของผู้เข้ารับการทดลองได้ คงปล่อยให้ปฏิบัติตัวไปตามปกติ

2. ผู้เข้ารับการทดลองอาจมีความตึงเครียดทางด้านจิตใจบ้างเนื่องจากบางคนไม่คุ้นเคยกับการถูกเก็บตัวอย่างเลือด

คำจำกัดความของการวิจัย

กรดแล็คติคในเลือด (Blood Lactate) หมายถึง สารซึ่งเกิดจากขบวนการผลิต เอ ที พี จากกลูโคส เมื่อขาดออกซิเจนและกรดนี้จะแพร่เข้าสู่กระแสเลือดจนมีระดับความเข้มข้นเท่า ๆ กันในเนื้อเยื่อ

การว่ายน้ำแบบครอว์ล (Crawl Stroke Swimming) หมายถึง การว่ายน้ำในท่าวัดวา เป็นการว่ายน้ำในลักษณะคว่ำหน้า ลำตัวเกือบขนานกับพื้นน้ำ ศีรษะยกพ้นน้ำเล็กน้อย เท้าทั้งสองเตะน้ำขึ้นลงสลับกัน แขนจ้วงน้ำทีละข้างสลับกัน หายใจโดยการพลิกหน้าไปข้างใดข้างหนึ่งให้ปากและจมูกพ้นน้ำ

มิลลิโมล (Milli Mole, mM) = $\frac{1}{1000}$ โมล

โมล (Mole) คือ ปริมาณของสารจำนวน 6.023×10^{23} อนุภาค

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ความเข้มข้นของกรดแล็คติคในเลือดที่วิเคราะห์ได้จากการว่ายน้ำแบบครอว์ลในแต่ละระยะทางจะทำให้ทราบอย่างแน่ชัดว่า การว่ายน้ำแบบครอว์ลในระยะทางใดใช้ขบวนการแบบไหนในการสร้าง เอ ที พี ซึ่งจะทำให้สามารถจัดและนำวิธีการฝึกที่เหมาะสมกับระดับงานนั้น ๆ มาใช้

2. เพื่อเป็นประโยชน์ในการวิจัยเกี่ยวกับกรดแล็คติคในกีฬาประเภทอื่น ๆ ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

001005