

Thesis Title	Assessment of Appropriate Proportion of Carbohydrate and Fat on Endurance in Rats	
Author	Miss Opor Veerapun	
M.Sc.	Physiology	
Examining Committee :		
	Asst. Prof. Dr. Anchalee Pongchidecha	Chairman
	Lect. Dr. Udompun Khansuwan	Member
	Asst. Prof. Dr. Chucheep Praputpittaya	Member
	Lect. Dr. Sukanya Linpisarn	Member

### ABSTRACT

One of important factors to improve endurance performance is the diet. Appropriate nutrition can give rise the athletes to optimal endurance performance. During exercise, energy used by working skeletal muscles comes from two primary substrates, fat and carbohydrate. Whether or not proportion of fat and carbohydrate in diets has significant roles in endurance performance has not been elucidated. The purpose of this study is to assess the appropriate dietary regimen necessary for optimal exercise performance in trained rats. Male, Sprague-Dawley, rats were assigned to high carbohydrate (HC) and high fat diet (HF) groups. The rats in HC group fed with isocaloric high carbohydrate diet (CHO 80% total energy content in the diet, %E, and fat 0%E) and those in HF

group received isocaloric high fat diet (CHO 5%E, fat 75%E) for 8 weeks. Simultaneously, exercise training was performed on treadmill 5 days/week. At the end of the 8<sup>th</sup> week rats in each group were divided into 4 subgroups; HC, HCI, HCII, HCIII and HF, HFI, HFII and HFIII, respectively. All rats were fed with isocaloric diets of different proportion of carbohydrate and fat and were trained for 12 additional days. The HC and HF subgroups were kept on feeding with the same diet as before, HCI and HFI consumed formula I diet (66%E CHO, 14%E fat), HCII and HFII consumed formula II diet (62%E CHO, 18%E fat) and HCIII and HFIII were fed on formula III diet (59%E CHO, 20%E fat). On the 12<sup>th</sup> day, one half of rats in each subgroup were run to exhaustion, whereas the remaining rats were kept resting. The results demonstrated that after 8 week training there was no significant difference in growth rate between HC and HF groups although weight gain of rats in HF group was 10% higher. The fitness of rats, as indicated by reductions of resting systolic blood pressure and heart rate, were similar between the two dietary groups. The resting plasma glucose and serum triglyceride levels apparently increased and cholesterol levels significantly decreased in rats consumed high carbohydrate diet. In contrast, the high fat diet had little effect on plasma glucose levels whereas serum triglyceride and cholesterol levels markedly increased. The endurance capacity as indicated by maximal oxygen consumption ( $Vo_{2max}$ ) and endurance time were greater in HF group than in HC group.

Supplementation of diets with increasing fat contents to the high carbohydrate pre-fed rats increased endurance performance and the

increment was in the order of HC<HCI<HCII<HCIII. The greater increased endurance of rats in HCIII subgroup was due to a shift of energy substrate from carbohydrate to fat during exercise as suggesting by an increased utilization rate of blood triglyceride and decreased utilization rate of blood glucose. The aerobic endurance performance of high fat pre-fed rats consuming diet with different proportion of fat to carbohydrate contents was superior to the HC's subgroups. In addition to markedly increased  $Vo_{2max}$ , the utilization rate of blood triglyceride remained high in all HF's subgroups. The most extended endurance time seen in high fat pre-fed rats received formula III diets indicated that dietary carbohydrate availability was essential for endurance exercise.

The present study suggested that a suitable diet for maximal aerobic endurance should contain appropriate proportion of carbohydrate and fat. The formula III diet containing 59%E carbohydrate and 20%E fat gave rise to metabolic adaptation resulting in optimal endurance performance. The increased endurance was more effective after adaptation to high fat diet than to high carbohydrate diet.

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การศึกษาสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและไขมันที่เหมาะสมในอาหารต่อการฝึกเพื่อสร้างความทนทานในหนูขาว	
ชื่อผู้เขียน	นางสาว โอปอร์ วีรพันธ์ุ์	
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต	สาขาวิชาสัตววิทยา	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ :	ผศ.ดร. อัญชลี พงศ์ชัยเดชา อ.ดร. อุดมภักดิ์ ขาลสุวรรณ ผศ.ดร. ชูชีพ ประพุทธพิทยา อ.ดร. สุกัญญา ลินพิศาล	ประธานกรรมการ กรรมการ กรรมการ กรรมการ

### บทคัดย่อ

สารอาหารนับเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความทนทานในการออกกำลังกาย โดยเฉพาะอาหารประเภทไขมันและคาร์โบไฮเดรต ซึ่งจัดว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะที่ออกกำลังกาย แต่เนื่องจากสัดส่วนของอาหารที่เหมาะสมต่อความทนทานในการออกกำลังกายยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน การวิจัยครั้งนี้จึงจัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงสัดส่วนของอาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกาย โดยได้ทำการศึกษาในหนูขาวเพศผู้พันธุ์ Sprague-Dawley นำมาแบ่งแบบสุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มบริโภคอาหารที่มีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูง (HC) ซึ่งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 80 และไขมัน ร้อยละ 0 ของพลังงานทั้งหมดในอาหารและกลุ่มบริโภคอาหารที่มีไขมันสูง (HF) ซึ่งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 5 และไขมัน ร้อยละ 75 สำหรับอาหารที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะมีค่าของคาลอรีเท่ากันในทุกๆสูตรอาหาร สัตว์ทดลองจะได้รับการฝึกออกกำลังกายโดยการวิ่งบน treadmill 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8 นำสัตว์ทดลองทั้ง 2 กลุ่มมาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อยคือ กลุ่ม HC, HCI, HCII, HCIII และ HF, HFI, HFII, HFIII แต่ละกลุ่มย่อยจะได้รับอาหารที่มีสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและไขมันแตกต่างกัน กลุ่ม HC และ HF ยังคงได้รับอาหารเหมือนที่ได้รับใน 8 สัปดาห์แรกกลุ่ม HCI และ HFI ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 66 ไขมัน ร้อยละ 14 กลุ่ม HCII และ HFII ได้รับอาหารสูตรที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 62 ไขมัน

มัน ร้อยละ 18 และ กลุ่ม HCIII และ HFIII ได้รับอาหารสูตรที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 59 ไขมัน ร้อยละ 20 โดยใช้เวลาในการศึกษาในระยะที่สองนี้ 11 วัน ในระยะเวลาที่สัตว์ทดลองยังคงได้รับการฝึกการออกกำลังกายเหมือนกับที่ได้รับในสัปดาห์ที่ 8 ในวันที่ 12 ของการทดลองในระยะที่สองจะแบ่งสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่มย่อยออกเป็น กลุ่มที่ไม่ต้องทำการออกกำลังกาย (กลุ่ม rest) และกลุ่มที่ต้องทำการออกกำลังกายไปจนกระทั่งไม่สามารถที่จะออกกำลังกายต่อไปได้อีก (กลุ่ม exhaustion)

ผลการทดลองพบว่า หลังจากออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ อัตราการเจริญเติบโตของสัตว์ทดลองในกลุ่ม HC และ HF ไม่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าสัตว์ทดลองในกลุ่ม HF จะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวมากกว่าร้อยละ 10 การลดลงของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่พักของสัตว์ทดลองทั้งสองกลุ่มเป็นการบ่งชี้ว่าสัตว์ทดลองทั้งสองกลุ่มนี้มีสมรรถภาพดีขึ้นภายหลังได้รับการฝึกการออกกำลังกายการบริโภคอาหารที่มีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตสูง ส่งผลให้ปริมาณของกลูโคสและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดเพิ่มสูงขึ้น แต่มีการลดลงของปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือดอย่างมีนัยสำคัญ ในทางตรงกันข้ามการบริโภคอาหารไขมันสูง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกลูโคสในเลือด แต่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณไตรกลีเซอไรด์และโคเลสเตอรอลอย่างมีนัยสำคัญ และที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือสัตว์ทดลองในกลุ่ม HF มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังกาย ( $Vo_{2max}$ ) และความทนทานในการออกกำลังกายมากกว่ากลุ่ม HC

ผลการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและไขมันในอาหารพบว่าสัตว์ทดลองที่เคยได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงมาก่อน เมื่อเพิ่มปริมาณของไขมันในอาหารจะมีผลเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกาย โดยมีการเพิ่มขึ้นมากที่สุดในกลุ่ม HCIII รองลงมาคือกลุ่ม HCII, HCI และ HC ตามลำดับคาดว่าเป็นผลจากกล้ามเนื้อมีการปรับเปลี่ยนจากการใช้คาร์โบไฮเดรตไปใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานซึ่งยืนยันได้จากการเพิ่มขึ้นของอัตราการออกซิเดชันไตรกลีเซอไรด์ ร่วมกับมีการลดลงของอัตราการเผาผลาญกลูโคสในขณะที่ออกกำลังกาย การให้อาหารที่มีสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและไขมันแตกต่างกัน ในสัตว์ทดลองที่เคยได้รับอาหารไขมันสูงมาก่อนจะมีผลเพิ่ม  $Vo_{2max}$  และความทนทานในการออกกำลังกายมากกว่าสัตว์ทดลองในกลุ่มที่เคยได้รับอาหารคาร์โบไฮเดรตสูง อัตราการออกซิเดชันไตรกลีเซอไรด์ขณะออกกำลังกายของกลุ่มดังกล่าวยังคงอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้พบว่าความทนทานในการออกกำลังกายมีการเพิ่มขึ้นมากที่สุดในกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่- 3 ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่า สัดส่วนคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารมีความจำเป็นต่อการเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกาย

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่ประกอบด้วยสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรต และไขมันที่เหมาะสมนั้นจะมีผลช่วยเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกายที่เหมาะสมที่สุด อาหารสูตรที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 59 และไขมัน ร้อยละ 20 มีผลทำให้มีการปรับเปลี่ยนของขบวนการเมตาบอลิซึมภายในกล้ามเนื้อและส่งผลให้มีการเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกายโดยเฉพาะเมื่อได้รับการบริโภคอาหารที่มีส่วนประกอบของไขมันสูงมาก่อน