ปีที่ 40 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม – กันยายน 2560

พลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกายและเล่นกีฬา
ENERGY SYSTEMS IN EXERCISES AND SPORTS

โรจพล บูรณรักษ์[1]
Rojapon Buranarugsa[1]

[1]อาจารย์ประจำสาขาวิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

สารพลังงานหลักที่ร่างกายสร้างขึ้นคือ อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต หรือ ATP ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นได้โดย 3 ระบบพลังงาน คือ 1) ระบบฟอสฟาเจน จะให้พลังงานรวดเร็วสำหรับใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบรวดเร็วและเฉียบพลันในระยะเวลาอันสั้นประมาณ 8–10 วินาที 2) ระบบไกลโคเจน-กรดแล็กติก เป็นระบบที่สลายไกลโคเจนโดยไม่อาศัยออกซิเจนซึ่งจะให้พลังงานสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อการออกกำลังกายในระยะเวลาที่ยาวกว่าระบบแรก คือ ประมาณ 80–100 วินาที และ 3) ระบบพลังงานแบบแอโรบิคจะให้พลังงานสำหรับการออกกำลังกายด้วยความหนักปานกลางและระยะเวลายาวนานโดยไม่มีเวลาที่สิ้นสุดหากตราบใดที่มีการจัดหาออกซิเจน กลูโคส กรดไขมัน และกรดอะมิโนในเลือดให้เพียงพออย่างต่อเนื่อง ในที่นี้ได้กล่าวถึงฮอร์โมนในร่างกายและสารเคมีที่มีฤทธิ์กระตุ้นการสร้างพลังงาน เพิ่มสมรรถนะ เพิ่มความอดทน และกระตุ้นการสะสมอาหารที่ใช้ในการสร้างพลังงาน นอกจากนี้ได้จำแนกประเภทของกีฬาที่ใช้พลังงานที่สร้างจากสามระบบด้วยเช่นกัน และได้เน้นย้ำด้วยว่าคาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไขมันและโปรตีนในการฟื้นฟูสภาพปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและตับ ฉะนั้น การรับประทานอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่มาก ภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักจะช่วยในการฟื้นฟูระดับไกลโคเจนที่หมดไปจากการออกกำลังกาย ในการออกกำลังกายอย่างหนักนั้น ในระยะแรกร่างกายจะใช้ไกลโคเจนเพื่อสร้างพลังงานเป็นส่วนใหญ่ แต่เมื่อเวลาผ่านไปเมื่อปริมาณไกลโคเจนสะสมถูกใช้ไปจนเกือบหมด ร่างกายจะหันมาใช้พลังงานจากการสันดาปไขมันเป็นหลักและโปรตีนเป็นส่วนน้อย ในระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนัก ไกลโคเจน ไขมัน และโปรตีนสะสมจะถูกใช้ไป ฉะนั้นจะต้องชดใช้คืนโดยการบริโภคอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนอย่างเพียงพอ อัตราส่วนที่พอเหมาะของการบริโภคอาหารทั้งสามชนิดได้เสนอไว้ในที่นี้รวมไปถึงสัดส่วนที่เหมาะสมของปริมาณไขมันในร่างกายของนักกีฬาทั้งเพศชายและเพศหญิงสำหรับแต่ละประเภทกีฬาด้วยเช่นกัน สุดท้ายผู้เขียนได้เสนอแนะการวางแผนด้านพลังงานสำหรับก่อน ระหว่าง และหลังการแข่งขันหรือออกกำลังกายเพื่อประกอบการพิจารณาเตรียมความพร้อมของร่างกายต่อไป

คำสำคัญ: ระบบพลังงาน, ความอดทน, ไกลโคเจน, การออกกำลังกาย

[1] Corresponding Author: rojapon@hotmail.com

ABSTRACT

Three major systems producing energy (ATP) for exercise, phosphagen, glycolactic-acid, and aerobic systems are clarified. The phosphagen system provides energy for burst muscle contraction of a very short time (endurance 8–10 seconds), while the glycogen-lactic acid system provides energy for lesser muscle power but of a longer time (endurance 80–100 seconds). The aerobic system concerns with prolonged muscle works. It can provide energy for exercise as long as oxygen and fuels (glucose, free fatty acid and amino acid) can be supplied. Some hormones and chemicals stimulating the energy productions and accumulation of substances for energy production, as well as increasing endurance and performance are also mentioned. Examples of what types of sports use which energy systems are given for consideration of planning. Carbohydrate is considered to be the best food rather than fat and protein for restoration of glycogen contents in the muscle and the liver, and so carbohydrate loading is emphasized. In the early stages of heavy exercise, glycogen is primarily used, but after glycogen content is nearly depleted, the energy used depends mainly on the oxidation of fat and little amount of protein. During heavy exercise, stored glycogen, fat and protein are used and have to be replenished after exercise. Thus, the suitable ratio of carbohydrate, fat and protein consumption as well as suitable body fat composition for athletes are suggested. Finally, energy planning before, during and after the matches are suggested for consideration by the author.

KEYWORDS: Phosphagen System, Glycolactic-acid System, Aerobic System, Exercise, Endurance

บทนำ

ร่างกายของมนุษย์นั้นโดยปกติแล้วจะได้รับพลังงานเพื่อใช้สำหรับการเคลื่อนไหว ทำกิจกรรมต่าง ๆ รวมไปถึงการออกกำลังกายจากอาหารที่รับประทานเข้าไป ซึ่งสารอาหารต่างๆ ที่ได้รับจากการย่อยสลายในระบบย่อยอาหารนั้นจะถูกเก็บสะสมไว้ในร่างกายเป็นสารพลังงานหลักในรูปของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน (Kenny et al., 2012) ขณะออกกำลังกาย อวัยวะต่างๆ ของร่างกายทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมดได้ร่วมกันแบบบูรณาการอย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้เพื่อจัดหาพลังงานมาใช้รวมไปถึงจัดหาพลังงานเพื่อ การกำจัดของเสียออกจากร่างกาย หรือแม้กระทั่งการระบายความร้อนที่เกิดขึ้น กระบวนการสร้างพลังงานที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับระยะเวลา ความหนัก และลักษณะของแต่ละกิจกรรมหรือชนิดของกีฬา นอกจากนี้สารอาหารที่ถูกเก็บไว้เพื่อใช้เป็นสารพลังงานจะสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้ในปริมาณที่แตกต่างกันและจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสร้างพลังงานที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน ในขณะออกกำลังกายที่มีระดับความหนักมาก อวัยวะที่ต้องทำงานอย่างหนักนั้นได้แก่กล้ามเนื้อที่ต้องหดตัวและคลายตัวเพื่อการเคลื่อนไหว สมองซึ่งต้องทำหน้าที่ควบคุมและประสานการทำงานของอวัยวะต่างๆ เช่น ควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อและระบบประสาทส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนไหว ควบคุมการสูบฉีดโลหิตของหัวใจรวมทั้งหลอดเลือด ควบคุมการหลั่งของฮอร์โมนหลายชนิดที่หลั่งออกมา ควบคุมการสร้างพลังงานและอวัยวะต่าง ๆ ระบบหายใจรวมทั้งปอดต้องทำงานหนักเพื่อจัดหาออกซิเจนและขจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นหลัก ตับ

และไตก็ต้องทำงานหนักเพื่อขจัดของเสียอีกด้วย เป็นผลให้อุณหภูมิของร่างกายอาจสูงขึ้นถึง 41 องศาเซลเซียส ซึ่งผิวหนังจะต้องทำหน้าที่ขับเหงื่อเพื่อระบายความร้อน เป็นต้น การทำงานของอวัยวะเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ต้องการพลังงานทั้งสิ้น ถึงแม้ว่ากล้ามเนื้อลายจะใช้พลังงานมากที่สุดก็ตาม

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษาด้านพลศึกษา ด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา และบุคลากรด้านกีฬาต่างๆ เช่น นักกีฬา ผู้ฝึกสอน และผู้จัดการทีม ตลอดจนผู้ที่สนใจในการออกกำลังกายได้เข้าใจขบวนการสร้างพลังงานในรูปแบบต่างๆ ในร่างกายขณะออกกำลังกายหรือการแข่งขันกีฬา การเก็บสะสมพลังงานไว้ในหลายรูปแบบ รวมทั้งสารอาหารที่เป็นเชื้อเพลิงที่จะนำไปสร้างพลังงาน โดยหวังว่าความรู้เหล่านี้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเตรียมความพร้อมของร่างกายให้มีสมรรถนะในการออกกำลังกายและการแข่งขัน ทั้งก่อน ขณะออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายและการแข่งขัน รวมทั้งการฟื้นฟูสภาพพลังงานสะสมที่ถูกใช้ไปในการแข่งขันครั้งก่อนให้กลับสู่สภาพเดิมพร้อมที่จะใช้ในการแข่งขันในครั้งต่อไปด้วย

สารเคมีที่ใช้เป็นสารพลังงาน

สารอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (ATP) คือสารพื้นฐานสำคัญที่เป็นแหล่งของพลังงาน สูตรโครงสร้างของสารนี้คือ Adenosine PO_3~ PO_3~ PO_3 (Nelson and Cox, 2013) เครื่องหมาย ~ หรือ Bond 2 อันสุดท้ายที่เชื่อมโยง PO_3 เข้ากับโมเลกุลเรียกว่า High energy phosphate bond แต่ละ Bond จะเก็บพลังงานไว้ประมาณ 7,300 กิโลแคลอรี่ ต่อ ATP จำนวน 1 โมล หากสลาย Bond สุดท้ายจะได้พลังงาน 7,300 กิโลแคลอรี่ และตัว ATP จะถูกเปลี่ยนเป็น Adenosine diphosphate (ADP, Adenosine ~ PO_3-PO_3) และหากสลาย Bond ที่ 2 จากท้ายอีกก็จะได้พลังงานอีก 7,300 กิโลแคลอรี่ และตัว ADP จะถูกเปลี่ยนเป็น Adenosine monophosphate (AMP, Adenosine ~ PO_3) โดยปกติมี ATP เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อจำนวนหนึ่งซึ่งเพียงพอสำหรับใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่องเพียงระยะเวลาประมาณ 3 วินาที และเพียงพอสำหรับใช้ในการวิ่งด้วยความเร็วประมาณครึ่งหนึ่งของการแข่งขันระยะทาง 50 เมตร เสียด้วยซ้ำ (Guyton and Hall, 2016)

นอกจาก ATP แล้วยังมีสารพลังงานอีกตัวที่จะต้องกล่าวถึง คือ สารฟอสโฟครีเอทีน (Phosphocreatine) หรือ ครีเอทีนฟอสเฟต (Creatine ~ PO_3) (Nelson and Cox, 2013) ซึ่งถูกเก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อ การสลาย High energy phosphate bond ของสารนี้จะได้พลังงานมากถึง 10,300 กิโลแคลอรี่ ต่อ 1 โมล ทั้ง ATP และ Phosphocreatine ร่วมกันเรียกว่าระบบฟอสฟาเจน (Phosphagen energy system) ซึ่งถูกเก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อและพร้อมที่จะใช้งานได้อย่างทันทีทันใดและรวดเร็วมากกับการใช้งานภายในระยะเวลา 8–10 วินาที และสารพลังงานทั้งสองชนิดนี้เพียงพอแก่การหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดเฉียบพลันเพื่อให้ได้แรงสูงสุด (Maximum short burst) ซึ่งเกิดขึ้นในขณะวิ่งเร็วระยะทาง 100 เมตร และในการวิ่งเร่งเข้าเส้นชัย (Guyton and Hall, 2016)

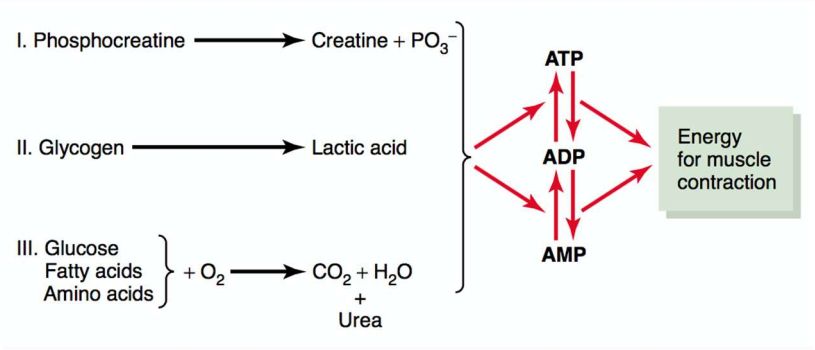
ระบบการสร้างพลังงาน

ระบบการสร้างพลังงานหลักของร่างกายอาจแบ่งเป็น 2 ระบบ ระบบที่หนึ่งเป็นการสร้างสารพลังงานโดยไม่อาศัยออกซิเจนหรือที่เรียกว่า ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic system) ส่วนระบบที่สองจะต้องอาศัยออกซิเจนเพื่อไปสันดาปกับสารอาหารให้ได้สารพลังงานคือระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Aerobic system) (Nelson and Cox, 2013; พจน์ ศรีบุญลือ และคณะ, 2554)

ในการสร้างพลังงานระบบแอนแอโรบิคหรือระบบไกลโคเจน-กรดแล็กติกนั้นไกลโคเจน (Glycogen) จะถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคส ซึ่งปฏิกิริยานี้เรียกว่า ไกลโคไลซิส (Glycolysis) แล้วกลูโคสหนึ่งโมเลกุลจะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นกรดไพรูวิก (Pyruvic Acid) 2 โมเลกุล ในปฏิกิริยานี้จะมี ATP ถูกปล่อยออกมาจำนวน 4 โมเลกุล ต่อจำนวนกลูโคสที่เริ่มต้นหนึ่งโมเลกุล โดยปกติแล้วกรดไพรูวิกจะเข้าสู่ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) เพื่อนำไปสร้างพลังงานโดยวิธีออกซิเดทิฟ เมแทบอลิซึม (Oxidative Metabolism) ซึ่งจะได้ ATP จำนวนมากกว่านี้มาก แต่ในสภาวะที่ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ กรดไพรูวิกจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแล็กติก (Lactic Acid) แล้วแพร่ออกนอกเซลล์เข้าสู่ของเหลวนอกเซลล์และเข้าสู่กระแสโลหิต กรดแล็กติกเป็นสารหนึ่งในหลายๆ ปัจจัยที่เชื่อว่าทำให้เกิดอาการเมื่อยล้า

ในสภาวะปกติ พลังงานที่ได้จากระบบไกลโคเจน-กรดแล็กติกจะสามารถนำไปใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างเต็มที่ได้ในช่วงระยะเวลาประมาณ 80 ถึง 100 วินาที แต่พลังการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle power) จะไม่มากเท่ากับพลังการหดตัวที่ได้จากระบบฟอสฟาเจนที่สามารถให้พลังงานในการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบรวดเร็วในระยะเวลาสั้นๆ (8–10 วินาที) ได้

ในการสร้างพลังงานที่ต้องอาศัยการใช้ออกซิเจนไปสันดาปกับสารอาหารซึ่งเป็นกระบวนการของระบบพลังงานแบบแอโรบิคนั้นจะได้ ATP จำนวนมหาศาลมาใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อและอวัยวะต่างๆ และสามารถใช้งานได้ในระยะเวลาที่นานอีกด้วย นอกจากนี้ ATP ที่ได้ก็จะนำไปใช้ในการเปลี่ยน AMP และ ADP ให้กลับมาเป็น ATP เพื่อทดแทน ATP ที่เก็บไว้และถูกใช้ไปในการหดตัวแบบรวดเร็วของกล้ามเนื้อในขณะที่ระบบพลังงานแบบแอโรบิคยังไม่เริ่มทำงาน (Guyton and Hall, 2016)



รูปที่ 1 แสดงสรุปการสร้างพลังงานทั้ง 3 แบบ ที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (ดัดแปลงจาก Guyton and Hall, 2016)

การสร้างพลังงานโดยระบบพลังงานแบบแอโรบิคเกิดขึ้นในไมโทคอนเดรียของเซลล์กล้ามเนื้อและเซลล์โดยทั่วไป สารที่ใช้ส่วนมากเป็นกลูโคส กรดไขมันอิสระ แต่ต่อไปในบทความนี้จะขอเรียกว่ากรดไขมันและกรดอะมิโน ที่มาจากการย่อยอาหารที่รับประทาน และจากเมแทบอลิซึมภายในร่างกายที่เปลี่ยนสารอาหารสะสม (ไกลโคเจน ไขมัน) หรือแม้กระทั่งจากโปรตีนหากจำเป็นอย่างมากเท่านั้น เซลล์เกือบทุกชนิดสามารถใช้กลูโคส กรดไขมัน และกรดอะมิโนในการสร้างพลังงานได้ ยกเว้นแต่เซลล์สมองซึ่งจะใช้เฉพาะกลูโคสเท่านั้นแต่ไม่สามารถใช้กรดไขมันและกรดอะมิโนในการสร้างพลังงานได้ ทั้งกลูโคส กรดไขมันและกรดอะมิโนจะถูกเปลี่ยนแปลงไปหลายขั้นตอนจากขบวนการเมแทบอลิซึมเฉพาะสาย จนสุดท้ายจะได้สาร Acetyl CoA เพื่อเข้าสู่ขบวนการออกซิเดทิฟ เมแทบอลิซึมต่อไป นอกจากจะได้ ATP แล้ว ขบวนการ

นี้จะได้สารผลพลอยได้ออกมาได้แก่ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และยูเรีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากกรดอะมิโน เป็นต้น สารบางอย่างเช่น คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกขับออกทางปอด และยูเรียจะถูกขับออกทางไตเป็นหลัก (Nelson and Cox, 2013; พจน์ ศรีบุญลือ และคณะ, 2554)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความอดทน (Endurance) ที่ได้จากระบบการสร้างพลังงานทั้ง 3 รูปแบบ (ดัดแปลงจาก Guyton and Hall, 2016)

Energy system	Time
Phosphagen system	8–10 seconds
Glycogen-lactic acid system	80–100 seconds
Aerobic system	Unlimited time (as long as nutrients last)

อนึ่ง ในการสร้างพลังงานโดยระบบพลังงานแบบแอโรบิคเพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อนั้นไม่มีขอบเขตจำกัด เมื่อเปรียบเทียบกับระบบฟอสฟาเจน (8–10 วินาที) และระบบไกลโคเจน-กรดแล็กติก (80–100 วินาที) ตราบใดที่ร่างกายยังสามารถจัดหากลูโคส กรดไขมัน กรดอะมิโน ออกซิเจน และสารอื่นๆ ที่เข้าสู่ขบวนการสร้างพลังงานแบบแอโรบิคได้เพียงพอและต่อเนื่องก็จะสามารถสร้างพลังงานได้อย่างต่อเนื่องด้วยเช่นกัน ฉะนั้น การออกกำลังกายและการเล่นกีฬาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาที่ยาวนานจะต้องอาศัยพลังงานจากการสร้างโดยระบบพลังงานแบบแอโรบิคเป็นหลัก ตัวอย่างเช่น การเต้นแอโรบิคระยะยาว การแข่งขันวิ่งมาราธอน เป็นต้น

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานจากสารอาหาร

ถ้าหากเปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่เกิดจากการสันดาปกลูโคส กรดไขมัน และกรดอะมิโนหรือโปรตีนด้วยออกซิเจนแล้ว ประมาณกันว่ากลูโคส 1 โมเลกุลจะได้ ATP สูงถึง 38 โมเลกุล ในขณะที่กรดไขมัน 1 โมเลกุล จะได้ ATP มากถึง 146 โมเลกุล ซึ่งมากกว่ากลูโคสกว่า 3 เท่า ในขณะที่โปรตีน 1 กรัม จะได้ ATP ประมาณ 4.1 กิโลแคลอรี ซึ่งน้อยกว่าที่ได้จากกลูโคส 1 กรัม เพียงเล็กน้อย ในการสร้างพลังงานจากกรดอะมิโนนั้น กรดอะมิโนจะถูกเปลี่ยนให้เป็น Keto acid ก่อน แล้ว Keto acid จะเข้าสู่ Citric acid cycle (Kreb's cycle) ในไมโทคอนเดรียเพื่อเปลี่ยนเป็น Acetyl-CoA ก่อนแล้วจึงจะนำไปสร้างพลังงานในระบบพลังงานแบบแอโรบิคได้ อนึ่ง โปรตีนที่สะดวกต่อการนำมาใช้สร้างพลังงานได้ก่อนคือ โปรตีนในน้ำเลือด (Plasma protein) ส่วนโปรตีนในกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออื่นๆ (Tissue protein) ก็นำมาใช้ได้หากจำเป็น แต่จะต้องถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนและ Acetyl-CoA ก่อนเช่นกัน (Nelson and Cox, 2013; พจน์ ศรีบุญลือ และคณะ, 2554)

การเปรียบเทียบความเร็วจากการสร้างพลังงานจาก 3 ระบบ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความเร็วในการสร้างพลังงานทั้ง 3 ระบบ (ดัดแปลงจาก Guyton and Hall, 2016)

Energy system	Mole of ATP/min
Phosphagen system	4
Glycogen-lactic acid system	2.5
Aerobic system	1

ถ้าหากจะเปรียบเทียบอัตราความเร็วของการสร้างพลังงาน หรือ ATP ระหว่าง 3 ระบบแล้ว อัตราความเร็วของการสร้าง ATP โดยระบบฟอสฟาเจนจะได้ประมาณ 4 โมลต่อนาที ซึ่งถือว่าเร็วที่สุด ส่วนระบบไกลโคเจน-กรดแล็กติกจะได้ประมาณ 2.5 โมลต่อนาที ถือว่าเร็วปานกลาง และระบบพลังงานแบบแอโรบิค ประมาณ 1 โมลต่อนาที ซึ่งถือว่าช้าที่สุด แต่ถ้าจะเปรียบเทียบระยะเวลาในการสร้างพลังงานซึ่งมีความสัมพันธ์กับความอดทน (Endurance) ดังแสดงในตารางที่ 1 แล้ว ระบบพลังงานแบบแอโรบิคจะทำได้นานจนกว่าสารอาหารและออกซิเจนจะหมด ในขณะที่ระบบฟอสฟาเจนจะทำได้ในระยะเวลาสั้นส่วนมากเป็นวินาที (8–10 วินาที) และระบบไกลโคเจน-กรดแล็กติกจะทำได้ไม่นานนักภายในระยะเวลาไม่เกิน 2 นาที (80–100 วินาที)

หนี้ออกซิเจน (Oxygen debt)

ก่อนการกล่าวถึงหนี้ออกซิเจน จะขอกล่าวถึงปริมาณออกซิเจนและพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในร่างกายที่ถูกใช้ไปในขณะออกกำลังกาย ซึ่งร่างกายจะต้องฟื้นฟูสภาพและชดใช้คืนให้หมดจนเข้าสู่สภาวะปกติเสียก่อนเพื่อเตรียมไว้ใช้ในการออกกำลังกายครั้งต่อไป

ประมาณการว่าร่างกายสามารถเก็บสะสมออกซิเจนเตรียมไว้ใช้ในการสร้างพลังงานโดยระบบพลังงานแบบแอโรบิคจำนวน 2 ลิตร แยกไว้ต่างหาก โดยไม่รวมกับปริมาณออกซิเจนที่นำเข้าร่างกายโดยการหายใจ ส่วนที่ 1 ประมาณ 0.5 ลิตร เก็บไว้ในปอด ส่วนที่ 2 ประมาณ 0.25 ลิตร ละลายอยู่ในของเหลวของร่างกาย ส่วนที่ 3 ประมาณ 1 ลิตร จะจับกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดง และส่วนที่ 4 ประมาณ 0.25 ลิตร เก็บสะสมไว้ในเซลล์กล้ามเนื้อโดยจับกับไมโอโกลบิน (Myoglobin) ในสภาวะการออกกำลังกายอย่างหนัก จำนวนออกซิเจนที่เก็บไว้จะถูกยืมไปใช้ก่อนและจะถูกใช้หมดภายในระยะเวลาประมาณ 1 นาที เพื่อสร้างพลังงานโดยระบบพลังงานแบบแอโรบิคก่อนที่จะใช้ออกซิเจนที่นำเข้าโดยการหายใจในการสร้างพลังงานในขั้นตอนถัดไป

หลังการออกกำลังกายสิ้นสุดลง ร่างกายจะต้องนำเข้าออกซิเจนเป็นพิเศษอีกประมาณ 2 ลิตร เพื่อนำไปชดเชยหรือใช้หนี้คืนจำนวนออกซิเจนที่เก็บไว้แล้วถูกยืมไปใช้ก่อนให้กลับสู่สภาพเดิม และอีกประมาณ 9.5 ลิตร เพื่อไปใช้สร้างพลังงานหรือ ATP เพื่อนำไปชดเชยหรือใช้หนี้คืนพลังงานที่ยืมไปใช้ก่อนหน้าโดยระบบฟอสฟาเจนและระบบไกลโคเจน-กรดแล็กติกให้กลับสู่สภาพเดิม กล่าวโดยสรุปว่าจำนวนออกซิเจน (11.5 ลิตร) ที่นำเข้าเป็นพิเศษเพื่อนำไปใช้หนี้เรียกว่า หนี้ออกซิเจน ในระบบฟอสฟาเจน ATP จะรวมกับครีเอทีน (Creatine) ให้กลับมาเป็นฟอสโฟครีเอทีนตามเดิม และ ATP ส่วนหนึ่งก็จะเก็บไว้ทดแทน ATP สะสมที่ถูกยืมไปใช้ และในส่วนของระบบไกลโคเจน-กรดแล็กติกนั้น ATP ก็จะเปลี่ยนกรดแล็กติกให้เป็นกรดไพรูวิกแล้วเป็นกลูโคสและสุดท้ายเป็นไกลโคเจนเช่นเดิม (Guyton and Hall, 2016)

เปรียบเทียบช่วงเวลาการใช้สารอาหารในการออกกำลังกาย

สารอาหารที่เซลล์กล้ามเนื้อใช้ในขณะออกกำลังกายคือ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งได้แก่ ไกลโคเจนและกลูโคส ส่วนไขมันนั้นได้แก่ กรดไขมันและอะซิโตอะเซติคแอซิด (Aceto acetic acid) และส่วนน้อยเป็นโปรตีนคือกรดอะมิโน โดยจะใช้คาร์โบไฮเดรตในระยะแรกของการออกกำลังกาย แต่หากการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องนานถึงระยะเวลา 4–5 ชั่วโมง ไกลโคเจนสะสมจะหมดหรือเกือบหมด ฉะนั้น ในการออกกำลังกายระยะเวลานานๆ เซลล์กล้ามเนื้อจะใช้ไขมันเป็นส่วนมาก และโปรตีนเป็นส่วนน้อย จากผลการทดลองที่ให้นักกีฬาวิ่งมาราธอนดื่มสารละลายกลูโคสในขณะแข่งขันพบว่า กลูโคสที่ดื่มสามารถให้พลังงานได้ 30–40 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงงานที่ใช้ทั้งหมดตลอดการวิ่ง สรุปได้ว่า หากมีไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและกลูโคสในเลือดเพียงพอก็จะทำให้ร่างกายมีพลังงานเพียงพอต่อการออกกำลังกายอย่างหนักในตอนต้น แต่หากระยะเวลานานเกิน 3–4 ชั่วโมง ร่างกายจะใช้ไขมันเพื่อสร้างพลังงานมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานที่ใช้ (Guyton and Hall, 2016)

การเก็บสะสมสารสำหรับสร้างพลังงาน

ร่างกายเก็บสะสมไกลโคเจนไว้ในเซลล์กล้ามเนื้อและเซลล์ตับเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่เซลล์ชนิดอื่นๆ ของร่างกายก็สามารถเก็บไกลโคเจนไว้ได้บ้างแต่ไม่มากนัก เซลล์ตับมีประสิทธิภาพในการเก็บไกลโคเจนไว้มากที่สุดประมาณ 5–8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก ส่วนเซลล์กล้ามเนื้อเก็บได้ 1–3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก แต่มิได้หมายความว่าปริมาณไกลโคเจนทั้งหมดที่เก็บไว้ในร่างกายจะอยู่ที่ตับ เพราะจำนวนเซลล์กล้ามเนื้อทั้งหมดในร่างกายมีมากกว่าจำนวนเซลล์ตับมาก ฉะนั้น ไกลโคเจนส่วนใหญ่ที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกายนั้นจะมาจากส่วนที่เก็บสะสมไว้ในเซลล์กล้ามเนื้อ

อนึ่ง เซลล์ตับและเซลล์กล้ามเนื้อมิได้เก็บไกลโคเจนเป็นโมเลกุลเดี่ยวๆ แต่จะถูกเก็บในรูปแบบของโพลิเมอร์ (Polymer) โดยหลายๆ โมเลกุลของไกลโคเจนจะจับตัวรวมกันเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่จนมีน้ำหนักเป็น 5 ล้านเท่าของน้ำหนักโมเลกุลเดี่ยวๆ แล้วจะตกตะกอนเป็นก้อนแข็ง (Solid granules) ภายในเซลล์ ฉะนั้น ไกลโคเจนในรูปโพลิเมอร์นี้เองจึงเป็นคาร์โบไฮเดรตสะสมจำนวนมหาศาลเพื่อใช้เป็นพลังงานในการออกกำลังกาย (Guyton and Hall, 2016)

ไกลโคเจนที่สะสมได้มาจากการบริโภคอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต (แป้งและน้ำตาล) เป็นส่วนใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณไกลโคเจนสะสมจากการบริโภคอาหาร 3 ประเภท (ดัดแปลงจาก Guyton and Hall, 2016)

ชนิดของอาหาร	**ปริมาณไกลโคเจนสะสม (g/ kg muscle)**
High-carbohydrate diet	40
Mixed diet	20
High-fat diet	6

จะเห็นว่าการบริโภคอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงอย่างเดียว (High-carbohydrate diet) จะให้ปริมาณไกลโคเจนสะสมมากที่สุดประมาณ 2 เท่าของการบริโภคอาหารผสม (Mixed diet) 1 ส่วน

การบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงเพียงอย่างเดียว (High-fat diet) จะให้ปริมาณไกลโคเจนสะสมน้อยที่สุด แสดงให้เห็นด้วยว่าการบริโภคอาหารพวกไขมันมากร่างกายจะนำกรดไขมันไปเก็บสะสมเป็นไขมันสะสมมากกว่าที่จะนำไปเปลี่ยนเป็นกลูโคสแล้วเปลี่ยนต่อไปเป็นไกลโคเจน อาหารพวกโปรตีนก็เช่นกันหากบริโภคมากร่างกายจะนำเอากรดอะมิโนไปเปลี่ยนเป็นโปรตีนและนำไปสร้างพลังงานมากกว่าที่จะนำไปเปลี่ยนเป็นกลูโคสแล้วเปลี่ยนต่อไปเป็นไกลโคเจน กล่าวโดยสรุปได้ว่าร่างกายสะสมสารที่จะนำไปสร้างพลังงานในรูปของไกลโคเจน ไขมัน และโปรตีน

ฮอร์โมนและสารเคมีสังเคราะห์ที่กระตุ้นการสร้างพลังงาน

ฮอร์โมนและสารเคมีที่มีบทบาทในการกระตุ้นการสร้างพลังงานในขณะการออกกำลังกายหรือการแข่งขันกีฬา มีดังต่อไปนี้

1. อิพิเนฟริน (Epinephrine) และนอร์เอพิเนฟริน (Norepinephrine) ที่หลั่งออกมาจากต่อมอดรีนัลชั้นใน (Adrenal medulla) ภายใต้การกระตุ้นของระบบประสาทซิมแพทเทติก (Sympathetic nervous system) ซึ่งทำงานเพิ่มขึ้นอย่างมากในขณะการเล่นกีฬา ฮอร์โมนทั้งสองนี้รวมกันเรียกว่า แคททีโคลามีน (Catecholamine) มีฤทธิ์กระตุ้นการสลายไกลโคเจนให้เป็นกลูโคสเพื่อนำไปใช้ในการสร้างพลังงาน (Guyton and Hall, 2016) อนึ่ง สารอิพิเนฟรินและอิพิเนฟรินสังเคราะห์ที่ใช้ในทางการแพทย์เพื่อรักษาโรคบางอย่างนั้นถูกจัดว่าเป็นสารต้องห้ามหรือสารกระตุ้น ต้องระมัดระวังอย่าใช้ในนักกีฬาในการแข่งขัน นอกจากนี้สารแอมเฟตามีน (Amphetamine) และเมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) เป็นสารสังเคราะห์ที่มีฤทธิ์คล้ายอิพิเนฟรินและนอร์เอพิเนฟรินก็ถูกจัดว่าเป็นสารกระตุ้นด้วยเช่นกัน สารนี้หากใช้กับนักกีฬาในขณะแข่งขันจะไปเสริมการออกฤทธิ์กระตุ้นหัวใจให้ทำงานหนักมากจนเกินไป และอาจเป็นผลทำให้หัวใจวายได้ สารสังเคราะห์อื่นที่มีฤทธิ์คล้ายอิพิเนฟรินและนอร์เอพิเนฟริน ได้แก่ Methoxamine เอฟีดรีน (Ephredrine) และไทรามีน (Tyramine) (Guyton and Hall, 2016)

2. กลูคากอน (Glucagon) เป็นฮอร์โมนที่หลั่งจากตับอ่อน ในขณะการออกกำลังกายอย่างหนักหรือระยะเวลานาน กลูคากอนจะหลั่งออกมามากและมีบทบาทในการเพิ่มระดับกลูโคสในกระแสเลือดด้วย บทบาทหลักของกลูคากอนคือกระตุ้นการขนย้ายกรดอะมิโนเข้าสู่ตับแล้วกระตุ้นการเปลี่ยนเป็นกลูโคส (Gluconeogenesis) นอกจากนี้กลูคากอนยังกระตุ้นการสลายไกลโคเจนให้เป็นกลูโคสอีกด้วย (Guyton and Hall, 2016)

3. อินซูลิน (Insulin) เป็นฮอร์โมนจากตับอ่อน การหลั่งอินซูลินจะเพิ่มขึ้นจากการกระตุ้นของระบบประสาทซิมแพทเทติกที่ทำงานเพิ่มขึ้นอย่างมากในขณะออกกำลังกาย อินซูลินที่หลั่งเพิ่มขึ้นจะไปกระตุ้นการขนย้ายกลูโคสเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อและเซลล์โดยทั่วไปยกเว้นเซลล์สมอง เซลล์เยื่อบุผนังลำไส้และเซลล์เม็ดเลือดแดงเพื่อนำไปสร้างพลังงาน (Guyton and Hall, 2016)

4. ไทรอกซิน (Thyroxin) ซึ่งเป็นฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland) จะหลั่งออกมามากขึ้นในขณะออกกำลังกาย สิ่งที่กระตุ้นการหลั่งของฮอร์โมนนี้ในสภาวะปกติคือความหนาวเย็น แต่ขณะเล่นกีฬาจะมีความวิตกกังวล (Anxiety) และความตื่นเต้น (Excitement) เกิดขึ้นอีกด้วยซึ่งจะส่งผลต่อการกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนนี้ออกมาเพิ่มขึ้นด้วย ไทรอกซินจะกระตุ้นเมแทบอลิซึมของกลูโคสและกรดไขมันของเซลล์โดยทั่วไปของร่างกาย อีกทั้งยังกระตุ้นการสลายไขมันให้เป็นกรดไขมันซึ่งจะนำไปสร้างพลังงานอีกด้วย (Guyton and Hall, 2016)

5. คอร์ติซอล (Cortisol) เป็นฮอร์โมนหลักจากต่อมอะดรีนอลชั้นนอก (Adrenal cortex) ซึ่ง

จัดเป็นสารสเตอรอยด์ (Steroid) สารนี้จะหลั่งออกมาเพิ่มมากขึ้นในขณะออกกำลังกาย ฮอร์โมนนี้จะกระตุ้นการสลายไขมันให้เป็นกรดไขมันและกระตุ้นตับให้เปลี่ยนกรดอะมิโนให้เป็นกลูโคสได้เร็วถึง 6–10 เท่า จากนั้นกลูโคสก็จะออกสู่กระแสเลือดเพื่อนำไปสู่กล้ามเนื้อเพื่อสร้างพลังงานต่อไป (Guyton and Hall, 2016)

อนึ่ง สารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้เป็นยาแก้อาการอักเสบของกล้ามเนื้อ เอ็นและข้อต่อหลายชนิด เช่น สารสเตอรอยด์สังเคราะห์ที่มีฤทธิ์คล้ายคอร์ติซอลและเป็นสารที่นี้มีฤทธิ์ที่แรงกว่าคอร์ติซอลหลายเท่า เช่น Prednisolone (4 เท่า) Methylprednisolone (5 เท่า) และ Dexamethasone (30 เท่า) สารเหล่านี้หากรับประทานหรือฉีดเข้าสู่ร่างกายจะกระตุ้นการสร้างพลังงานมากกว่าฮอร์โมนคอร์ติซอลซึ่งหลั่งออกมาตามธรรมชาติหลายเท่า และกระตุ้นให้เกิดความอดทนและเสริมสมรรถนะได้หลายเท่าด้วยเช่นกัน (Guyton and Hall, 2016) และสารดังกล่าวทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมดถือว่าเป็นสารกระตุ้นห้ามใช้ในขณะแข่งขันกีฬา

6. โกรทฮอร์โมน (Growth hormone) จากต่อมใต้สมองจะหลั่งออกมาเพิ่มขึ้นในขณะออกกำลังกาย ฮอร์โมนนี้กระตุ้นการสลายไขมันให้เป็นกรดไขมันเพื่อนำไปใช้ในการสร้างพลังงาน (Guyton and Hall, 2016)

7. กาเฟอีน (Caffeine) ซึ่งมีอยู่ในกาแฟที่เราบริโภค เป็นสารกระตุ้นการใช้พลังงานจากไขมันโดยการกระตุ้นการสลายไขมันให้เป็นกรดไขมันเพื่อนำไปสร้างพลังงาน สารนี้เคยอยู่ในบัญชีสารกระตุ้น ห้ามใช้ในขณะแข่งขันกีฬา แต่ในภายหลัง WADA (World Anti-doping Agency) ได้ถอนสารนี้ออกจากบัญชี เริ่มใช้ได้ในปี ค.ศ. 2004 (Burke and Deakin, 2010)

8. คาร์นิทีน (Carnitine) เป็นสารหนึ่งที่มีผลต่อการเพิ่มความอดทน คาร์นิทีนเป็นสารที่ร่างกายนำไปสร้างเป็นเอนไซม์หลายชนิดซึ่งกระตุ้นการขนย้ายกรดไขมันเข้าสู่เซลล์และกระตุ้นการเผาผลาญกรดไขมันให้ได้พลังงานเพื่อใช้ในการเล่นกีฬา แต่ในคนทั่วไปนั้นคาร์นิทีนจะมีผลลดปริมาณไขมันในร่างกายและใช้เป็นยาลดความอ้วนได้อีกด้วย (Burke and Deakin, 2010)

ฮอร์โมนและสารเคมีสังเคราะห์ที่กระตุ้นการสะสมพลังงาน

1. อินซูลินเป็นฮอร์โมนสำคัญในการกระตุ้นการเก็บสะสมอาหารในรูปของไกลโคเจน โปรตีน และไขมัน โดยฮอร์โมนนี้ออกฤทธิ์ที่สำคัญ 3 ประการ ประการแรก กระตุ้นการขนย้ายกลูโคสในเลือดเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อและเซลล์ตับแล้วกระตุ้นต่อไปให้เปลี่ยนเป็นไกลโคเจน (Glycogenesis) เพื่อเก็บสะสมไว้สร้างพลังงาน ประการที่สอง กระตุ้นการขนย้ายกรดไขมันเข้าสู่เซลล์ไขมันและกระตุ้นต่อไปให้เปลี่ยนเป็นไขมัน (Lipogenesis) เพื่อเก็บสะสม ประการที่สาม กระตุ้นการขนย้ายกรดอะมิโนเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อและเซลล์ตับแล้วกระตุ้นต่อไปให้เปลี่ยนเป็นโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอและสะสมไว้สร้างพลังงานหากจำเป็น

ภายหลังการรับประทานอาหารที่ครบหมู่ ระดับกลูโคส กรดไขมัน และกรดอะมิโนในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้น การเพิ่มสูงขึ้นของระดับกลูโคสในเลือดนั้นเป็นปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นการหลั่งของอินซูลินจากตับอ่อนออกมาสู่กระแสเลือดให้เพิ่มขึ้น แล้วฮอร์โมนนี้จะไปกระตุ้นการเก็บสะสมไกลโคเจน ไขมัน และโปรตีนตามที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น หน้าที่หลักอีกประการหนึ่งของอินซูลินคือปรับสมดุลของระดับกลูโคสในเลือดให้ลดลงกลับสู่ปกติ (80–100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) โดยกระตุ้นการขนย้ายกลูโคสเข้าสู่เซลล์ของร่างกายให้นำไปใช้ ยกเว้นเซลล์สมอง เซลล์เม็ดเลือดแดง และเซลล์เยื่อบุผนังลำไส้ที่ไม่ต้องการอินซูลินช่วย

กระตุ้นการขนย้ายกลูโคสเข้าสู่เซลล์ เพราะกลูโคสเข้าสู่เซลล์เหล่านี้ได้โดยไม่ต้องใช้ตัวพา (Carrier) ที่ขึ้นกับอินซูลิน (Guyton and Hall, 2016)

2. โกรทฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองซึ่งหลั่งออกมามากในขณะนอนหลับ ฮอร์โมนนี้กระตุ้นการขนย้ายกรดอะมิโนเข้าสู่เซลล์ โดยทั่วไปแล้วโกรทฮอร์โมนจะกระตุ้นการเปลี่ยนกรดอะมิโนเป็นโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต ซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอ และเก็บไว้เป็นพลังงานด้วย (Guyton and Hall, 2016)

3. เทสโทสเตอโรน (Testosterone) จากลูกอัณฑะ มีฤทธิ์กระตุ้นการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ ซึ่งนอกจากจะเพิ่มความแข็งแรงของร่างกายแล้วยังเก็บไว้เป็นพลังงานด้วย สารเทสโทสเตอโรนสังเคราะห์หากให้รับประทานหรือฉีดเข้าสู่ร่างกายในนักกีฬาถือว่าเป็นการใช้สารกระตุ้น

4. สารอื่นๆ ที่ใช้เป็นอาหารเสริม ยกตัวอย่างเช่น ครีเอทีน ร่างกายจะนำไปสร้างพลังงานครีเอทีนฟอสเฟตเก็บสะสมไว้ในเซลล์กล้ามเนื้อ ไรโบส (Ribose) เป็นน้ำตาลจำพวกหนึ่งและเป็นส่วนประกอบโครงสร้างของสารพลังงานต่างๆ เช่น ATP ADP และ AMP ซึ่งร่างกายจะสามารถนำสารนี้ไปสร้างสารพลังงานดังกล่าวโดยตรง โดยปกติไรโบสมีในอาหารอยู่แล้ว แต่มีบางบริษัทผลิตออกมาขายได้ นอกจากนี้ไรโบสยังนำไปสร้าง DNA และ RNA ทดแทนส่วนที่สึกหรอไปจากการออกกำลังกายได้อีกด้วย อีกสารหนึ่งคือ Medium chain triglyceride (MCT) ซึ่งเป็นไขมันขนาดความยาวของโมเลกุลปานกลาง ไขมันชนิดนี้จะถูกย่อยในลำไส้ได้ง่ายกว่าไขมันขนาดความยาวของโมเลกุลที่ยาว (Long chain triglyceride, LTG) ผลของการย่อยจะได้กรดไขมันที่จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วนำไปสร้างเป็นไขมันเก็บสะสมหรือนำไปเปลี่ยนเป็นกลูโคส (Glyconeogenesis) แล้วเปลี่ยนต่อไปเป็นไกลโคเจนสะสมไว้ในเซลล์กล้ามเนื้อต่อไป MCT มีมากในไขมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะกอก และผลิตภัณฑ์จากนมเช่น ครีม เนย และเนยแข็ง นอกจากนี้ ครีเอทีน ไรโบส และ MCT นั้นมีผลต่อการเพิ่มความอดทนและสมรรถนะในการเล่นกีฬาอีกด้วย (Burke and Deakin, 2010)

ระบบพลังงานส่วนมากที่ใช้ในการเล่นกีฬาประเภทต่างๆ

ตารางที่ 4 แสดงระบบพลังงานหลักที่ใช้ในกีฬาประเภทต่างๆ (แปลและปรับปรุงจาก Guyton and Hall, 2016)

ระบบพลังงาน	ประเภทกีฬา
Phosphagen system เกือบทั้งหมด	วิ่งเร็ว 100 เมตร กระโดดสูง ยกน้ำหนัก ดำน้ำ อเมริกันฟุตบอล
Phosphagen glycogen-lactic system	วิ่งเร็ว 200 เมตร บาสเกตบอล ฮ๊อกกี้น้ำแข็ง
Glycogen-lactic system เป็นส่วนใหญ่	วิ่ง 400 เมตร ว่ายน้ำ 100 เมตร เทนนิส ฟุตบอล (Soccer)

ตารางที่ 4 แสดงระบบพลังงานหลักที่ใช้ในกีฬาประเภทต่างๆ (แปลและปรับปรุงจาก Guyton and Hall, 2016) (ต่อ)

ระบบพลังงาน	ประเภทกีฬา
Glycogen-lactic acid system และ Aerobic system	วิ่ง 800 เมตร ว่ายน้ำ 200 เมตร สเก็ต 1500 เมตร มวย เรือพาย 200 เมตร วิ่ง 1500 เมตร วิ่ง 1 ไมล์ ว่ายน้ำ 400 เมตร
Aerobic system	สเก็ต 10,000 เมตร สกี ชนิด Cross-country วิ่งมาราธอน (26.2 ไมล์ หรือ 42.2 กิโลเมตร) ออกกำลังกายแบบวิ่งเยาะๆ (Jogging)

จากตารางที่ 4 ได้แสดงระบบพลังงานหลักในภาพรวมที่ใช้ในกีฬาประเภทต่างๆ โดยไม่ได้แบ่งเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของแต่ละระบบพลังงานที่ใช้ตามแหล่งอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น Power and Howley (2004) ได้จำแนกรายละเอียดการใช้ระบบพลังงานของกีฬาชนิดต่างๆ อาทิเช่น กีฬาบาสเกตบอลใช้ระบบฟอสฟาเจน 80 เปอร์เซ็นต์ ระบบไกลโคเจน-กรดแล็กติก 10 เปอร์เซ็นต์ และระบบพลังงานแบบแอโรบิค 10 เปอร์เซ็นต์ กีฬาฟุตบอลใช้ระบบฟอสฟาเจน 80 เปอร์เซ็นต์ และระบบไกลโคเจน-กรดแล็กติก 20 เปอร์เซ็นต์ ในทางกลับกันการวิ่งมาราธอนนั้นใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิคถึง 98 เปอร์เซ็นต์ และระบบไกลโคเจน-กรดแล็กติกเพียงแค่ 2 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น จะเห็นได้ว่าในการเล่นกีฬาประเภทต่างๆ มีการใช้ระบบพลังงานที่แปลผันอย่างมากโดยขึ้นกับตำแหน่งของผู้เล่น กลยุทธ์ ระยะเวลา และความหนักเบา เป็นต้น ดังนั้นผู้เขียนจึงขอเสนอระบบพลังงานหลักๆ ในภาพรวมเพื่อช่วยในการเตรียมพร้อมของพลังงานที่จะใช้ในแต่ละกีฬา ส่วนรายละเอียดของแต่ละระบบพลังงาน การใช้และในส่วนที่เกี่ยวข้องกับระยะทาง ระยะเวลา รวมทั้งความอดทนได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้ว

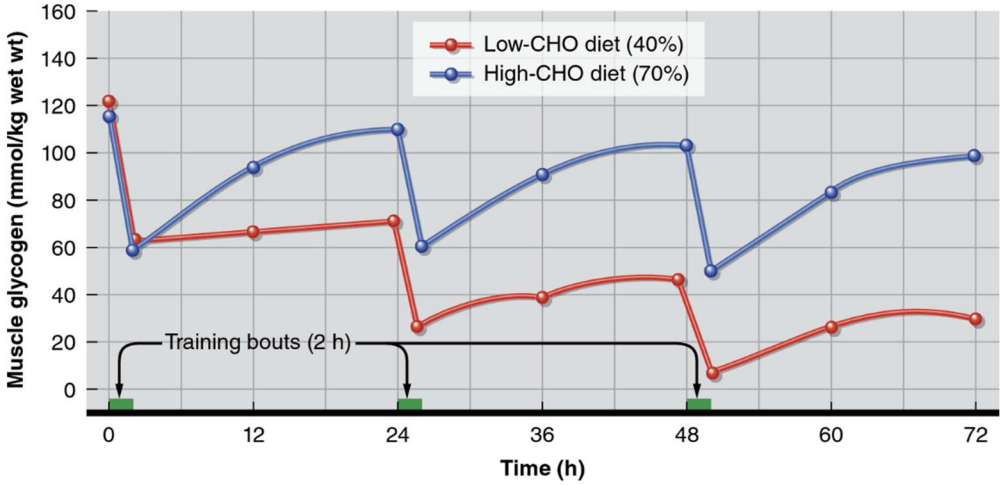
การเตรียมความพร้อมด้านพลังงานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะและความอดทน

จากที่กล่าวมาในตอนต้นแล้วว่าร่างกายใช้พลังงานจากหลายระบบในการเล่นกีฬาหรือการออกกำลังกาย ได้แก่ ATP สะสมซึ่งถือว่าเป็นสารพลังงานสำคัญ ATP ที่ได้จากการสลายฟอสโฟครีเอทีนสะสม จากการสลายไกลโคเจนสะสมจากเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลูโคสจากอาหารที่รับประทาน (มีฟรักโทสและกาแล็กโทสด้วยแต่กลูโคสเป็นส่วนใหญ่) และจากการเปลี่ยนแปลงมาจากกรดอะมิโนและกรดไขมันจากเมแทบอลิซึมของกรดไขมันที่ได้มาจากการสลายไขมันและจากอาหาร และส่วนน้อยจากเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนจากการสลายโปรตีนและจากอาหารที่รับประทาน ฉะนั้น จะต้องรับประทานอาหารเพื่อสร้างสารพลังงานและสะสมสารอาหารต่างๆ เหล่านี้ไว้เพื่อนำไปสร้างสารพลังงานต่อไป ทั้งก่อนและหลังการแข่งขันเพื่อชดใช้คืนสารพลังงานสะสมและสารอาหารที่ถูกใช้ไปครั้งก่อน และเตรียมพร้อมเพื่อการแข่งขันครั้งถัดไป อาหารแบ่งเป็น 6 ชนิด คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน วิตามิน

เกลือแร่ และน้ำ ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนเป็นหลัก ส่วนวิตามินและเกลือแร่ต่างๆ นั้นสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหมวดอาหารเสริมที่ได้รับการรับรองจาก Australian Institute of Sport (AIS) (Burke and Deakin, 2010) และแหล่งอื่น (Kenny et al., 2012)

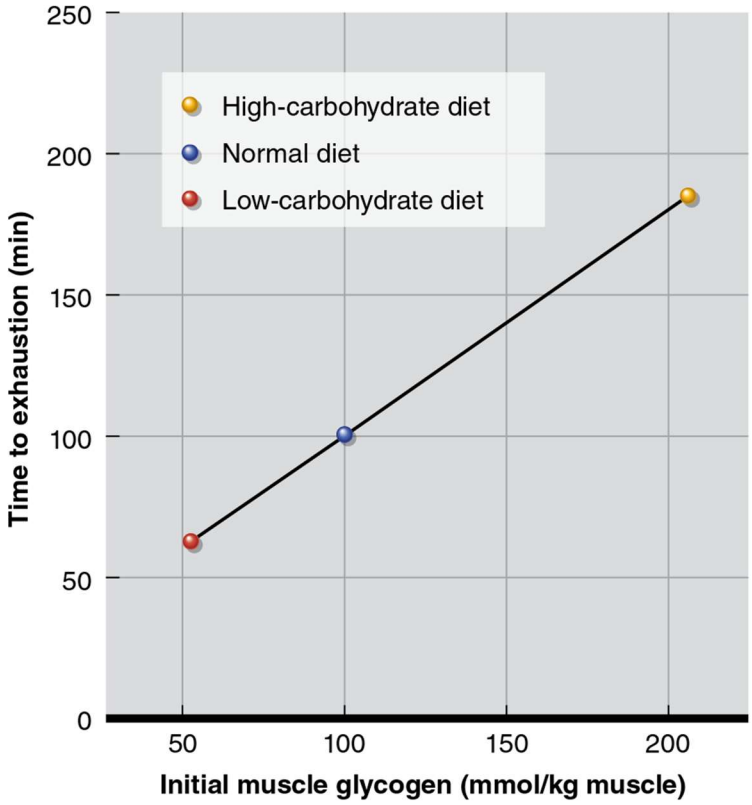
คาร์โบไฮเดรต

สัดส่วนของอาหารที่ได้รับการแนะนำว่าพอเหมาะแก่การรักษาสมดุลของพลังงานที่ได้ใช้ไปนั้นโดยปกติในคนส่วนใหญ่คือ คาร์โบไฮเดรต 50–60 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 10–15 เปอร์เซ็นต์ และเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งว่าสัดส่วนอาหารนี้เหมาะแก่สุขภาพและสมรรถนะของนักกีฬาด้วย (Kenny et al., 2012)



รูปที่ 2 แสดงบทบาทของการรับประทานอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตต่อการสะสมไกลโคเจนในกล้ามเนื้อในนักกีฬาที่ได้รับการฝึกอย่างต่อเนื่องเกิน 3 วัน (จาก Kenny et al., 2012)

จากกราฟในรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มทดลองที่รับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำคือ 40 เปอร์เซ็นต์ (ปกติ 15–60 เปอร์เซ็นต์) จะมีผลทำให้ปริมาณไกลโคเจนสะสมในกล้ามเนื้อลดลงอย่างต่อเนื่องหลังการฝึก 1 วัน เป็นต้นไป และจะลดลงเรื่อยๆ เป็นลำดับ ส่วนในกลุ่มที่รับประทานอาหารคาร์โบไฮเดรตสูงคือ 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไกลโคเจนสะสมจะเกือบคงที่หรือลดลงไม่มากนักภายหลังการฝึกอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าการรับประทานอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นจะรักษาระดับไกลโคเจนสะสมในกล้ามเนื้อในช่วงระหว่างการฝึกที่ต่อเนื่องได้อย่างชัดเจน (Kenny et al., 2012)

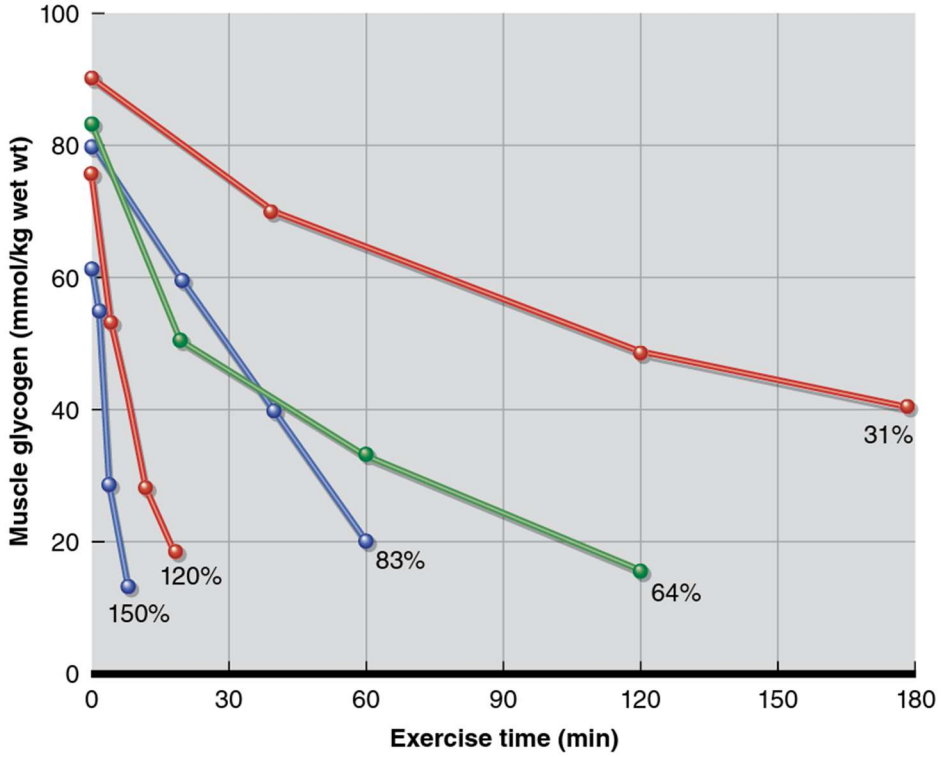


รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อก่อนออกกำลังกายและระยะเวลาที่สามารถออกกำลังกายอย่างหนักถึงที่สุดจนหมดแรง (Exhaustion) ในกลุ่มเปรียบเทียบที่รับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง เปรียบเทียบกับการรับประทานอาหารที่ประกอบด้วยไขมันและโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ (Kenny et al., 2012)

จากกราฟในรูปที่ 3 จะเห็นว่าในกลุ่มที่รับประทานอาหารคาร์โบไฮเดรตสัดส่วนปกติประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ จะมีไกลโคเจนสะสมประมาณ 100 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม ของน้ำหนักกล้ามเนื้อ แต่ในกลุ่มที่รับประทานอาหารคาร์โบไฮเดรตสัดส่วนต่ำประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ จะมีไกลโคเจนสะสมประมาณ 50 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม และในกลุ่มที่รับประทานคาร์โบไฮเดรตสูงประมาณ 60–70 เปอร์เซ็นต์ นั้นจะมีไกลโคเจนสะสมเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 205 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าถ้าจะให้กล้ามเนื้อสะสมไกลโคเจนเพิ่มขึ้นในนักกีฬาที่เล่นกีฬาอย่างหนักจะต้องเพิ่มปริมาณการรับประทานคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นหรือที่เรียกกันว่า Carbohydrate loading (การรับประทานคาร์โบไฮเดรตปริมาณมากภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนัก) นั่นเอง

ในนักกีฬาที่มีอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นนักกีฬาประเภทที่ต้องอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างหนักเป็นส่วนใหญ่ เช่น ยกน้ำหนัก ฟุตบอล และวิ่งระยะสั้น เป็นต้น มักจะมีความเสียหายของกล้ามเนื้อซึ่งเป็นผลมาจากการฝึกซ้อมและการแข่งขัน ซึ่งขบวนการสร้างไกลโคเจนทดแทนหลังการแข่งขันในนักกีฬาเหล่านี้นั้นอาจจะมีระดับไกลโคเจนกลับสู่ปกติในช่วง 6–12 ชั่วโมงแรก แต่หลังจากนั้นเมื่อขบวนการซ่อมแซมกล้ามเนื้อที่บาดเจ็บได้เริ่มขึ้น การสะสมไกลโคเจนจะไม่เพิ่มขึ้นโดยไม่ทราบเหตุผลที่แน่ชัด กล้ามเนื้ออาจจะยังมีอาการเมื่อยล้านานกว่า 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าขบวนการซ่อมแซมจะ

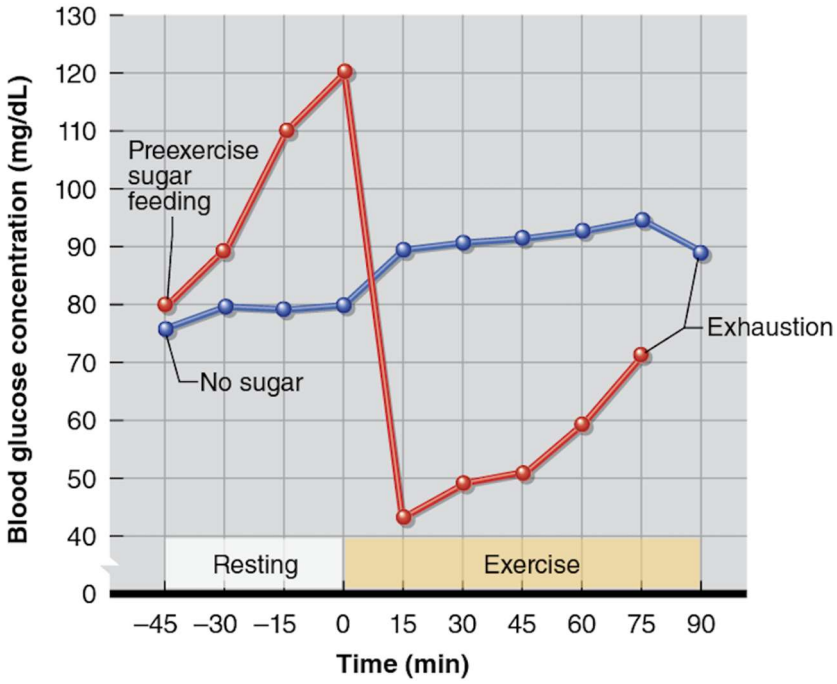
เสร็จสิ้น ฉะนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ระยะเวลาพักฟื้นที่นานกว่าปกติในกรณีที่มีอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อเนื่องจากการฟื้นฟูระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่บาดเจ็บนั้นจะล่าช้ากว่าปกติ (Kenny et al., 2012)



รูปที่ 4 แสดงบทบาทของความหนักของการออกกำลังกาย (31 64 83 120 และ 150 เปอร์เซ็นต์ ของ VO_2max) ต่อการลดลงของปริมาณไกลโคเจนสะสมในกล้ามเนื้อ (Kenny et al., 2012)

จากกราฟในรูปที่ 4 จะเห็นว่าระดับไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อนั้นจะลดลงมากอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อการออกกำลังกายอย่างหนัก (150 และ 120 เปอร์เซ็นต์ ของ VO_2max) ภายในระยะเวลาน้อยกว่า 30 นาที แต่เมื่อการออกกำลังกายความหนักระดับปานกลางและต่ำ (83 64 และ 31 เปอร์เซ็นต์ ของ VO_2max) ระดับไกลโคเจนสะสมในกล้ามเนื้อจะลดลงช้าภายใน 1–3 ชั่วโมง แสดงให้เห็นชัดเจนว่ายิ่งออกกำลังกายหนักมากขึ้นเท่าไร ไกลโคเจนสะสมจะถูกใช้ไปจนหมดหรือเกือบหมดเร็วขึ้นเท่านั้น นักวิทยาศาสตร์ส่วนมากจึงเชื่อกันว่าก่อนการแข่งขันจะต้องให้นักกีฬาได้รับประทานอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตเพื่อให้มีการเก็บสะสมไกลโคเจนไว้ในกล้ามเนื้อและตับในระดับที่มาก แต่จะต้องระมัดระวังห้ามรับประทานอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตในช่วง 15–45 นาที ก่อนการแข่งขัน เพราะอาจจะมีผลทำให้ระดับกลูโคสในเลือดต่ำกว่าปกติ (Hypoglycemia) ในช่วงสั้นๆ ของการเริ่มการแข่งขัน ทั้งนี้เพราะการรับประทานอาหารในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีผลเพิ่มระดับกลูโคสให้สูงขึ้นแล้วจะมีผลกระตุ้นให้อินซูลินหลั่งออกมามาก (Kenny et al., 2012) และเมื่อผนวกกับอินซูลินที่หลั่งออกมามากในขณะเริ่มต้นการแข่งขันโดยการกระตุ้นของระบบประสาทซิมพาเทติกแล้วระดับอินซูลินที่เพิ่มขึ้นมากโดยสองแรงบวกจะทำให้ระดับกลูโคสในเลือดลดลงและส่งผลให้ระดับกลูโคสในเลือดลดต่ำกว่าปกติ เพราะอินซูลินกระตุ้นการขน

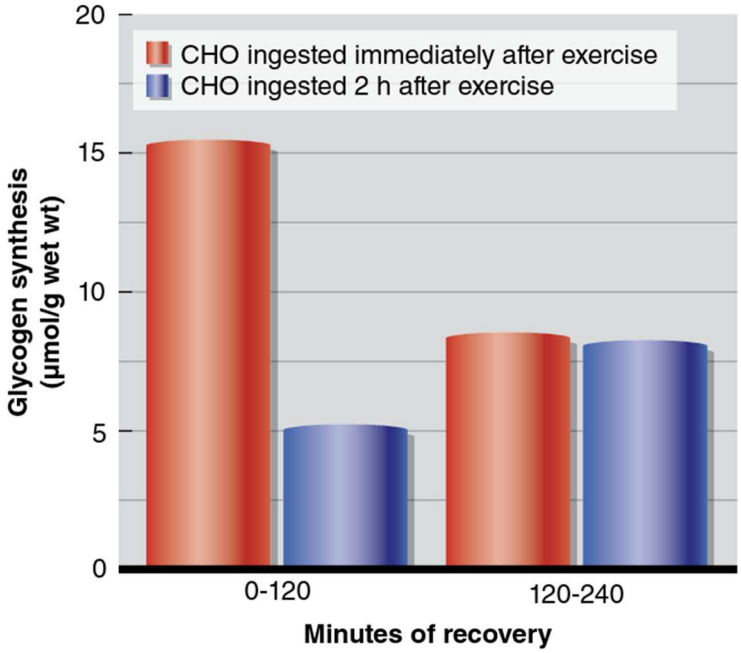
ย้ายกลูโคสเข้าสู่เซลล์ของร่างกายโดยทั่วไปเป็นส่วนมากจนทำให้กล้ามเนื้อขาดพลังงานและทำให้เกิดอาการเมื่อยล้าก่อนกำหนด ดังแสดงในรูปที่ 5 นอกจากนี้ เซลล์ประสาทซึ่งต้องใช้กลูโคสสร้างพลังงานเป็นหลัก (แต่ไม่ต้องการอินซูลินช่วยกระตุ้นการขนย้ายกลูโคสเข้าสู่เซลล์) จะขาดกลูโคสไปสร้างพลังงานและอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอาการเมื่อยล้าชนิดที่เกิดขึ้นจากประสาทส่วนกลาง (Central fatigue) ได้



รูปที่ 5 แสดงผลของการรับประทานอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล) ก่อนการแข่งขัน 45 นาที ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าระดับกลูโคสในเลือดจะลดลงต่ำสู่ระดับ Hypoglycemia จนทำให้ผู้รับการทดลองที่ให้ออกกำลังกายที่ความหนักระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ ของ VO_2max นั้นสามารถออกกำลังกายได้เพียง 75 นาที จากที่วางแผนไว้ที่ 90 นาที (Kenny et al., 2012)

จากผลในรูปที่ 5 และเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว นักกีฬาควรหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตช่วงเวลา 15–45 นาทีก่อนการแข่งขันเพื่อป้องกันการเกิดอาการเมื่อยล้าก่อนกำหนด

แต่ในทางตรงกันข้าม การรับประทานอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตในช่วงขณะการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายนั้นสามารถทำได้และเป็นการเพิ่มสมรรถนะอีกด้วย เพราะว่าจะไม่ส่งผลให้ระดับกลูโคสเพิ่มขึ้นมากนัก ระดับกลูโคสในเลือดที่เพิ่มขึ้นไม่มากในระยะนี้จะทำให้อินซูลินหลั่งออกมาไม่มาก ฉะนั้นจึงไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงอย่างทันทีทันใด (Sudden hypoglycemia) ดังเช่นกรณีที่รับประทานอาหารคาร์โบไฮเดรตก่อนการเล่นกีฬา 15–45 นาที ที่กล่าวไว้ก่อนแล้ว ฉะนั้นการรับประทานกลูโคสระหว่างการแข่งขันจะช่วยเพิ่มสมรรถนะของนักกีฬาเพราะกูลโคสจะถูกดูดซึมได้เร็วโดยไม่ต้องย่อยในระบบทางเดินอาหารและเมื่อเข้าสู่กระแสเลือดก็จะถูกนำไปใช้ได้ทันที ยกตัวอย่างกลูโคสที่สามารถรับประทานได้ระหว่างการแข่งขันได้แก่ น้ำตาลกลูโคสสำเร็จรูปในรูปแบบของแท่ง เจลลี่ และแบบน้ำ รวมไปถึงผลไม้เช่น กล้วย



รูปที่ 6 แสดงการฟื้นสภาพไกลโคเจนสะสมในนักปั่นจักรยานที่ได้ปั่นจักรยานอย่างหนักและต่อเนื่องนาน 70 นาที จนคาดว่าไกลโคเจนถูกใช้ไปจนหมด แล้วให้รับประทานคาร์โบไฮเดรต 2 ช่วงเวลา สำหรับกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม กลุ่มแรก (ซ้ายมือ) ให้รับประทานคาร์โบไฮเดรตทันทีหลังสิ้นสุดการออกกำลังกาย พบว่าปริมาณไกลโคเจนสะสมจะมากเป็น 3 เท่า ของกลุ่มควบคุมที่ปล่อยให้การฟื้นสภาพไกลโคเจนเป็นไปตามปกติ แต่ในกลุ่มที่ 2 (ขวามือ) หากให้รับประทานคาร์โบไฮเดรตหลังสิ้นสุดการออกกำลังกายได้ 2 ชั่วโมง พบว่าปริมาณไกลโคเจนสะสมจะไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ปล่อยให้การฟื้นสภาพไกลโคเจนเป็นไปตามปกติแต่อย่างใด (Kenny et al., 2012)

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6 สามารถสรุปได้ว่าหากจะเร่งฟื้นสภาพไกลโคเจนสะสมอย่างรวดเร็วหลังจากที่ถูกใช้ไปจนหมดแล้ว จะต้องรับประทานอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่มากซึ่งได้แก่ แป้ง และน้ำตาลหลังจากสิ้นสุดการออกกำลังกายภายใน 2 ชั่วโมง ถ้าหลังจากนั้นปริมาณการสะสมไกลโคเจนจะเป็นไปตามอัตราตามปกติ (Kenny et al., 2012)

ไขมัน

สำหรับไขมันนั้นมีอยู่ในร่างกายหลายรูปแบบ เช่น ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) กรดไขมัน ฟอสโฟลิพิด (Phospholipid) และสเตอรอล (Sterol) ซึ่งร่างกายจะเก็บสะสมไขมันในรูปของไตรกลีเซอร์ไรด์เอาไว้มากที่สุด ไตรกลีเซอร์ไรด์นั้นจะประกอบด้วย 3 โมเลกุลของกรดไขมันและหนึ่งโมเลกุลของกลีเซอรอล (Glycerol) และไตรกลีเซอไรด์นั้นยังเป็นแหล่งพลังงานสูงสุดอีกด้วย (Kenny et al., 2012)

ไขมันไม่เพียงแต่เป็นแหล่งพลังงาน 70 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น แต่ไขมันยังเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ทุกชนิดและเซลล์ประสาท และเป็นส่วนประกอบของไขกระดูกด้วย คอเลสเตอรอล (Cholesterol) ซึ่งอยู่ในรูปของฟอสโฟลิพิดจะใช้ในการสร้างสเตอรอยด์ฮอร์โมน (Steroid hormone) ซึ่ง

ได้แก่ ฮอร์โมนเพศชายและเพศหญิง คอร์ติซอล และกลูคากอนจากต่อมหมวกไต เป็นต้น พวกวิตามินหลายชนิดที่ละลายในไขมันนั้นจะเข้าสู่ร่างกายพร้อมไขมันและเก็บไว้ในไขมันของร่างกาย นอกจากนี้ไขมันยังเป็นหมอนคั่นระหว่างอวัยวะของร่างกายเพื่อลดการเสียดสี ไขมันที่อยู่ใต้ผิวหนังยังทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อน ไขมันที่เป็นส่วนประกอบของไขกระดูก ผนังเซลล์โดยทั่วไป และเซลล์ประสาทนั้นเป็นไขมันสงวนที่ไม่สามารถนำไปใช้ไปเป็นพลังงานได้เพราะจะทำให้เกิดการเสื่อมต่อการทำงานของเซลล์เหล่านี้

ร่างกายได้รับไขมันจากสัตว์ นม รวมทั้งจากพืชด้วย น้ำมันพืชเช่นน้ำมันปาล์ม น้ำมันงา และไขมันจากมะพร้าว และครีมจากนมนั้นโดยส่วนมากจะเป็น Medium Chain Triglyceride ที่สามารถย่อยในลำไส้ได้ง่ายและถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้อย่างรวดเร็ว เหมาะแก่การบริโภคก่อนการแข่งขันช่วงเวลาประมาณ 2–3 ชั่วโมง

ไขมันที่สะสมในร่างกายเป็นแหล่งของพลังงานมากที่สุดถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานที่ใช้เมื่อไกลโคเจนถูกใช้ไปมาก ร่างกายจะหันมาใช้ไขมันเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกกำลังกายระยะเวลาที่ยาวนาน ฉะนั้น นักกีฬาจะต้องมีไขมันสะสมจำนวนหนึ่งโดยมีสัดส่วนที่พอเหมาะกับน้ำหนักตัวด้วย เพราะน้ำหนักตัวที่เหมาะสมจะเกี่ยวข้องกับสมรรถนะในการเคลื่อนไหว แต่อย่างไรก็ตาม มิได้หมายความว่านักกีฬาทุกประเภทจะต้องมีไขมันในสัดส่วนของน้ำหนักตัวในสัดส่วนเดียวกัน เพราะในกีฬาแต่ละประเภทนั้นจะใช้พลังงานจากไขมันมากน้อยแตกต่างกัน โดยปกติแล้วผู้หญิงจะมีสัดส่วนของไขมันในร่างกายมากกว่าผู้ชายอยู่แล้วตามธรรมชาติ ซึ่งสัดส่วนของไขมันที่เหมาะสมต่อน้ำหนักตัวของนักกีฬาทั้งเพศชายและเพศหญิงสำหรับแต่ละประเภทได้แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณไขมันกับน้ำหนักตัวของนักกีฬาประเภทต่าง ๆ ทั้งเพศชายและเพศหญิง (แปลและดัดแปลงมาจาก Kenny et al., 2012)

กลุ่ม หรือ กีฬา	ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	
	ชาย	หญิง
เบสบอล หรือ ซอฟบอล	8-14	12-18
บาสเกตบอล	6-12	10-16
เพาะกาย	5-8	6-12
ฟุตบอล	6-14	10-18
จักรยาน	5-11	8-15
ฟันดาบ	8-12	10-16
วอลเลย์บอล	7-15	10-18
กอล์ฟ	10-16	12-20
ยิมนาสติก	5-12	8-16
แข่งม้า (จ๊อกกี้)	6-12	10-16
เทนนิส	6-14	10-20
ว่ายน้ำ	6-12	10-18
ยกน้ำหนัก	5-12	10-18
เรือพาย (Rowing)	6-14	8-16

การบริโภคไขมันนั้นไม่ควรเกิน 35 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานทั้งหมดที่บริโภค โดยประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณที่ได้รับการยอมรับว่าเหมาะสมที่สุด พวกไขมันเข้มข้นจากเนื้อสัตว์ไม่ควรเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ คอเลสเตอรอล ไม่ควรเกิน 300 มิลลิกรัมต่อวัน ไขมันที่เหมาะสมคือ Medium Chain Triglyceride ซึ่งมีในน้ำมันพืช กะทิมะพร้าว และไขมันจากนม

ไขมันมีบทบาทในการเพิ่มสมรรถนะและความอดทนอย่างมากและอย่างชัดเจนโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อไกลโคเจนสะสมถูกใช้ไปหมดหรือเกือบหมด ร่างกายจะหันมาใช้ไขมันแทนเป็นหลัก (Kenny et al., 2012)

โปรตีน

ในแง่ของการนำไปใช้เป็นพลังงานนั้นถึงแม้ว่าโปรตีนจะถูกนำไปใช้น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไขมันและคาร์โบไฮเดรต แต่การบริโภคโปรตีนก็มีความจำเป็นต่อการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอจากการออกกำลังกาย เช่น กล้ามเนื้อที่ฉีกขาด โปรตีนนั้นเป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบิน ฮอร์โมนบางชนิด และเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมสภาพความเป็นกรดด่างของร่างกายในขณะออกกำลังกาย โปรตีนเป็นตัวการสำคัญในการรักษาแรงดันออสโมซิส (Osmotic pressure) ของเลือดรวมไปถึงทำหน้าที่เป็นสารภูมิต้านทานหรือแอนติบอดี้ (Antibodies) และสร้างการเจริญเติบโตอีกด้วย

โปรตีนจะถูกย่อยให้เป็นกรดอะมิโนซึ่งพบว่าในร่างกายนั้นมีกรดอะมิโน 20 ชนิด โดยมีจำนวนหนึ่งที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ (Nonessential amino acid) ซึ่งมี 10 ชนิดในเด็กและ 12 ชนิดในผู้ใหญ่ และมีอีกจำนวนหนึ่งที่ร่างกายจะต้องนำเข้าจากอาหาร (Essential amino acid) จำนวน 9 ชนิดในเด็กและ 8 ชนิดในผู้ใหญ่ กรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้นั้นมีในอาหารที่เรารับประทานเป็นประจำ เช่น เนื้อสัตว์ ปลา ไข่ และนม เป็นต้น ฉะนั้น อาหารจำพวกโปรตีนจึงถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องรับประทานควบคู่กับคาร์โบไฮเดรตด้วย

การใช้พลังงานจากโปรตีนมีประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ ข้อแนะนำการบริโภคโปรตีนโดย The Recommended Dietary Allowances (RDAs) ที่พอเหมาะมีดังนี้ ควรบริโภคโปรตีนปริมาณ 0.95 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน สำหรับเด็กอายุ 4–13 ปี ปริมาณ 0.85 กรัม/ต่อกิโลกรัมต่อวัน สำหรับเด็กอายุ 14–18 ปี และปริมาณ 0.80 กรัม/ต่อกิโลกรัมต่อวัน สำหรับผู้ใหญ่ แต่ผู้ชายจะต้องการการใช้โปรตีนในปริมาณที่มากกว่าผู้หญิงเนื่องจากน้ำหนักของมวลกล้ามเนื้อในผู้ชายนั้นมากกว่า แต่สำหรับนักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมอย่างหนักควรบริโภคโปรตีนประมาณ 0.80 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน การบริโภคโปรตีนในปริมาณที่มากเกินไปอาจเพิ่มภาระของไตในการขับออกซึ่งสุ่มเสี่ยงต่อการเป็นโรคไตได้ สัดส่วนที่พอเหมาะสำหรับการบริโภคโปรตีนในนักกีฬาโดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ ของแคลอรี่จากอาหารทั้งหมดต่อวัน และมีหลักฐานที่เชื่อได้ว่าการบริโภคโปรตีนร่วมกับคาร์โบไฮเดรตจะช่วยเร่งการสังเคราะห์ไกลโคเจนในระหว่างพักฟื้นจากการออกกำลังกายอย่างหนักและการเพิ่มขึ้นของกรดอะมิโนในเลือดนั้นจะกระตุ้นการสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อซึ่งจะมีผลดีต่อการซ่อมแซมเซลล์กล้ามเนื้อที่เสียหายจากการออกกำลังกายอย่างหนักอีกด้วย (Kenny et al., 2012)

บทสรุป

ในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬานั้นกระบวนการสร้างพลังงานโดยระบบพลังงานของร่างกายจะแตกต่างกันซึ่งระยะเวลาของการออกกำลังกายนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดการใช้ระบบพลังงานของร่างกาย ระบบพลังงานแต่ละระบบนั้นมีความสอดคล้องกับการแสดงประสิทธิภาพในแต่ละประเภทกีฬา ฉะนั้น การฝึกซ้อมที่เหมาะสมกับระบบพลังงานแต่ละระบบนั้นจะสามารถพัฒนาสมรรถภาพทางกายและส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาด้วย สารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานสำคัญของร่างกายในการออกกำลังกายนั้นจะได้รับจากอาหารที่เรารับประทานและร่างกายจะเก็บสะสมสารอาหารเหล่านี้ไว้เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการใช้งานรวมกับสารพลังงานที่ร่างกายได้สะสมไว้อยู่แล้ว คาร์โบไฮเดรตถือว่าเป็นสารอาหารให้พลังงานที่สำคัญที่สุดในบรรดาสารอาหารหลักสำหรับการออกกำลังกายและร่างกายจำเป็นที่จะต้องได้รับสารอาหารนี้อย่างสม่ำเสมอและเพียงพอ เนื่องจากปริมาณสะสมของสารอาหารในร่างกายนั้นจะมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาในการออกกำลังกาย นอกจากนี้ฮอร์โมนและสารเคมีต่างๆ นั้นมีบทบาทในการกระตุ้นการสร้างพลังงานในการออกกำลังกายด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการออกกำลังกายและเล่นกีฬา และเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพ บุคคลทั่วไป นักกีฬา รวมไปถึงผู้ฝึกสอนกีฬาจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในความรู้พื้นฐานของระบบพลังงานของร่างกายเพื่อที่จะสามารถนำความรู้นี้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมได้ต่อไป

สุดท้ายนี้ผู้เขียนใคร่ขอเสนอแนะในเรื่องของการจัดการพลังงานก่อน ระหว่าง และหลังการแข่งขันสำหรับนักกีฬาและสำหรับบุคคลทั่วไปในการเตรียมความพร้อมสำหรับการออกกำลังกายเพื่อเป็นข้อสรุปดังนี้

1. จะต้องมีเวลาหยุดพักอย่างสมบูรณ์ระหว่างโปรแกรมการแข่งขันอย่างน้อย 3–4 วัน เพื่อให้มีการฟื้นสภาพทุกระบบของร่างกายจนสมบูรณ์ และจะต้องทดสอบสมรรถภาพก่อนแข่งขันด้วย ในกรณีที่มีอาการบาดเจ็บโดยเฉพาะอย่างยิ่งการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ การฟื้นฟูสภาพปริมาณไกลโคเจนสะสมนั้นจะล่าช้าซึ่งจำเป็นจะต้องพักนานจนกว่าอาการบาดเจ็บจะหายและมีระดับสมรรถภาพทางกายที่พร้อมเพื่อการแข่งขันด้วย

2. ต้องรับประทานอาหารให้ครบหมู่ สำหรับสัดส่วนของอาหารที่เหมาะสมนั้นคือคาร์โบไฮเดรต 50–60 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 10–15 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าหากจะรับประทานคาร์โบไฮเดรตปริมาณที่มากจะต้องเพิ่มสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตแต่ไม่ควรเกิน 70 เปอร์เซ็นต์ การรับประทานอาหารมื้อใหญ่สุดท้ายควรรับประทานก่อนการแข่งขัน 3–4 ชั่งโมง เพื่อการย่อยอาหารที่สมบูรณ์

3. คาร์โบไฮเดรตมีความสำคัญมากที่สุดต่อการฟื้นฟูสภาพระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ตับ และเซลล์ทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากรับประทานในปริมาณที่มากหลังจากการแข่งขันหรือออกกำลังกายอย่างหนักภายในระยะเวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมง จะทำให้อัตราการฟื้นสภาพไกลโคเจนสะสมนั้นสูงถึง 3 เท่า ของอัตราปกติ แต่ถ้าหากรับประทานภายหลังจากระยะเวลา 2 ชั่วโมง ไปแล้ว อัตราการฟื้นสภาพไกลโคเจนสะสมจะเป็นไปตามอัตราปกติ ถ้าไม่มีอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมสำหรับการฟื้นสภาพไกลโคเจนที่ควรรับประทานหลังจากการฝึกซ้อมหรือเล่นกีฬาคือ 1–1.2 กรัมต่อน้ำหนักตัวต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถรับประทานเป็นช่วงๆ หลังจากฝึกซ้อมหรือเล่นกีฬาได้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมที่ควรรับประทานภายหลังจากวันที่มีฝึกซ้อมหรือเล่นกีฬานั้นแตกต่างกันตามความหนักของการฝึกซ้อมและเล่นกีฬา โดยการฝึกซ้อมและเล่นกีฬาที่มีความหนักต่ำควรรับประทาน

คาร์โบไฮเดรตปริมาณ 5–7 กรัมต่อน้ำหนักตัวต่อวัน การฝึกซ้อมหรือเล่นกีฬาที่มีความหนักปานกลางควรรับประทานคาร์โบไฮเดรตปริมาณ 7–12 กรัมต่อน้ำหนักตัวต่อวัน และภายหลังจากการฝึกซ้อมหรือเล่นกีฬาที่มีความหนักมากควรรับประทานคาร์โบไฮเดรตปริมาณ 10–12 กรัมต่อน้ำหนักตัวต่อวัน ขึ้นไป (Jeukendrup and Gleeson, 2010)

4. สามารถรับประทานอาหารคาร์โบไฮเดรตในระหว่างพักครึ่งของการแข่งขันหรือระหว่างการออกกำลังกายได้ ขอแนะนำการดื่มสารละลายกลูโคส 25 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยเพิ่มสมรรถนะและความอดทนได้อย่างดี และกลูโคสเป็นสารที่ไม่ต้องย่อยสลายแต่สามารถดูดซึมไปใช้เป็นพลังงานได้ทันที การบริโภคไอศกรีมมีผลดีเช่นกันแต่ช้ากว่ากลูโคสเพราะต้องย่อยสลายก่อน หากไอศกรีมที่มีส่วนผสมของน้ำตาลและไขมันจากนมหรือมะพร้าวก็มีคุณค่าอาหารสำหรับการสร้างพลังงานสูง ไขมันจากนมและมะพร้าวเป็น Medium Chain Triglyceride ถูกย่อยสลายได้ง่ายในลำไส้อีกด้วย

5. ไม่ควรรับประทานคาร์โบไฮเดรตทุกชนิดก่อนการแข่งขันหรือออกกำลังกายอย่างหนักระยะเวลา 15–45 นาที เพราะจะทำให้เกิดอาการเมื่อยล้าก่อนกำหนด (รูปที่ 5) อาหารที่มีคุณค่าทางพลังงานสูง เช่น ไอศกรีมควรบริโภคก่อน 3–4 ชั่วโมง พร้อมอาหารมื้อสุดท้าย

6. ถึงแม้พลังงานที่ใช้ส่วนมากในการออกกำลังกายระยะเวลานานจะมาจากไขมันคือประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ก็ตาม แต่การบริโภคไขมันนั้นไม่ควรเกิน 35 เปอร์เซ็นต์ ต่อวัน และควรบริโภคไขมันชนิด Medium Chain Triglyceride ที่ได้จากน้ำมันพืช ไขมันมะพร้าว และไขมันนมจะดีที่สุดเพราะย่อยง่าย ส่วนไขมันชนิดเข้มข้นจากเนื้อสัตว์ไม่ควรบริโภคเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อวัน และคอเลสเตอรอลไม่ควรเกิน 300 มิลลิกรัมต่อวัน และควรคำนึงถึงการควบคุมน้ำหนักตัวด้วย

7. ถึงแม้พลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกายอย่างหนักจะมาจากโปรตีนเป็นส่วนน้อยคือประมาณ 10–15 เปอร์เซ็นต์ ก็ตาม แต่การบริโภคโปรตีนนั้นจำเป็นต่อขบวนการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอไปทั้งหมดจากการออกกำลังกายอย่างหนัก การเจริญเติบโต และการบริโภคโปรตีนร่วมกับคาร์โบไฮเดรตจะช่วยเพิ่มระดับกรดอะมิโนในเลือดซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มของการสังเคราะห์ไกลโคเจนในระหว่างการพักฟื้นจากการออกกำลังกายอย่างหนักอีกด้วย การบริโภคโปรตีนมากเกินไปควรคำนึงถึงหน้าที่ของไตในการขับออกของโปรตีนส่วนเกินด้วยเช่นกัน

8. ในระหว่างพักฟื้นจากการแข่งขันหรือจากการออกกำลังกายจะต้องมีการนอนหลับอย่างสนิทและสมบูรณ์อย่างน้อยวันละ 8 ชั่วโมง ทั้งนี้เพราะขบวนการย่อยอาหาร การสร้างโปรตีน การซ่อมแซม การฟื้นฟูสภาพไกลโคเจน ฯลฯ จะเกิดขึ้นอย่างมากในช่วงนี้

9. การชั่งน้ำหนักวันละ 1–2 ครั้ง หรือแม้แต่ก่อนการแข่งขันจะช่วยการตรวจสอบสภาวะการบริโภคอาหารที่ง่ายและดีที่สุด น้ำหนักตัวที่เหมาะสมจะต้องใกล้เคียงกับน้ำหนักตัวในการแข่งขันครั้งก่อนที่มีระดับของสมรรถภาพทางกายที่พร้อมเพื่อจะส่งผลต่อสมรรถนะในการแข่งขันในครั้งต่อไป

10. สารเคมีที่แนะนำให้ใช้ได้คือกาเฟอีนที่มีในกาแฟ สารนี้ออกฤทธิ์กระตุ้นการนำไขมันมาสร้างเป็นพลังงาน ไม่เป็นอันตรายต่อหัวใจ และมิใช่สารต้องห้าม การดื่มกาแฟในปริมาณ 2 ช้อนชา ก่อนการแข่งขันหรือออกกำลังกายประมาณ 1–2 ชั่วโมง ถือว่าเป็นปริมาณที่พอเหมาะ ส่วนสารกระตุ้นอย่างอื่น เช่น แอมเฟตามีน และสารในเครือ รวมไปถึงสารสังเคราะห์ที่มีฤทธิ์คล้ายคอร์ติซอลทุกชนิด ไม่ขอแนะนำให้ใช้เพราะเป็นสารต้องห้ามและเป็นอันตรายต่อร่างกาย

11. การบริโภคเกลือแร่ วิตามิน น้ำ และสารที่เป็นอาหารเสริมต่าง ๆ ขอให้ศึกษาจากแหล่งอื่น (Burke and Deakin, 2010; Kenny et al., 2012)

เอกสารอ้างอิง

พจน์ ศรีบุญลือ และคณะ. (2554). **ตำราชีวเคมี**. พิมพ์ครั้งที่ 6. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.

Burke, L., & Deakin, V. (2010). **Clinical sports nutrition**. 4th ed. Sydney: NSW McGraw-Hill Medical.

Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2016). **Medical physiology**. 13th edition. Philadelphia, PA : Elsevier.

Jeukendrup, A., & Gleeson, M. (2010). **Sport nutrition: An introduction to energy production and performance**. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics.

Kenny, W. L., Wilmore, J. H., & Hostiel, D. L. (2012). **Physiology of sport and exercise**. 5th ed. Champaign (IL): Human Kinetics.

Nelson. D. L., & Cox, M. M. (2013). **Lehninger principles of biochemistry**. 6th ed. New York: Freeman, W. H., & Company.

Powers, S. K., & Howley, E. T. (2004). **Exercise physiology: theory and application to fitness and performance**. 5th ed. New York: McGraw-Hill.