

การเผาผลาญไขมันในขณะออกกำลังกาย Fat Oxidation During Physical Exercise

ธฤชนวีชร์ ไชยโคตร*

บทคัดย่อ

ไขมันในร่างกายเป็นปัจจัยเสี่ยงของโรคภัยต่างๆ และปัญหาด้านจิตใจและสังคม มีการศึกษาวิธีการออกกำลังกายเพื่อจำกัดไขมันในร่างกายให้ได้มากที่สุด พบว่าไขมันจะถูกเผาผลาญไปเป็นพลังงานมากที่สุดในการออกกำลังกายอย่างเบา (Low-intensity exercise) หรือที่ระดับหัวใจเต้นร้อยละ 40 ของอัตราเต้นของหัวใจสูงสุด หากต้องการเผาผลาญไขมันให้ได้มากที่สุดระหว่างการออกกำลังกายแบบ แอโรบิก (Aerobic exercise) ต้องฝึกที่ระดับความหนักต่ำกว่าจุดวิกฤติของกรดแลคเตท (Lactate threshold, (LT)) หรือให้หัวใจเต้นร้อยละ 70-75 และ 80-90 ของ

อัตราการเต้นหัวใจสูงสุดในคนที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย และในคนที่ออกกำลังกายเป็นประจำ ตามลำดับ การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านอย่างหนักก่อนการฝึกแบบแอโรบิก จะทำให้เกิดการใช้ไขมันในขณะออกกำลังกายแบบแอโรบิกมากขึ้นเป็นทวีคูณ เนื่องจากการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านอย่างหนักทำให้เกิดภาวะพร่องไกลโคเจน จึงเหลือแหล่งพลังงานเดียวคือ ไขมัน อย่างไรก็ตาม การออกกำลังกายในลักษณะดังกล่าว ไม่เหมาะสมกับนักกีฬา เพราะอาจทำให้กล้ามเนื้อล้า ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการแข่งขันอาจน้อยลงได้

Abstract

Body fats have been considered as a risk factor for many diseases and psychosocial problems. There are widely studies about exercise protocols for optimal fatty acid oxidation. Intervention studies have demonstrated that the highest rate of fatty acid oxidation was took place at low - intensity exercise or at 40% of maximum heart rate (MHR). Additional, Individuals who want to utilize fat for primary fuel should work out below lactate threshold (LT) or around 70-75% and 80 - 90 % MHR

in sedentary and trained persons respectively. The performance of intense weight - resistance training prior to aerobic exercise may multiply fat utilization during aerobic session, the intense weight-resistance training causes glycogen-depletes state and then fat is mobilized to oxidation. However, this training protocol is not suit for athletes because it makes muscle fatigue and reduces the competitive performance.

* อาจารย์ประจำ สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยคริสเตียน

ประเภทและเป้าหมายของการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายแบ่งได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการออกกำลังกาย โดยสามารถแบ่งได้เป็น 1) การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) เป็นการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบการหายใจและแลกเปลี่ยนอากาศของปอด การทำงานและความทนทานของกล้ามเนื้อ ใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ของร่างกายหดและคลายตัวอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานตั้งแต่ 15 นาทีขึ้นไป ได้แก่ การเดิน แอโรบิก วิ่ง ว่ายน้ำ กีฬาประเภทต่างๆ เป็นต้น เมื่อออกกำลังกายแบบแอโรบิกอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ ระบบหัวใจ หลอดเลือดและระบบหายใจแข็งแรงและทนทานมากขึ้น ปริมาณไขมันสะสมในร่างกายลดลง (Hakkinen et al., 2002) หากต้องการออกกำลังกายด้วยการวิ่ง เพื่อสร้างความทนทานให้กับระบบหัวใจ ต้องวิ่งช้าๆ แต่นานๆ เช่นเดียวกับ วิ่งมาราธอน หรือเรียกว่า การออกกำลังกายประเภททนทาน (Endurance exercise) 2) การออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน (Resistance exercise) เป็นรูปแบบการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ เช่นการยกกettlebell น้ำหนัก การวิดพื้น เป็นต้น การเลือกน้ำหนักที่ใช้เป็นแรงต้านในการยกนั้น จะใช้น้ำหนักมากและจำนวนครั้งน้อย เมื่อต้องการสร้างมวลของกล้ามเนื้อใหญ่และแข็งแรงขึ้น หรือใช้น้ำหนักน้อยแต่จำนวนครั้งในการยกมาก เมื่อต้องการสร้างกล้ามเนื้อให้มีความทนทาน 3) การออกกำลังกายเพื่อสร้างความยืดหยุ่น (Flexibility exercise) หรือที่เรียกว่า การยืดกล้ามเนื้อ (Stretching exercise) เป็นรูปแบบการออกกำลังกายเพื่อสร้างความยืดหยุ่นให้กับโครงสร้างกล้ามเนื้อ ข้อต่อ เส้นเอ็น และกระดูก เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีปัญหาข้อติด ไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อต่อให้เต็มองศาการเคลื่อนไหวได้ หรือในการเตรียมร่างกายก่อนและหลังการออกกำลังกาย ก็จำเป็นต้องยืดกล้ามเนื้อเพื่อป้องกันหรือลดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและข้อต่อ (Horowitz et al., 1997)

แหล่งของพลังงานในการออกกำลังกาย

ร่างกายจะต้องใช้พลังงาน ในขณะออกกำลังกาย เพื่อให้กล้ามเนื้อเคลื่อนไหวโดยได้พลังงานมาจากหลายๆ แหล่ง ตามระยะเวลาและความหนักเบาของการออกกำลังกาย ในระยะแรกของการออกกำลังกาย เช่น ระยะแรกสุดของการวิ่ง หรือการออกกำลังกายที่แรงและเร็ว พลังงานที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะมาจากสาร 2 ชนิดเท่านั้น คือ อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate) หรือ เอทีพี (ATP) และ ครีเอทีน ฟอสเฟต (Creatine phosphate) หรือ ซีพี (CP) เนื่องจากสารสองชนิดนี้มีจำนวนจำกัดในกล้ามเนื้อ ดังนั้น สารดังกล่าวจะลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากผ่านไปประมาณ 10 นาที (Stepto et al., 2002) ในขณะที่เอทีพีและซีพีเริ่มลดน้อยลง แหล่งพลังงานของกล้ามเนื้อจะเริ่มเปลี่ยนเป็นการใช้ไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ (Glycogen-store carbohydrate in muscle) หากการออกกำลังกายยังคงดำเนินต่อไป ภายในไม่กี่นาทีที่ต่อมา กล้ามเนื้อจะใช้เอทีพีที่เกิดจากการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตและไขมันกับออกซิเจนอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น หากร่างกายใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นคาร์โบไฮเดรตลดลงร่างกายก็จะใช้ไขมันเป็นแหล่งของพลังงานมากขึ้น ดังนั้นเมื่อแหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะไกลโคเจนในกล้ามเนื้อถูกใช้จนเกือบหมด ไขมันก็จะกลายเป็นแหล่งพลังงานที่ใหญ่ที่สุด (Anderson et al., 2007; Achten et al., 2002)

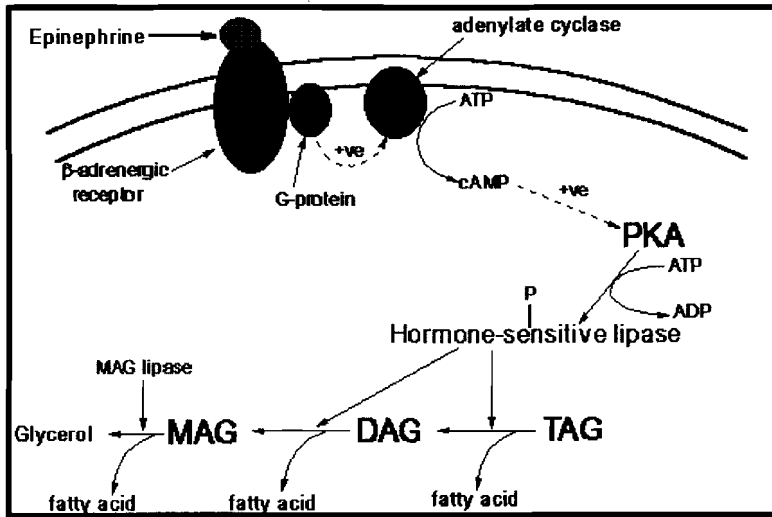
อัตราส่วนของการใช้คาร์โบไฮเดรต และไขมัน จะแปรผันตามความหนักเบาของการออกกำลังกาย (Intensity of effort) พบว่าการออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำ (low-intensity exercise) หรือระดับที่หัวใจเต้นร้อยละ 40 ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด จะเป็นช่วงที่ไขมันถูกเผาผลาญไปใช้เป็นพลังงานมากที่สุด เกือบทั้งหมดของพลังงานที่ใช้ในช่วงนี้ (Energy expenditure, EE) เป็นจำนวนแคลอรีที่ถูกเผาผลาญต่อนาทีมาจากไขมัน และจะลดลงเหลือประมาณร้อยละ 50 ของพลังงานใช้ในการออกกำลังกายที่ความหนักระดับปานกลาง (Moderate-intensity exercise) หรือระดับที่หัวใจ

เดินร้อยละ 75 ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด อย่างไรก็ตาม พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการออกกำลังกายระดับปานกลางมากกว่าการออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำ จึงมีการใช้ไขมันเป็นพลังงานมากกว่าด้วย (LeMura LM, Maziekas MT., 2002)

ขบวนการเผาผลาญไขมันขณะออกกำลังกาย

แหล่งของกรดไขมันที่สำคัญที่จะเข้าสู่ขบวนการออกซิเดชัน (Oxidation) ได้จากอาหารที่บริโภคเข้าไป และไขมันที่เก็บตามบริเวณต่างๆ ของร่างกาย กรดไขมันที่ได้จากอาหาร จะถูกย่อยที่กระเพาะและ

ดูดซึมที่ลำไส้เล็กแล้วขนส่งสู่เซลล์โดยเลือด จากนั้นกรดไขมันจะอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่อยู่ในเซลล์สร้างไขมัน ในขณะที่ร่างกายต้องการพลังงาน ไตรกลีเซอไรด์จะถูกเคลื่อนย้ายไปยังเนื้อเยื่อปลายทางที่ต้องการพลังงานนั้น การหลั่งสารพลังงานในรูปของกรดไขมันนี้ ควบคุมโดยวัฏจักรที่ซับซ้อนซึ่งเป็นผลของการทำงานของฮอร์โมนชนิดที่ไวต่อไขมัน (Hormone-sensitive lipase) โดยมีกลูคากอน (Glucagon) อีพิเนฟริน (Epinephrine) หรือ บีตาคอร์ติโคโทรฟิน (Beta-corticotrophine) เป็นตัวกระตุ้นวัฏจักรนี้ (ดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงการเคลื่อนตัวของกรดไขมันซึ่งถูกเหนี่ยวนำโดยฮอร์โมน (Michael W. King., 2001)

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Bonen et al., 2006)

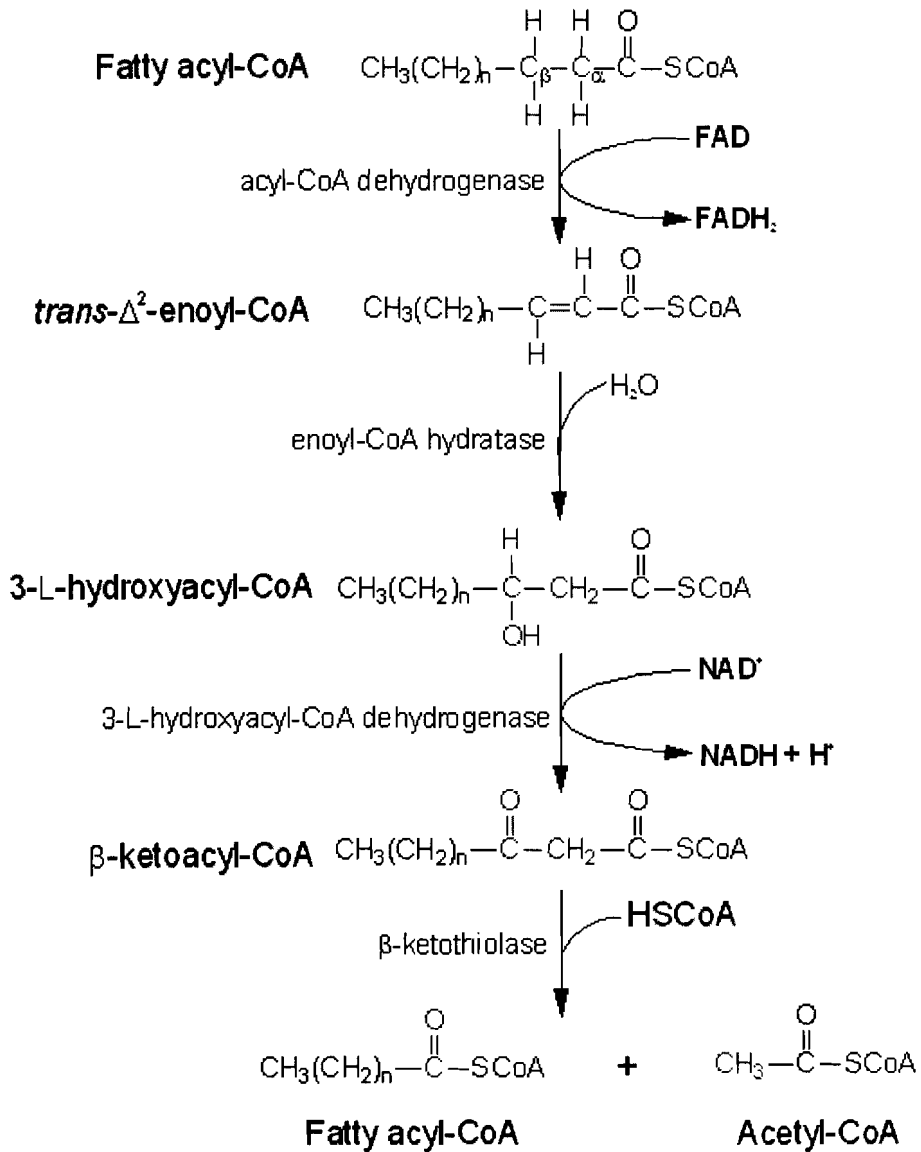
กรดไขมันถูกกระตุ้นที่ไซโตพลาสซึม จากนั้นจะถูกออกซิไดซ์ที่ไมโทคอนเดรีย โดยอาศัยเอนไซม์

ไทโอไคเนส (Thiokinase) ดังสมการ



กระบวนการออกซิเดชันของกรดไขมัน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ปฏิกิริยาบีตาออกซิเดชัน (β -Oxidation) แต่ละรอบของกระบวนการนี้สร้าง NADH 1 โมล FADH₂ 1 โมล และ Acetyl-CoA 1 โมล (ดังภาพที่ 2) หลังจากนั้น Acetyl-CoA ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของบีตาออกซิเดชันจะเข้าสู่

วัฏจักรเครบส์ (krebs' cycle) ซึ่งจะสังเคราะห์จนได้ CO₂ และ NADH 3 โมล FADH₂ 1 โมล และ 1 เอทีพี โดยที่ NADH และ FADH₂ ที่สร้างจากปฏิกิริยาบีตาออกซิเดชันและปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Acetyl-CoA ในวัฏจักรเครบส์ จะเข้าสู่ระบบหายใจเพื่อสร้างเอทีพีต่อไป



ภาพที่ 2 แสดงปฏิกิริยาตัดออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาการเผาผลาญกรดโอเลอิก (Oleic acid) 1 โมล ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอน 18 อะตอม สามารถสร้างเอทีพีได้ทั้งสิ้น 146 โมล ในขณะที่การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม

เท่ากันจะให้เอทีพีเพียง 114 โมล ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปฏิกิริยาการเผาผลาญของกรดไขมันให้พลังงานต่อหนึ่งคาร์บอนอะตอมมากกว่าคาร์โบไฮเดรต

ปัจจัยที่มีผลต่อการเผาผลาญไขมัน

1) ระดับความหนักเบาของการออกกำลังกาย
ระดับความหนักเบาของการออกกำลังกาย (ตารางที่ 1) สามารถพิจารณาได้จาก ระดับความเหนื่อยของการกิจกรรมนั้นๆ (Borg's rate of perceive exertion; Borg RPE) (รูปที่ 3) หรือพิจารณาจากระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption; VO₂max) หรือพิจารณาจากเอ็มอีที (Metabolic equivalent; MET) โดย 1 เอ็มอีที หมายถึง ปริมาณ

ออกซิเจน 3.5 มล./กก.นาที ซึ่งร่างกายใช้ในขณะพัก ถ้าร่างกายออกกำลังกายโดยใช้ปริมาณออกซิเจน 7.0 มล./กก.นาที จะมีค่าเป็น 2 เท่าของออกซิเจนที่ร่างกายใช้ในขณะพัก หรือ 2 เอ็มอีที หรือพิจารณาจากระดับเทียบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด = 220 - อายุ

ระดับความหนักเบาของการออกกำลังกาย	ระดับความเหนื่อย (RPE scale)	ระดับการใช้ ออกซิเจน (VO ₂ max, %)	ระดับเอ็มอีที (Metabolic Equivalent; MET)	ระดับเทียบอัตรา การเต้นของ หัวใจสูงสุด (HR.max, %)
เบามาก	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 20	น้อยกว่า 2	น้อยกว่า 35
เบา	10-11	20 - 39	2 - 4	35 - 54
ปานกลาง	12-13	40 - 59	4 - 8	55 - 69
หนัก	14-16	60 - 84	9 - 12	70 - 89
หนักมาก	17 - 19	มากกว่า 85	12 - 15	มากกว่า 90
หนักมากที่สุด	20	100	มากกว่า 15	100

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งระดับความหนักเบาของการออกกำลังกาย

บาสสมิและคณะ ในปี 2007 พบว่า การออกกำลังกายระดับความหนักปานกลาง ถึงค่อนข้างหนัก เป็นเวลา 30 นาที เพิ่มการเผาผลาญไขมันเป็นพลังงานมากขึ้น โดยทำการทดลองในชายสูงอายุสุขภาพดีที่เป็นนักกีฬา อายุเฉลี่ย 63.7 ปี ปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 50, 60 และ 70% VO₂max

เป็นเวลา 30 นาที และไม่เป็นนักกีฬา อายุเฉลี่ย 63.5 ปี ปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 60 และ 70% VO₂max เป็นเวลา 30 นาที ผลการทดลองพบว่า การเผาผลาญไขมันเพิ่มขึ้นในการออกกำลังกายทั้งสองกลุ่ม (Bassamiet al., 2007)

ฮัตเตอร์สันและคณะ ในปี 2007 ได้ทำการศึกษาการเผาผลาญไขมันหลังออกกำลังกาย ด้วยวิธีวัดระดับเมตาบอลิซึมหลังจากออกกำลังกายที่ 45% VO_{2max} เป็นเวลา 90 นาที และวัดระดับเมตาบอลิซึมหลังจากออกกำลังกายที่ 65% VO_{2max} เป็นเวลา 90 นาที ในผู้ชายจำนวน 10 คนและผู้หญิงจำนวน 8 คน พบว่าระหว่างการออกกำลังกายเพศหญิงจะมีการเผาผลาญไขมันเป็นพลังงานสูงกว่า มากกว่านั้นพบว่าในเพศชายหลังจากการออกกำลังกายเสร็จสิ้น จะมีการเผาผลาญไขมันเป็นพลังงานในระดับสูงอย่างต่อเนื่องต่อไปอีก (Henderson et al., 2007)

นอกจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิคที่มีการเผาผลาญไขมันมาเป็นพลังงานแล้ว การออกกำลังกาย

แบบมีแรงต้านก็สามารถดึงเอาไขมันมาเผาผลาญทำให้เกิดพลังงานได้เช่นกัน จากการศึกษาที่เกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านกับระดับการเผาผลาญไขมันในชายสุขภาพดี 8 คน อายุเฉลี่ย 24 ปี โดยมีประวัติการออกกำลังกายแบบแรงต้านอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 2 ปี ทดลองโดยการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านทั่วทั้งร่างกาย ผลพบว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านนั้นทำให้มีปริมาณการสะสมไขมันในร่างกายลดน้อยลง เนื่องจากการออกกำลังกายรูปแบบดังกล่าวมีการใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานด้วยเช่นเดียวกับการออกกำลังกาย แบบแอโรบิค (Ormsbee et al., 2007)

06	รู้สึกสบายมาก
07	
08	
09	รู้สึกสบาย
10	
11	รู้สึกค่อนข้างสบาย
12	
13	รู้สึกเหนื่อยเล็กน้อย
14	
15	รู้สึกเหนื่อย
16	
17	รู้สึกเหนื่อยมาก
18	
19	รู้สึกหมดแรง
20	

ตารางที่ 2 แสดง Borg's RPE scale

การศึกษาเกี่ยวกับอัตราการเผาผลาญไขมันสูงสุด (Maximal fat oxidation rates) ในผู้หญิงที่ได้รับการออกกำลังกายแบบทนทานจำนวน 8 คน และผู้หญิงไม่ได้รับการฝึกฝนใด ๆ จำนวน 9 คน โดยให้ทั้งสองกลุ่ม ปั่นจักรยานที่ 120–180 วัตต์ จนกระทั่งหมดแรง ผลปรากฏว่า ผู้หญิงที่ได้รับการฝึกจะมีการเผาผลาญไขมันที่การออกกำลังกายระดับปานกลาง – หนัก สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกฝน นอกจากนี้ยังพบว่า ทั้งสองกลุ่ม มีการเผาผลาญไขมันสูงสุด ที่ระดับความหนักของการออกกำลังกายเดียวกัน

การศึกษามผลของการลดน้ำหนักด้วยการออกกำลังกายระดับเบา (Low-intensity exercise) กับไม่ได้ออกกำลังกายต่อการเผาผลาญไขมันในชายอ้วนสุขภาพดี 24 คน โดยแบ่งเป็น กลุ่มที่ออกกำลังกายอย่างเบาที่ระดับ $40\% \text{VO}_{2\text{max}}$ จำนวน 8 คน กลุ่มที่ออกกำลังกายอย่างหนักที่ระดับ $70\% \text{VO}_{2\text{max}}$ จำนวน 8 คน และกลุ่มไม่มีการออกกำลังกาย 8 คน พบว่าในระหว่างการออกกำลังกาย กลุ่มที่ออกกำลังกายอย่างหนักและระดับเบาเผาผลาญไขมันเป็นพลังงานในปริมาณใกล้เคียงกัน แต่หลังการออกกำลังกายสิ้นสุดลงพบว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายระดับเบามีการเผาผลาญไขมันมากขึ้น (Van Aggel-Leijssen et al., 2002)

การศึกษาหาระดับความหนักของการออกกำลังกาย ที่ทำให้นักกีฬาอาชีพ สามารถเผาผลาญไขมันได้มากที่สุด ทดลองในนักปั่นจักรยานจำนวน 18 คน โดยให้ค่อยๆ เพิ่มน้ำหนักในการปั่นจักรยานทุกๆ 5 นาที ที่ 35 วัตต์ จนกระทั่งหมดแรง และวันรุ่งขึ้นให้ปั่นจักรยานที่น้ำหนักคงที่ เป็นเวลานาน พบว่า การเผาผลาญสูงสุดของไขมันในการออกกำลังกายทั้งสองแบบ ไม่มีความแตกต่าง (Achten et al., 2002)

การศึกษามผลของการลดน้ำหนักด้วยการออกกำลังกายร่วมกับการควบคุมอาหารต่อระดับการเผาผลาญไขมันในผู้ชายอ้วนจำนวน 40 คน โดยแบ่งเป็น กลุ่มควบคุมอาหารเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ จำนวน 20 คน กลุ่มควบคุมอาหาร และออกกำลังกายอย่างเบา ($40\% \text{VO}_{2\text{max}}$) ด้วยการปั่นจักรยาน เป็นเวลา 12 สัปดาห์, 4 ครั้ง/สัปดาห์, 1 ชั่วโมง/ครั้ง

จำนวน 20 คน ผลการทดลองพบว่า ทั้งสองกลุ่ม น้ำหนักลดลง และไขมันลดลง อย่างมีนัยสำคัญ (van Aggel-Leijssen et al., 2001)

มีการศึกษาในวัยรุ่นสุขภาพดี โดยให้ปั่นจักรยาน 2 ชั่วโมง พบว่ากรดไขมันอิสระในพลาสมาลดลง และไม่ได้เป็นแหล่งพลังงานหลักในช่วงออกกำลังกาย นอกจากนี้ยังพบว่าไตรกลีเซอไรด์ในกล้ามเนื้อมีบทบาทสำคัญในการเผาผลาญกรดไขมัน (Martin WH., 1997) การศึกษาในชายสุขภาพดี 5 คน โดยให้ออกกำลังกายที่ 25, 65, 85% $\text{VO}_{2\text{max}}$ พบว่า การเผาผลาญไขมันเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ $40\% \text{VO}_{2\text{max}}$ (Romijn et al., 1997)

การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการเผาผลาญไขมันในการออกกำลังกายอย่างเบาที่ $40\% \text{VO}_{2\text{max}}$ เป็นเวลา 60 นาที และออกกำลังกายอย่างหนัก ที่ $80\% \text{VO}_{2\text{max}}$ 30 นาที 2 รอบ พบว่า การเผาผลาญกรดไขมันอิสระสุทธิเท่ากันทั้งสองการทดลอง และระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนัก การเผาผลาญไขมันมีแนวโน้มลดลง (Sidossis et al., 1997)

การศึกษากการเผาผลาญไขมันระหว่างการออกกำลังกายอย่างเบาในกลุ่มนักกีฬาจำนวน 5 คน อายุเฉลี่ย 30 ปีและที่ไม่นักกีฬาจำนวน 5 คน อายุเฉลี่ย 28 ปี โดยให้ทั้งสองกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่งสายพานใช้ที่ระดับของการใช้ออกซิเจน 20 มล./กก.นาที เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ในเลือดเพิ่มสูงขึ้น ตลอด 4 ชั่วโมงของการออกกำลังกาย เริ่มเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนในนาทีที่ 120 (Klein et al., 1994)

2)สมรรถภาพทางร่างกายของผู้ออกกำลังกาย

จากการวิจัยพบว่า คนที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย หากต้องการเผาผลาญไขมันให้ได้มากที่สุดระหว่างการออกกำลังกายแบบแอโรบิค (Aerobic exercise) ต้องฝึกที่ระดับความหนักต่ำกว่าจุดวิกฤติของกรดแลคเตท (Lactate threshold, (LT)) หรือให้หัวใจเต้นร้อยละ 70–75 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด สำหรับนักกีฬาหรือคนที่ออกกำลังกายเป็นประจำ การเผาผลาญไขมันสูงสุดจะอยู่ในช่วงที่หัวใจเต้นร้อยละ 80–90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Stisen et al., 2006)

ณ จุดที่ต่ำกว่าระดับวิกฤติของกรดแลคเตทนี้ เป็นการ ใช้พลังงานร่วมกันระหว่างคาร์โบไฮเดรตและไขมัน และถ้าระดับความหนักของการออกกำลังกายสูงกว่านี้ แหล่งพลังงานทั้งหมดมาจากคาร์โบไฮเดรตเพียง อย่างเดียว (Gundersen et al., 2006; Jason et al., 2001)

ไขมันจากเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose tissue) ในร่างกายจะถูกใช้ไปเล็กน้อยในขณะออกกำลังกาย และหลังการออกกำลังกาย การที่ไขมันจะเคลื่อนย้าย มาและเกิดการออกซิเดชันหลังการออกกำลังกายนั้นขึ้น อยู่กับความหนักของการฝึกระหว่างออกกำลังกาย จาก การศึกษาพบว่า หลังการออกกำลังกายอย่างหนัก (High-intensity) มีการเพิ่มการเคลื่อนตัวของไขมันและ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากกว่าการออกกำลังกาย อย่างเบา (Low-intensity) (Coyle et al., 1997) เนื่องจากร่างกายได้ใช้คาร์โบไฮเดรตหมดแล้วใน ขณะออกกำลังกายอย่างหนัก จึงมีการใช้ไขมันมากขึ้น หลังการออกกำลังกาย (Bonen et al., 2006) โดย ทั่วไปโปรตีนมักจะไม่ถูกพุดถึงในการใช้เป็นแหล่ง พลังงานขณะออกกำลังกาย เนื่องจากพลังงานจาก โปรตีนน้อยมาก คือประมาณร้อยละ 5 -10 ของ พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการออกกำลังกาย แต่อย่างไร ก็ตามโปรตีนก็จะกลายเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญเมื่อ แหล่งพลังงานหลักถูกใช้ไปจนหมด (Yaspelkis et al., 2002)

3) ประเภทของการออกกำลังกาย

ในกรณีที่ต้องออกกำลังกายเป็นระยะ เวลานานๆ ร่างกายใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตที่ สะสมไว้ในกล้ามเนื้อ พบว่าแหล่งพลังงานดังกล่าวทำ ให้มนุษย์สามารถออกกำลังกายในระดับปานกลาง (Moderate-intensity) ได้นานถึง 2 ชั่วโมง เช่นใน การวิ่งมาราธอน เป็นต้น

ระหว่างการออกกำลังกายแบบแอโรบิคที่ ระดับต่ำกว่าวิกฤติของกรดแลคเตท ทั้งไขมันและคาร์โบ ไฮเดรตจะถูกใช้เป็นพลังงาน และระหว่างที่การออก กกำลังกายแบบมีแรงต้านที่น้ำหนัก (Load) ไม่เบาเกิน ไป คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่กล้ามเนื้อ

จะต้องออกมาใช้ มีแนวคิดที่น่าสนใจเกี่ยวกับการออก กกำลังกายแบบใดแบบหนึ่งก่อนแล้วตามด้วยอีกแบบว่าจะส่ง ผลต่อการใช้พลังงานของร่างกายอย่างไร ผู้ฝึกนักกีฬา จำนวนไม่น้อยคิดว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านก่อน การฝึกแบบ แอโรบิคจะทำให้เกิดการใช้ไขมันใน ขณะออกกำลังกายแบบแอโรบิคมากขึ้นเป็นทวีคูณ (Fulton et al., 2001) เนื่องจากระดับคาร์โบไฮเดรต ได้ลดลงจากการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านไปแล้ว อย่างไรก็ตาม การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านอาจ จะไม่ทำให้ระดับคาร์โบไฮเดรตลดลงก็ได้ เนื่องจากการ ฝึกส่วนใหญ่มีช่วงเวลาพัก ถ้าการฝึกยาวนานและหนัก เพียงพอจึงสามารถลดระดับคาร์โบไฮเดรตลงได้ แต่ อย่างไรก็ตามก็ดี ขณะที่นักกีฬาอยู่ในภาวะพร่องไกลโคเจน (Glycogen-deplete state) แล้วให้ออกกำลังกายแบบ แอโรบิค เช่น การวิ่ง อาจทำให้กล้ามเนื้อล้า และ ประสิทธิภาพของการแข่งขันอาจน้อยลงได้ (Stisen et al., 2006)

นอกจากการออกกำลังกายจะมีผลต่อระดับ การเผาผลาญไขมันเป็นพลังงานแล้ว ยังส่งผลต่อ สุขภาพในด้านอื่นๆ ด้วย เช่น การออกกำลังกายแบบ มีแรงต้าน มีผลให้ระบบกล้ามเนื้อและกระดูกแข็งแรง และยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น และเพิ่มความหนาแน่นของกระดูก (Horowitz et al., 1997) อย่างไรก็ตาม การออกกำลังกาย แบบแอโรบิคสามารถได้รับประโยชน์ของการออก กกำลังกายแบบมีแรงต้านได้เช่นกัน เช่น เมื่อออกกำลังกาย แบบแอโรบิค จะพบว่ากระดูกมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น มวลกล้ามเนื้อก็เพิ่มขึ้นด้วย (Newton et al., 2002; Mulla et al., 2000) และในการออกแบบมีแรงต้าน พบว่าสามารถเพิ่มความสามารของกล้ามเนื้อและการ ทำงานของระบบหัวใจที่ขึ้นด้วย (Ormsbee et al., 2007; Henderson et al., 2007)

อย่างไร ก็ตาม ในการฝึกการออกกำลังกาย ต้องคำนึงถึงสมรรถภาพทางร่างกายด้านอื่นด้วย ไม่เพียงแต่สนใจเฉพาะเรื่องการเผาผลาญไขมันเพื่อลด ปริมาณไขมันในร่างกาย ความแข็งแรงและความ ทนทานกล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อลาย รวมถึงความ ยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ กระดูกและข้อต่อก็มีความสำคัญ ด้วยเช่นเดียวกัน

บทสรุป

แหล่งพลังงานสำคัญที่ใช้ในการออกกำลังกาย คือ ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ในคนที่มีไขมันสะสมในส่วนของร่างกายมาก หากต้องการเพิ่มการเผาผลาญไขมันที่สะสมในร่างกาย จำเป็นต้องออกกำลังกายแบบแอโรบิคที่ระดับความหนักเบาถึงปานกลาง ด้วยระยะเวลา 30 นาทีขึ้นไป เป็นเวลา 3 ครั้งหรือมากกว่าต่อสัปดาห์ นอกจากนี้จะได้รูปร่างที่ดีขึ้นแล้ว

การทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบกล้ามเนื้อจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านที่มีน้ำหนักไม่น้อยเกินไป ซึ่งมีส่วนเพิ่มการเผาผลาญไขมันให้มากขึ้นได้อีก รวมทั้งทำให้กล้ามเนื้อกระชับ ได้สัดส่วน และแข็งแรงขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Achten J, Gleeson M, Jeukendrup AE.(2002). Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. **Med Sci Sports Exerc**, 34 (1), 92-97.
- Bassami M, Ahmadizad S, Doran D, Maclaren DP. (2007). Effects of exercise intensity and duration on fat metabolism in trained and untrained older males. **Eur J Appl Physiol**, 101 (4), 525-532.
- Bonen A, Dohm GL, van Loon LJ.(2006). Lipid metabolism, exercise and insulin action. **Essays Biochem**, 42 (1), 47-59.
- Coyle EF, Jeukendrup AE, Wagenmakers AJ, Saris WH. (1997). Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. **Am J Physiol**, 273 (2 Pt 1), E268-275.
- Fulton JE, Mâsse LC, Tortolero SR, Watson KB, Heesch KC, Kohl HW 3rd, Blair SN, Caspersen CJ.(2001). Field evaluation of energy expenditure from continuous and intermittent walking in women. **Med Sci Sports Exerc**, 33 (1), 163-170.
- Gunderson H, Wehmeyer N, Burnett D, Nauman J, Hartzell C, Savage S.(1996). Exercise and exhaustion effects on glycogen synthesis pathways. **J Appl Physiol**, 81(5), 2020-2026.
- Gunn SM, Brooks AG, Withers RT, Gore CJ, Owen N, Booth ML, Bauman AE.(2002). Determining energy expenditure during some household and garden tasks. **Med Sci Sports Exerc**, 34(5), 895-902.
- Häkkinen K, Kraemer WJ, Pakarinen A, Triplett-McBride T, McBride JM, Häkkinen A, Alen M, McGuigan MR, Bronks R, Newton RU. (2002). Effects of heavy resistance/power training on maximal strength, muscle morphology, and hormonal response patterns in 60-75-year-old men and women. **Can J Appl Physiol**, 27 (3), 213-231.
- Klein S, Coyle EF, Wolfe RR.(1994). Fat metabolism during low-intensity exercise in endurance-trained and untrained men. **Am J Physiol**, 267 (6 Pt 1), E934-940.
- LeMura LM, Maziakas MT.(2002) Factors that alter body fat, body mass, and fat-free mass in pediatric obesity. **Med Sci Sports Exerc**, 34 (3), 487-496.

- Martin WH.(1997). Effect of endurance training on fatty acid metabolism during whole body exercise. **Med Sci Sports Exerc**, 29 (5), 635-639.
- Melanson EL, Sharp TA, Seagle HM, Horton TJ, Donahoo WT, Grunwald GK, Hamilton JT, Hill JO. (2002). Effect of exercise intensity on 24-h energy expenditure and nutrient oxidation. **J Appl Physiol**, 92(3), 1045-1052.
- Michael W. King (2001). Mobilization of fat store: Medical Biochemistry.
<http://themedicalbiochemistrypage.org/fatty-acid-oxidation.html>.
Retrieved on October1, 2008.
- Mulla NA, Simonsen L, Bulow J. (2000). Post-exercise adipose tissue and skeletal muscle lipid metabolism in humans: the effects of exercise intensity. **J Physiol**, 524(1),919-928.
- Newton RU, Hakkinen K, Hakkinen A, McCormick M, Volek J, Kraemer WJ. (2002). Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. **Med Sci Sports Exerc**,34(8), 1367-1375.
- Ormsbee MJ, Thyfault JP, Johnson EA, Kraus RM, Choi MD, Hickner RC. (2007). Fat metabolism and acute resistance exercise in trained men. **J Appl Physiol**, 102(5),1767-1772.
- Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Rosenblatt J, Wolfe RR. (2000). Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. **J Appl Physiol**, 88(5),1707-1714.
- Sidossis LS, Gastaldelli A, Klein S, Wolfe RR. (1997). Regulation of plasma fatty acid oxidation during low- and high-intensity exercise. **Am J Physiol**, 272 (6 Pt 1), E1065-1070.
- Stepito NK, Carey AL, Staudacher HM, Cummings NK, Burke LM, Hawley JA.(2002). Effect of short-term fat adaptation on high-intensity training. **Med Sci Sports Exerc**, 34(3),449-455.
- Stisen AB, Stougaard O, Langfort J, Helge JW, Sahlin K, Madsen K.(2006). Maximal fat oxidation rates in endurance trained and untrained women. **Eur J Appl Physiol**, 98(5), 497-506.
- van Aggel-Leijssen DP, Saris WH, Hul GB, van Baak MA.(2001). Short-term effects of weight loss with or without low-intensity exercise training on fat metabolism in obese men. **Am J Clin Nutr**, 73(3), 523-531.
- Vincent KR, Vincent HK, Braith RW, Lennon SL, Lowenthal DT.(2002). Resistance exercise training attenuates exercise-induced lipid peroxidation in the elderly. **Eur J Appl Physiol**, 87(4-5), 416-423.
- Yaspelkis BB 3rd, Singh MK, Trevino B, Krisan AD, Collins DE.(2002). Resistance training increases glucose uptake and transport in rat skeletal muscle. **Acta Physiol Scand**, 175 (4), 315-523.