

## อาหารฟังก์ชันสำหรับนักกีฬา

### Function Food for Athletes

ปวีณา จันดาชาติ<sup>1</sup>, ฌณ์ภัทรวรรณ ธนาพงษ์อ่อน<sup>2</sup>

Paveena Jandachat<sup>1</sup>, Napatsawan Thanaphonganan<sup>2</sup>

Received: 13 July 2014 ; Accepted: 31 October 2014

#### บทคัดย่อ

โภชนาการนับเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย รวมทั้งการฟื้นฟูสภาพร่างกายและหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บหลังจากออกกำลังกาย นักกีฬาตระหนักเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์เสริมอาหารซึ่งประกอบด้วยสารอาหารคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามินและเกลือแร่ มาพัฒนาศักยภาพอย่างแพร่หลาย นักวิจัยพบว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มาจากธรรมชาติมีคุณค่าต่อการเพิ่มประสิทธิภาพและป้องกันการบาดเจ็บของนักกีฬา นอกจากนี้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์พบว่ามีความสัมพันธ์กับการออกกำลังกายรวมทั้งมีผลต่อสรีรวิทยาของนักกีฬาเป็นอย่างยิ่ง บทความนี้นำเสนอเกี่ยวกับอาหารฟังก์ชันมีแหล่งที่มาจากรธรรมชาติสำหรับนักกีฬาและบุคคลทั่วไปในการส่งเสริมสุขภาพอีกทั้งกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่พบขณะออกกำลังกาย

**คำสำคัญ :** อาหารฟังก์ชัน ภาวะธำรงดุล สมรรถภาพ

#### Abstract

Appropriate nutrition is important for improving the efficiency of those who exercise. It helps adjust body temperature to an appropriate level, and it helps the body avoid injury and recover after exercising. Supplementary food containing carbohydrate, protein, vitamins, and minerals is widely recognized and used by athletes in several sports. Many researchers have found that components in natural food have an impact on physiology. Some researchers realize the value of supplementary food in enhancing the effectiveness of athletes. However, this food should be used only when there is clear scientific evidence regarding its effects on physiology and its relationship with exercise. This article will explain function food that has a positive effect on athletes and people who exercise. In addition the article addresses the physiology changes that occur while exercising.

**Keywords:** Function food, Homeostasis, Performance

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา ภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>2</sup> อาจารย์, ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>1</sup> Graduate Students, Major of Exercise Science and Sport, Department of Health and Sport Science, Faculty of Education, Mahasarakham University E-mail: Dora-1211@hotmail.com

<sup>2</sup> Lecturer, Department of Health and Sport Science, Faculty of Education, Mahasarakham University

\* Corresponding author : Paveena jandachat, House No.152, Village No.6, That sub-district, Warinchamrab district, Ubonratchathani province, 34190 E-mail: Dora-1211@hotmail.com

## บทนำ

อาหารทุกชนิดมีการทำงานได้ระดับหนึ่งเพราะอาหารทุกอย่างมีรสชาติ กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการอาหารฟังก์ชันเป็นปัจจัยที่ทำให้หนักกีฬาและบุคคลทั่วไป มีคุณภาพชีวิตที่ดีมีหลายประการ โภชนาการเป็นหนึ่งในปัจจัยนั้นที่มีความจำเป็นต่อการเสริมประสิทธิภาพของร่างกาย การได้รับสารอาหารครบถ้วนและเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย โดยแหล่งที่มาของอาหารนั้นควรมาจากธรรมชาติและมีความหลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ออกกำลังกายและนักกีฬา ควรพิจารณาองค์ประกอบของอาหารที่ส่งผลต่ออิทธิพลทางสรีรวิทยา อาหารฟังก์ชันพบว่ามีความเหมาะสมและมีประโยชน์ต่อการปรับเปลี่ยนสรีรวิทยาในขณะออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา

อาหารฟังก์ชันคืออะไรจากการทบทวนวรรณกรรมได้มีการศึกษาเกี่ยวกับ Functional food ดังต่อไปนี้ อาหารฟังก์ชันให้รสชาติ กลิ่นและคุณค่าทางโภชนาการ แต่อาหารเหล่านี้ได้มีการศึกษาอย่างละเอียดเพื่อเพิ่มประโยชน์ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงโรคเรื้อรัง หรือเพิ่มประสิทธิภาพด้านสุขภาพ สิ่งเหล่านี้เป็นความพยายามของการวิจัยที่ทำให้ทั่วโลกสนใจในตอนนี้และยอมรับว่าเป็น “อาหารสุขภาพ” ซึ่งเป็นแนวความคิดที่พัฒนาขึ้นครั้งแรกในญี่ปุ่น เมื่อปี1980 ต้องเผชิญกับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นด้านการดูแลสุขภาพกระทรวงสาธารณสุขได้

มีการเริ่มให้ความรู้เกี่ยวกับอาหารบางอย่างโดยคาดว่าจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพประชากรผู้สูงอายุในประเทศ อาหารเหล่านี้ขณะนี้ได้รับการยอมรับว่าเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่ซึ่งมีสิทธิ์ประทับตรา Foods for Specified Health (FOSHU) เมื่อเดือนกรกฎาคม 2002<sup>1</sup>

ในสหรัฐอเมริกาไม่มีข้อกำหนดเกี่ยวกับอาหารฟังก์ชัน อย่างไรก็ตามหลายองค์กรได้เสนอคำนิยาม สำหรับปี 1994 สถาบันวิทยาศาสตร์อาหารโภชนาการแห่งชาติแก้ไขอาหารหรือส่วนประกอบอาหารที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพนอกเหนือจากแบบเดิม<sup>2</sup>

สถาบันวิทยาศาสตร์นานาชาติกล่าวว่าอาหารเป็นชีวิต นอกเหนือจากโภชนาการพื้นฐานโดยอาศัยตัวของเราเป็นองค์ประกอบในการทำงานเพื่อเกิดประโยชน์ต่อสุขภาพ<sup>3</sup> ในปี 1999 สมาคมโภชนาการอเมริกันกล่าวว่าอาหารฟังก์ชันเป็นอาหารที่มีความสมบูรณ์ สำคัญกว่านั้นระบุว่า อาหารดังกล่าวจะต้องบริโภคเป็นส่วนหนึ่งของอาหารที่หลากหลายบนพื้นฐานระดับปกติเพื่อเกิดประโยชน์ต่อสุขภาพอย่างมีประสิทธิภาพ<sup>4</sup>

อาหารฟังก์ชันที่ก่อให้เกิดผลดีต่อร่างกายแบบเฉพาะเจาะจง ดังแสดง Table1

**Table1** System affected by nutritionally related disorders

Body system	Examples of disorders	Nutritional Factors
Gastrointestinal System	Microflora, gut function (gastric: Helicobacter pylori; colonic: chronic inflammatory bowel disease, neoplasia)	Prebiotics (+), Probiotics (+), Antibiotic factors (+/-), n-3 Fatty acids (+)
	Motility disorders	Caffeine (-), Polyphenolics (culinary herbs) (+), Ginger (+), Alcohol (-)
	Hepato-biliary, pancreatic	Growth factors (+/-)
Cardiovascular System	Blood pressure	n-3 Fatty acid sources (fish, plants) (+), Na (-), K, Mg, Ca (+)
	Lipids	Fatty fruits (olive, avocado, cocoa red plum) (+), Nuts (+), n-3 Fatty acids (+), Cholesterol (-), Phytosterols (+), Saturated and trans-fatty acids (-)
	Platelet function	n-3 Fatty acids (+), Salicylates (fruits) (+), Polyphenolics (plants) (+), Arginine (nuts) (+)

**Table 1** System affected by nutritionally related disorders (cont.)

Body system	Examples of disorders	Nutritional Factors
Cardiovascular System	Endothelial function, Glycaemic status and its Consequences, Cardiac rhythm Abdominal fatness	Low glycaemic index food (+), Polyphenolics (+), Alcohol (-), n-3 Fatty acids (+) Wholegrains, fruits, vegetables, (phytochemicals), dietary fibre (+)
Skin	Wrinkling (ageing), skin cancer (SCC)	Fatty fruits (+), Tocotrienol (vit E) (+), Phytonutrients (fruit, tea) (+)
Immunohaematological System	Haemopoiesis Lymphoma and leukaemia	Micronutrients (+), EFA (+), Energy and protein deficiency(-), Paternal, Maternal nutrition (+/-)
Endocrine System	Thyroid Insulin, pancreas	Iodine (+), Antithyroid factors (-) Energy balance (+/-), Food patterns (+/-), Intactness of foods (+)
Special senses	Olfactory Taste Auditory Vision: Retinal function (night blindness) macular function (maculopathy), lens health (cataract)	Myriad receptors for various food factors (+); link to memory Preferences, Polymorphisms, Threshold with are and food, Components (e.g. Na, caffeine) Sounds of eating, e.g. crunch, grind) (+) Vitamin A, carotenoids (+), Zinc (+), alcohol (-), Lutein, zeaxanthin, Antioxidant foods, Minimising UV damage
Mental health	Mood	Nutritional adequacy (+), Social role of food (+)

(+) favourable effects, (-) unfavourable

ที่มา: Choudhary and Tandon, (2009)<sup>5</sup>

อาหารฟังก์ชันสำหรับการออกกำลังกายที่มีผลต่อ  
สรีรวิทยา มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และมีการนำมาใช้

เป็นอาหารเสริมในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา ตัวอย่าง  
ดังแสดง Table 2

**Table 2** Exercise and functional foods.

Physiological functions	A	B	C
Replenishment of water	Isotonic drinks	Hypotonic drinks Glycerol	
Improvement of endurance	High-carbohydrate Citric acid	Arginine Caffeine Carnitine	Capsaicine

**Table 2** Exercise and functional foods. (cont.)

Physiological functions	A	B	C
Enhancement of muscle strength	Protein BCAA Creatine $\beta$ -HMB	Glutamine	Arginine
Prevention of muscle/joint injuries or fatigue	High-carbohydrate Citric acid	Vitamins C and E Carotenoids, Flavonoids Carnosine, Anserine	Glucosamine Chondroitin
Prevention of a decrease in immunocompetence	Carbohydrate	Vitamins C and E Glutamine	

A: The factors in this group has been shown adequate scientific evidence.

B: The factors in this group has been shown suggestive evidence.

C: The factors in this group has been shown no evidence while possible to effective.

ที่มา: Choudhary and Tandon, (2009)<sup>5</sup>

**ประสิทธิผลของอาหารฟังก์ชันกับความทนทาน**  
ความทนทานกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการหดตัวซ้ำๆ หรือนานๆ ต้านความเมื่อยล้า ขึ้นกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังงานงานที่สะสมในกล้ามเนื้อ และจำนวนหลอดเลือดฝอยในกล้ามเนื้อ ฉะนั้นการบริโภคสารอาหารระหว่างการออกกำลังกายส่วนใหญ่นิยมใช้คาร์โบไฮเดรตและไขมัน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเพิ่มความสามารถของความทนทานในการควบคุมการเผาผลาญสารอาหารโดยเฉพาะเพิ่มประสิทธิภาพไกลโคเจนจะถูกนำมาใช้ในการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความทนทานสารตั้งต้นที่ใช้พลังงานสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อนี้จะทำให้ออกกำลังกายได้ส่งผลให้ความสามารถในการออกกำลังกายลดระดับลง วิธีเพิ่มประสิทธิภาพของความทนทานคือ การเพิ่มไกลโคเจนในโครงร่างกล้ามเนื้อและตับอ่อน เมื่อกล้ามเนื้อมีระดับไกลโคเจนลดลงปฏิกิริยาในการสังเคราะห์สารทดแทนชั่วคราว โดยมีกระบวนการสะสมไกลโคเจนจากคาร์โบไฮเดรต เช่น ไกลโคเจนสามารถเพิ่มได้โดยการรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำเป็นเวลา 3 วัน นับจากวันที่ 6 ก่อนที่จะมีการแข่งขันแล้วตามด้วยอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงสำหรับ 3 วันถัดไป มีการสะสมไกลโคเจนถึง 1.5 เท่า ซึ่งมากกว่าปกติ แคลเทรตซึ่งยับยั้งการสลายน้ำตาลกลูโคสในร่างกายมาพร้อมกับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง ไกลโคเจนจึงเพิ่มขึ้นเนื่องจากการยับยั้งการสลายน้ำตาลกลูโคสในร่างกาย นอกจากนี้ที่สำคัญนักกีฬาจะสะสมไกลโคเจนก่อนแข่ง เพื่อให้พลังงานเพียงพอสำหรับการฝึกซ้อมหรือแข่งขันต่อไป การสะสมของไกลโคเจนที่รวดเร็วได้

จากอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง ปริมาณของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจะทำให้หนักกีฬามีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับการสะสมอย่างรวดเร็วของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตชนิดเดียว การออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลานาน เช่น การวิ่งมาราธอน การรับประทานคาร์โบไฮเดรตทันที ก่อนหรือระหว่างการออกกำลังกายทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของความทนทานภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว นักกีฬาคควรได้รับคาร์โบไฮเดรต ชนิดน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เพราะน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ได้โดยตรง ในทางกลับกัน การรับประทานคาร์โบไฮเดรตช่วยในการสลายไขมันซึ่งเป็นอีกหนึ่งพลังงานที่กระตุ้นการหลั่งอินซูลินทำให้เกิดความบกพร่องในการสะสมพลังงานของไขมัน การเผาผลาญและเร่งไกลโคไลซิสเป็นพลังงานทดแทนเป็นผลให้ปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นและค่า pH ลดลง กรดแลคติกมากจะทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อผิดปกติ ดังนั้น เป็นสิ่งจำเป็นที่ควรได้รับคาร์โบไฮเดรตทำให้ช่วยลดการเผาผลาญไขมัน จากการศึกษาอาหารเสริมประกอบด้วยฟรุกโทส ซึ่งก่อให้เกิดการกระตุ้นอินซูลินน้อยกว่าและมีแนวโน้มที่จะลดการหลั่งลิโปไลซิสแทนที่มากกว่าคาร์โบไฮเดรตที่พบเช่น กลูโคส และซูโครส ส่งผลดีต่อการเปลี่ยนแปลงความทนทานนอกจากนี้ปริมาณของสารอาหารสามารถเพิ่มการใช้พลังงานจากไขมันผ่านการลดของไกลโคไลซิสจะสำรองไกลโคเจนและลดการผลิตของกรดแลคติกลง ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวช้า กรดอะมิโนได้รับการยอมรับว่าช่วยในการควบคุมฮอร์โมนระดับน้ำตาลในเลือด โดย

ลดการเผาผลาญไขมันและเพิ่มระยะเวลาระหว่างการออกกำลังกาย ดังนั้นการบริโภคทั้งซีเตรตและอาร์จินีน พร้อมกับคาร์โบไฮเดรตที่ทำให้เกิดการกระตุ้นของอินซูลินเล็กน้อย การหลังฮอร์โมนนี้ก่อนหรือในระหว่างการออกกำลังกายอาจเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาผลาญพลังงานและแหล่งพลังงานที่เหมาะสม จากการออกกำลังกายหากมีการเปลี่ยนการใช้พลังงานส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลที่ใช้ในการให้พลังงานของไขมันอาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงความทนทานโดยการสะสมไกลโคเจนและลดความเป็นกรดในกล้ามเนื้อซึ่งเกิดแลคเตตขึ้นในระหว่างการออกกำลังกาย จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า ปัจจัยต่างๆที่สามารถกระตุ้นการเผาผลาญไขมัน ถึงแม้จะมีหลักฐานไม่เพียงพอเกี่ยวกับประสิทธิภาพของ คาร์นิทีนซึ่งเป็นเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับการขนส่งกรดไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ในไมโทคอนเดรียและส่งเสริมเบต้า-ออกซิเดชัน ของกรดไขมัน อาหารเสริมที่มี คาร์นิทีนทำให้เกิดการเผาผลาญอาหาร ไขมัน ในโครงสร้างกล้ามเนื้อและยังมีการสะสมไกลโคเจน ในคนที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิก การบริโภคคาร์นิทีน 2-4 กรัม ก่อนออกกำลังกาย หรือในชีวิตประจำวันพบว่า จะเพิ่มการใช้ออกซิเจนสูงสุดและลดการสะสมของกรดแลคติกหลังการออกกำลังกาย นอกจากนี้พบว่าคาเฟอีนมีผลต่อความทนทาน ซึ่งพบได้ใน น้ำอัดลม ชาดำ ชาเขียว กาแฟ เป็นต้น การศึกษาระบุว่าคาเฟอีนลดการปล่อยฮอร์โมนและเอนไซม์ไลเปสที่มีความสำคัญต่อกิจกรรมที่นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระและการเปลี่ยนแปลงความทนทาน<sup>8</sup> อีกทั้งแคฟไซซินได้จากพริกแดงจะเพิ่มการเผาผลาญไขมันโดยการเปลี่ยนแปลงความสมดุลของฮอร์โมนลิโปไลติกและช่วยเพิ่มการออกซิเดชันในไขมันและกล้ามเนื้อ จากที่กล่าวมาเบื้องต้นอาหารฟังก์ชันที่มีแหล่งที่มาจากรธรรมชาติสามารถรับประทานร่วมกับอาหารปกติ ในชีวิตประจำวันทำให้มีประโยชน์ต่อการทำงานของร่างกาย ซึ่งเป็นแบบจำเพาะต่ออวัยวะใดอวัยวะหนึ่ง จากการศึกษาค้นคว้าได้ชี้แนะถึงการบริโภคอาหารจากใยอาหารอย่างหลากหลายช่วยในการส่งเสริมสุขภาพ โดยความเป็นจริงผักแต่ละชนิดมีสารอาหารมากมาย รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระ สารพฤกษเคมี (Phytochemical) ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพ<sup>9</sup>

**การถูกรบกวนทางสรีรวิทยา** การขาดน้ำส่งผลกระทบต่อระบบสรีรวิทยาในร่างกาย<sup>10</sup> ของแต่ละระบบที่สำคัญของร่างกาย เมื่อเริ่มต้นการออกกำลังกายในอุณหภูมิที่สูงขึ้นซึ่งเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิร่างกาย ในร่างกายพยายามที่จะลดอุณหภูมิของร่างกายที่เพิ่มขึ้นด้วยการถ่ายเทความร้อนความร้อนด้วยวิธีการนำ การพารังสี และมีประสิทธิภาพมากที่สุดคือการระเหย<sup>11</sup> การถ่ายเทความร้อนด้วยกระบวนการระเหย

ของเหงื่อเป็นวิธีการที่มีศักยภาพมากที่สุดของการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการออกกำลังกาย การลดอุณหภูมิร่างกาย 98 เปอร์เซ็นต์ ใช้กระบวนการระเหย<sup>11</sup> ถ้าน้ำไม่เพียงพอต่อการบริโภคเพื่อทดแทนสิ่งที่สูญเสียไปหลังจากการทำงานอย่างหนัก การคายน้ำที่เกิดขึ้นจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถเปลี่ยนแปลงในระดับต้นของการไหลเวียนเลือด<sup>11</sup> การออกกำลังกายใช้ความทนทานของกล้ามเนื้อที่มีการเพิ่มขึ้นของการไหลของเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่ใช้งานและลดน้อยลงในส่วนของกล้ามเนื้อที่ไม่ได้ออกกำลังกายการคายน้ำเป็นสิ่งที่เกิดสำหรับการไหลเวียนเลือดระหว่างการใช้งานในการเผาผลาญกล้ามเนื้อและผิวหนังที่ต้องการ การถ่ายเทความร้อน<sup>11</sup> เนื่องจากการไหลเวียนของเลือดลดลงทำให้ผิวหนังควบคุมอุณหภูมิร่างกายที่เพิ่มมากขึ้นในระหว่างออกกำลังกายที่ใช้ความทนทานในความร้อนที่อุณหภูมิร่างกายเพิ่มขึ้น 0.2 องศาเซลเซียส นำหนักตัวหายไป 1 เปอร์เซ็นต์ พร้อมกับลดอุณหภูมิเพื่อควบคุมการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจและลดจังหวะการเต้นของหัวใจพร้อมกับสามารถควบคุมการลดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น โรคหลอดเลือดสมองและหัวใจ<sup>12-13</sup> จากการศึกษาพบว่าปริมาณของการคายน้ำเกิดระหว่าง 1-4 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจและลดจังหวะการเต้นหัวใจจากการตั้งข้อสังเกต<sup>14</sup> ในลักษณะเดียวกันได้พบว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจประมาณ 10 ครั้งต่อนาที ด้วยวิธีการปั่นจักรยาน 90 นาที<sup>15</sup> นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงทางจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการคายน้ำทำให้ทราบถึงการเพิ่มอัตราการรับรู้ของการออกแรงเป็นการทำให้การทำงานของจิตสูญเสีย<sup>12</sup> แรงจูงใจในการออกกำลังกายและความทนทานซึ่งเป็นที่ต้องการของนักกีฬา การคายน้ำทำให้แรงจูงใจ อ่อนเพลีย ขณะออกกำลังกาย

**ผลกระทบของการขาดน้ำ** การออกกำลังกายที่ใช้ความทนทาน จากการศึกษาพบว่า การกระตุ้นที่เกิดจากการสูญเสียน้ำของร่างกายในระดับหนึ่ง การคายน้ำขณะก่อนออกกำลังกายหรือขณะออกกำลังกาย<sup>16</sup> จากการศึกษาพบว่า สิ่งที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีการดำเนินการที่ชัดเจน จากการทบทวนวรรณกรรม การขาดน้ำจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการออกกำลังกายและความทนทาน การขาดน้ำส่งผลให้ทำลายการควบคุมอุณหภูมิร่างกาย ความสามารถในการฝึกและการเล่นกีฬา<sup>17</sup> เมื่อปริมาณน้ำในร่างกายลดลงส่งผลให้ระบบไหลเวียนเลือดเกิดความเครียด สังเกตได้จากอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มมากขึ้นและจังหวะการเต้นของหัวใจลดลง<sup>16</sup> ขณะออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะแวดล้อมที่ร้อนชื้นทำให้เกิดการคายน้ำ 2 เปอร์เซ็นต์ ต่อมวลร่างกาย ทำให้การ

ออกกำลังกายแบบแอโรบิคมีประสิทธิภาพน้อยลง<sup>18</sup>จากการศึกษาเกี่ยวกับการปั่นจักรยานใช้ความทนทาน แสดงให้เห็นว่าการขาดน้ำทำให้ความสามารถในการรักษาการออกแรงสูงสุดลดลงในระหว่างปั่นจักรยาน ในการศึกษาทำโดยทำการทดลองที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด นานที่สุดเท่าที่พวกเขาจะทำได้ หลังจากนาฬิกาที่ 60 ความหนักที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด ได้ตั้งข้อสังเกตว่าการลดลง 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ก่อนที่จะมีการเริ่มต้นการออกกำลังกายระยะเวลาในการทำงานสูงสุดความเข้มข้นประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มไฮเดรต<sup>19</sup> นอกจากนี้ได้ค้นพบการขาดแคลนน้ำ 2-4 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว แสดงผลอย่างมีนัยสำคัญลดประสิทธิภาพการออกกำลังกาย เนื่องจากการลดลงอย่างมีนัยสำคัญในการดูดซึมออกซิเจนสูงสุดในสภาพอากาศที่ร้อน<sup>20</sup>จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าการขาดน้ำทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบไหลเวียนเลือด ทำให้อุณหภูมิร่างกายเพิ่มขึ้นอัตราการเต้นของหัวใจและความสามารถรับรู้ในการออกกำลังกาย

**คาร์โบไฮเดรต อิเล็กโทรไลต์ น้ำเพื่อการออกกำลังกายแบบแอโรบิค** น้ำเปล่าไม่เหมาะในการบริโภคก่อนระหว่างและหลังการออกกำลังกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องดื่มที่ให้ความชุ่มชื้น ในขณะที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิค<sup>16</sup> เมื่อออกกำลังกายเป็นระยะเวลานานในสภาพอากาศที่ร้อนมากทำให้เกิดการสูญเสียเหงื่อได้มากถึง 2-4 ลิตรต่อชั่วโมง สูญเสียเกลือไป 10-14 กรัม การออกกำลังกายที่ใช้ความทนทานช่วยฟื้นฟูความสมดุลของของเหลวที่จำเป็นทันทีหากการสูญเสียเหงื่อถูกแทนที่ด้วยน้ำเปล่า การเจือจางของพลาสมาส่งผลให้โซเดียมในพลาสมาต่ำ ดังนั้นเพื่อเป็นการทดแทนเกลือที่สูญหายหายไปกับเหงื่อควรเพิ่มโซเดียมในเครื่องดื่มเพื่อทดแทน โซเดียมที่ได้มาจากเครื่องดื่มยังช่วยในการขนส่งน้ำตาลกลูโคสและน้ำในผนังลำไส้ นอกจากนี้น้ำตาลกลูโคสในเครื่องดื่มช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือดและประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ จากการศึกษาการบริโภคเครื่องดื่มที่มีอิเล็กโทรไลต์ทำให้การขับน้ำปัสสาวะสูงส่งผลให้ของเหลวดูดซึมน้อยและเป็นที่ยอมรับว่าปริมาณสารน้ำที่สามารถรักษาประสิทธิภาพได้มากขึ้น เมื่ออิเล็กโทรไลต์ถูกรวมตัวในของเหลวและความเข้มข้นของโซเดียมในพลาสมาที่เกิดขึ้น

**การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ** สดส่วนกับพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อที่จะเสริมสร้างความแข็งแรงเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อส่วนประกอบของโปรตีน ได้แก่ แอคติน ไมโอซิน และน้ำ สิ่งสำคัญในการเพิ่มปริมาณโปรตีนโดยการเผาผลาญโปรตีนเมื่อเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อและความแข็งแรงสามารถเพิ่มขึ้นด้วยการสังเคราะห์โปรตีน

หรือลดการย่อยโปรตีน ดังนั้นการออกกำลังกายด้วยแรงต้านช่วยทำให้การสังเคราะห์โปรตีนของกล้ามเนื้อและเลือด ระดับของกรดอะมิโนต่างๆที่มีพื้นผิวสำหรับสังเคราะห์โปรตีนของกล้ามเนื้อดังนั้นจึงความจำเป็นในการรักษาความของระดับไนโตรเจนของร่างกายสมดุลของไนโตรเจนเชิงบวกโดยการเพิ่มปริมาณโปรตีนจากอาหาร การทบทวนวรรณกรรมพบว่านักกีฬาต้องการโปรตีนสูงกว่าบุคคลทั่วไป โปรตีนที่ต้องการในแต่ละวันประมาณ 1.4-1.8 กรัม กลูตามีนช่วยสนับสนุนการสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อซึ่งได้มาจากเวย์โปรตีนในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังพบว่าคาร์โบไฮเดรตโปรตีนมีความสำคัญต่อการสร้างประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อขึ้นกับระยะเวลาในการรับประทาน<sup>21</sup> โดยหลังจากการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านควรได้รับโปรตีนหลังจากฝึกซ้อมทันทีไม่ควรทิ้งช่วงระยะเวลารวมทั้งต้องได้รับคาร์โบไฮเดรตอย่างเพียงพอ<sup>22</sup> ซึ่งสามารถช่วยให้สารสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อและการทำงานของฮอร์โมนอินซูลินในระดับดีขึ้น นอกจากนี้ร่างกายสามารถดูดซึมกรดอะมิโนและเพปไทด์ไปใช้ได้ทันที กรดอะมิโนไม่เพียงสำคัญต่อการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อยังสำคัญต่อสรีรวิทยาระดับโมเลกุล การเผาผลาญพลังงานขณะออกกำลังกายพบว่าการสลายของโปรตีนจำเป็นต้องได้รับ การสังเคราะห์กรดอะมิโนชนิดจำเป็นได้แก่ ลิวซีน ไอโซลิวซีน และวาเลีน การออกกำลังกายโดยการกระตุ้นการทำงานของ  $\alpha$ -keto dehydrogenase (BCKDH) ที่ซับซ้อน<sup>23</sup> นอกจาก BCAAs ปรับการเผาผลาญโปรตีนในกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มการสังเคราะห์และลดการย่อยสลายของโปรตีน<sup>24</sup> ส่งผลให้แอนนาโบลิกเกี่ยวกับกล้ามเนื้อและยังพบว่ากลูตามีนยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อโดยการยับยั้งการย่อยสลายโปรตีนเป็นกรดอะมิโนที่มีมากที่สุดเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อและการบริโภคที่นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของเซลล์กล้ามเนื้อในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อกลูตามีนพบที่ระดับความเข้มข้นค่อนข้างสูงในหลายเนื้อเยื่อของคนอื่นๆและมีบทบาทสำคัญในภาวะช้ำรังดูในการสลายเพื่อให้มีขนาดเล็กลง เช่น การออกกำลังกายกลูตามีนถูกปล่อยออกจากกล้ามเนื้อ พลาสมาที่จะใช้สำหรับการรักษา ระดับ กลูตามีนในเนื้อเยื่ออื่นๆ อาร์จินีนเป็นสารตั้งต้นของไนตริกออกไซด์และครีเอทีนทำให้เพิ่มการหลั่งของฮอร์โมนการเจริญเติบโตซึ่งมีผลทำให้ขนาดของมัดกล้ามเนื้อใหญ่และแข็งแรงขึ้น การได้รับอาร์จินีนทางช่องปากยังไม่ชัดเจนจากการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าการบริโภคอาร์จินีนที่มีสารอื่นๆ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการออกกำลังกาย<sup>25,26,27</sup> ส่วนประกอบต่างๆของคน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลที่ทำให้เกิดความแข็งแรงกล้ามเนื้อ วิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษามากกว่าทศวรรษการสนับสนุนการใช้อาหารฟังก์ชันครีเอทีนและ

$\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate ( $\beta$ HMB) เพื่อเพิ่มมวลของร่างกายและความแข็งแรงเมื่อมีการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน<sup>28</sup>ในร่างกายมีครีเอทีนมากกว่า100 กรัมเกือบทั้งหมดถูกเก็บไว้ในกล้ามเนื้อเป็นครีเอทีนฟอสเฟส ถูกใช้ในการผลิตATPโดยการย่อยสลายของครีเอทีนภายใต้เงื่อนไขที่ไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงการเผาผลาญอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีการสะสมของครีเอทีน ยังช่วยกระตุ้นการกักเก็บน้ำและสังเคราะห์โปรตีนได้ค้นพบว่าการบริโภคครีเอทีน 3 กรัมต่อวัน ครีเอทีนและฟอสเฟสมีการเปลี่ยนแปลงความทนทานโดยเฉพาะขณะที่มีการทำกิจกรรมที่ใช้พลังงานสูงรวมทั้งการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในระหว่างการฝึกแบบใช้แรงต้าน<sup>29</sup>นอกจากนี้ได้พบว่าปริมาณของครีเอทีนทำให้เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในระหว่างการฝึกแบบใช้แรงต้าน  $\beta$ HMB เป็นเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนลิวซีนและจะทำให้เพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อและลดการย่อยสลายของโปรตีนต่อการเผาผลาญของกรดอะมิโน<sup>30,31</sup>ได้พบว่าการบริโภค  $\beta$ HMB 1.5-3.0กรัมต่อวันระยะเวลา 3-8 สัปดาห์ทำให้ขนาดของมวลกล้ามเนื้อใหญ่ขึ้นและมีพลังงานมากกว่าเมื่อเทียบกับยาหลอก<sup>32,33</sup>

**การป้องกันการบาดเจ็บและความเมื่อยล้า** ผู้ที่ไม่เคยออกกำลังกายและผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำที่ใช้พลังงานจำนวนมากอาจจะทำให้เกิดความล้าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อพื้นฐานของกล้ามเนื้อเกิดการบาดเจ็บขึ้นหลังการออกกำลังกายอย่างหนัก การบาดเจ็บที่เกิดจากการอักเสบจากการแทรกซึมของ Phagocyte โดยเรียกว่าความเครียดเชิงกล<sup>34</sup>แคลเซียมไอออนภายในเซลล์เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของแคลเซียมไอออน<sup>35</sup> และความเครียดออกซิเดชัน<sup>36</sup>มีการค้นพบว่าในอาหารฟังก์ชันลดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ สังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของออกซิเดชันที่สะสมในกล้ามเนื้อและเลือดซึ่งควบคู่กับตัวแปรอื่นๆ ที่มีช่วยลดสาเหตุการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและการบาดเจ็บเฉียบพลัน หลังการออกกำลังกายออกซิเดชันสามารถป้องกันได้โดยการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระเช่นวิตามิน C,E หรือโพลีฟีนอยด์ ไม่เพียงแต่ระหว่างการออกกำลังกายแต่ยังสามารถใช้อาหารฟังก์ชันในชีวิตประจำวันได้<sup>36,37,38,39,40,41</sup> ในทางตรงกันข้ามจากการศึกษาพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระจะไม่ส่งผลกระทบต่อการบาดเจ็บกล้ามเนื้อและตอบสนองการอักเสบที่เกิดจากการออกกำลังกาย<sup>42,43</sup>หนึ่งเหตุผลที่เป็นไปได้เกี่ยวกับผลลัพธ์ที่แตกต่างคือ ผลกระทบของสารต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มที่มีความแตกต่างของความหนักในการออกกำลังกาย เช่น ความเครียดและปฏิกิริยาออกซิเดชัน(ROS) อาจเกี่ยวข้องกับการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ ปฏิกิริยาของ

ออกซิเจนถูกสร้างขึ้นจากไมโทคอนเดรียและเยื่อในระหว่างการออกกำลังกายโดยการใช้ออกซิเจนของ myocytes และขั้นตอนการขาดเลือดซึ่งนำไปสู่การถูกรุกรานของฟาโกไซโทซิสเข้าสู่กล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกายผ่านทางน้ำทำให้เกิดการอักเสบที่ปฏิกิริยาความไว ดังนั้นการตอบสนองการอักเสบยับยั้งปฏิกิริยาของออกซิเจนระหว่างการออกกำลังกายลดลงมากทำให้มีโอกาสบาดเจ็บของกล้ามเนื้อมากยิ่งขึ้นเช่นการออกกำลังกายช่วยให้เกิดภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้ยังดีกว่าการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระจำนวนมากเพราะจะมีผลต่อวัยต่างๆ กลูโคซามีนและคอนดรอยตินเป็นสารที่ช่วยป้องกันข้อต่อ กลูโคซามีนมีกรดอะมิโนสังเคราะห์ในร่างกายที่เป็นส่วนประกอบของน้ำไขข้อ เส้นเอ็น และเอ็นในข้อต่อ คอนดรอยตินที่มีบทบาทสำคัญเป็นโช้คอัพเนื่องจากการดูดความชื้นของการบริโภคทางช่องปากเสริมสารอาหารเหล่านี้เป็นข้อเสนอแนะที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันหรือช่วยในการฟื้นฟูจากโรคข้อเข่าเสื่อมที่มีสาเหตุมาจากการออกกำลังกายเล่นกีฬาและจำนวนอายุที่เพิ่มมากขึ้น<sup>44</sup>ในขณะที่ผลของการออกกำลังกายเสริมไม่เป็นที่แน่ชัด มีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า อาการที่เกิดจากการออกกำลังกายเช่นการสะสมของไกลโคเจนและกรดแลคติกในร่างกายระหว่างการออกกำลังกายมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเส้นประสาทก่อนการออกกำลังกายดังกล่าว การฟื้นตัวของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นจากการรับประทานอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตสูงมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการใช้ปัจจัยที่มีผลยังอยู่ในไกลโคไลซิสเช่น ซีเตรตและพิจารณาระยะเวลาของการบริโภคคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้การสะสมกรดแลคติกในกล้ามเนื้อยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อเกี่ยวข้องกับการลดลงของค่าความเป็นกรดในกล้ามเนื้อซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความล้า ดังนั้นอาหารเสริมช่วยควบคุมการผลิตแลคเตทมีประสิทธิภาพ ไดเพปไทด์ที่มีมากในกล้ามเนื้อลาย carnosine และ anserine มีค่า pH บัฟเฟอร์เสริมไดเพปไทด์เหล่านี้อาจเป็นไปได้ในการยับยั้งการลดลงของค่าความเป็นกรดโดยการออกกำลังกายผ่านขบวนการของบัฟเฟอร์ไดเพปไทด์เหล่านี้<sup>44,45,46</sup>

## สรุป

ภาพรวมของอาหารฟังก์ชันพบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมบริโภคอาหารของประชาชนทุกเพศทุกวัย ที่ให้ความสำคัญในด้านสุขภาพและมีความคาดหวังที่ซับซ้อนและหลากหลายของอาหาร ในปีที่ผ่านมาปัจจัยอาหารต่างๆที่ตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้รับการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาว่ามีผลกระทบต่อสรีรวิทยาได้บ้างเช่น

ประสิทธิภาพของอาหารฟังก์ชันกับความทนทาน การถูกรบกวนทางสรีระวิทยา ผลกระทบของการขาดน้ำ คาร์โบไฮเดรต อิเล็กโทรไลต์ น้ำเพื่อการออกกำลังกายแบบแอโรบิค การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการป้องกันการบาดเจ็บและความเมื่อยล้า ความหลากหลายการทำงานของอาหารที่มีอยู่ในแต่ละหมู่ของอาหาร ทำหน้าที่เกี่ยวข้องอย่างไรบ้าง มีบางส่วนไม่ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงประสิทธิภาพใดและส่วนอื่นๆที่มีการกล่าวถึง การเรียกร้องที่ไม่เหมาะสมและโฆษณาเพื่อให้ผู้บริโภคเข้าใจผิด บางส่วนของอาหารที่อธิบายไว้ในบทความนี้ควรมีการศึกษาต่อไปเพราะความแตกต่างของแต่ละมุมมองที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพที่พบ ความแตกต่าง นอกจากนี้ประสิทธิภาพต่างๆขึ้นอยู่กับ อายุ เพศ และขนาดร่างกายและรูปแบบการบริโภคเพื่อให้เหมาะสมต่อปริมาณที่ร่างกายต้องการเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และระยะเวลาในการบริโภคจะต้องมีการกำหนดเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้และผลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาในขณะที่ออกกำลังกาย เล่นกีฬาหรือการใช้ชีวิตประจำวัน

### เอกสารอ้างอิง

- Arai, S. Studies on functional foods in Japan—state of the art. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 1996. 60: 9–15.
- Committee on Opportunities in the Nutrition and Food Sciences, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine Enhancing the food supply. In: *Opportunities in the Nutrition and Food Sciences: Research Challenges and the Next Generation of Investigators* (Thomas, P. R. & Earl, R., eds.), 1994. pp. 98–142.
- International Life Sciences Institute Safety assessment and potential health benefits of food components based on selected scientific criteria. *ILSI North America Technical Committee on Food Components for Health Promotion. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1999. 39: 203–316.
- American Dietetic Association Position of the American Dietetic Association: functional foods. *J. Am. Diet. Assoc.* 1999. 99: 1278–1285.
- Choudhary Raghuvver and Tandon RV, consumption of functional food and health concerns. *Pak J Physiol*, 2009. 5(1)
- รัตนวดี ฅ นคร. สรีระวิทยาของการออกกำลังกาย [ออนไลน์], แหล่งที่มา [www. med.md.kku.ac.th/site\\_data/mykku\\_med/.../Exercise\\_physiology.pdf](http://www.med.md.kku.ac.th/site_data/mykku_med/.../Exercise_physiology.pdf)
- Ivy JL, Goforth HW Jr, Damon BM, McCauley TR, Parsons EC, Price TB: Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *App Physiol* 2002, 93: 1337-1344.
- Brass EP: Supplemental carnitine and exercise. *Am J Clin Nutr* 2000, 72: 618S-623S.
- Ryu S, Choi SK, Joung SS, Suh H, Cha YS, Lee S, Lim K: Caffeine as a lipolytic food component increases endurance performance in rats and athletes. *J Nutr Sci Vitaminol* 2001, 47: 139-146.
- Murray, R., Fluid needs in hot and cold environments. *Int J Sports Med*, 1995. 5(S62-S73).
- Gisolfi, C.V., D.R. Lamb, and E.R. Nadel, Temperature regulation during exercise: An overview, in *Perspectives in Exercise Science and Sports medicine :Exercise, heat and thermoregulation*, J. Werner, Editor. 1993, Brown and Benchmark: Dubuque.
- Montain, S.J. and E.F. Coyle, Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol*, 1992. 73: p. 1340-1350.
- Gonzalez-Alonso, J., et al., Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol*, 1997. 82: p. 1229-1236.
- Montain, S.J. and E.F. Coyle, Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 1992. 73: p.1340-1350.
- Sanders, B., T.D. Noakes, and S.C. Dennis, Water and electrolyte shifts with partial fluid replacement during exercise. *Eur J Appl Physiol*, 1999. 80: p. 318-323.
- Shirreffs, S.M., L.E. Armstrong, and N. Samuel, Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *Journal of sports sciences*, 2004. 22: p. 57-63.

17. Horswill, C.A., Effective fluid replacement. *Int J Sport Nutr*, 1998. 8(2): p. 175-95.
18. Below, P.R. and R. Mora-Rodriguez, Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 hour of intense exercise. *Med Sci Sports Ex*, 1995.27(2): p. 200-210.
19. Walsh, R.M., et al., Impaired high intensity cycling performance time at low levels dehydration. *Int J Sport Med*, 1994. 15: p. 392-398.
20. Sawka, M.N. and K.B. Pandolf, Effects of body water loss on physiological function and exercise performance, in *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine: Fluid Homeostasis during exercise*, C.V. Gisolfi and D.R. Lamb, Editors. 1990: United States of America.
21. Phillips SM: Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition* 2004, 20: 689-695.
22. Tarnopolsky MA: Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition* 2004, 20: 662-668.
23. Ha E, Zemel MB: Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people (review). *J Nutr Biochem* 2003, 14: 251-258.
24. Esmarck B, Andersen JL, Olsen S, Richter EA, Mizuno M, Kjaer M: Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol* 2001, 535: 301-311.
25. Flakoll PJ, Judy T, Flinn K, Carr C, Flinn S: Postexercise protein supplementation improves health and muscle soreness during basic military training in Marine recruits. *J Appl Physiol* 2004, 96: 951-956.
26. Borsheim E, Aarsland A, Wolfe RR: Effect of an amino acid, protein, and carbohydrate mixture on net muscle protein balance after resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004, 14: 255-271.
27. Shimomura Y, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Harris RA: Exercise promotes BCAA catabolism: effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. *J Nutr* 2004, 134: 1583S-1587S.
28. Castell LM: Glutamine supplementation in vitro and in vivo, in exercise and in immunodepression. *Sports Med* 2003, 33: 323-345.
29. Paddon-Jones D, Borsheim E, Wolfe RR: Potential ergogenic effects of arginine and creatine supplementation. *J Nutr* 2004, 134: 2888S-2894S.
30. Flakoll P, Sharp R, Baier S, Levenhagen D, Carr C, Nissen S: Effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate, arginine, and lysine supplementation on strength, functionality, body composition, and protein metabolism in elderly women. *Nutrition* 2004, 20: 445-451.
31. Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, Greenhaff PL, Hespel PJ, Israel RG, Kraemer WJ, Meyer RA, Spriet LL, Tarnopolsky MA, Wagenmakers AJ, Williams MH: American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc* 2000, 32: 706-717.
32. Alon T, Bagchi D, Preuss HG: Supplementing with beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) to build and maintain muscle mass: a review. *Res Commun Mol Pathol Pharmacol* 2002, 111: 139-151.
33. Slater GJ, Jenkins D: Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation and the promotion of muscle growth and strength. *Sport Med* 2000, 30: 105-116.
34. Gallagher PM, Carrithers JA, Godard MP, Schulze KE, Trappe SW: Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate ingestion, Part 1: effects on strength and fat free mass. *Med Sci Sport Exerc* 2000, 32: 2109-2115.
35. Panton LB, Rathmacher JA, Baier S, Nissen S: Nutritional supplementation of the leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (hmb) during resistance training. *Nutrition* 2000, 16: 734-739.
36. Proske U, Morgan DL: Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol* 2001, 537: 333-345.
37. Aoi W, Naito Y, Takanami Y, Kawai Y, Sakuma K, Ichikawa H, Yoshida N, Yoshikawa T: Oxidative stress and delayed-onset muscle damage after exercise. *Free Radic Biol Med* 2004, 37: 480-487.
38. Phillips T, Childs AC, Dreon DM, Phinney S, Leeuwenburgh C: A dietary supplement attenuates IL-6

- and CRP after eccentric exercise in untrained males. *Med Sci Sports Exerc* 2003, 35: 2032-2037.
39. Aoi W, Naito Y, Sakuma K, Kuchide M, Tokuda H, Maoka T, Toyokuni S, Oka S, Yasuhara M, Yoshikawa T: Astaxanthin limits exercise-induced skeletal and cardiac muscle damage in mice. *Antioxid Redox Signal* 2003, 5: 139-144.
40. Marquez R, Santangelo G, Sastre J, Goldschmidt P, Luyckx J, Pallardo FV, Vina J: Cyanoside chloride and chromocarbe diethylamine are more effective than vitamin C against exercise-induced oxidative stress. *Pharmacol Toxicol* 2001, 89: 255-258.
41. Kato Y, Miyake Y, Yamamoto K, Shimomura Y, Ochi H, Mori Y, Osawa T: Preparation of a monoclonal antibody to N(epsilon)-(hexanonyl)lysine: application to the evaluation of protective effects of flavonoid supplementation against exercise-induced oxidative stress in rat skeletal muscle. *Biochem Biophys Res Commun* 2000, 274: 389-393.
42. Petersen EW, Osrowski K, Ibfelt T, Richelle M, Offord E, Halkjaer-Kristensen J, Pedersen BK: Effect of vitamin E supplementation on cytokine response and on muscle damage after strenuous exercise. *Am J Physiol Cell Physiol* 2001, 280: C1570-C1575.
43. Beaton LJ, Allan DA, Tarnopolsky MA, Tiidus PM, Phillips SM: Contraction-induced muscle damage is unaffected by vitamin E supplementation. *Med Sci Sports Exerc* 2002, 34: 798-805.
44. Beren J, Hill SL, Diener-West M, Rose NR: Effect of pre-loading oral glucosamine HCl/chondroitin sulfate/manganese ascorbate combination on experimental arthritis in rats. *Exp Biol Med (Maywood)* 2001, 226: 144-151.
45. Suzuki Y, Nakao T, Maemura H, Sato M, Kamahara K, Morimatsu F, Takamatsu K: Carnosine and anserine ingestion enhances contribution of nonbicarbonate buffering. *Med Sci Sports Exerc* 2006, 38: 334-338.
46. Harada R, Taguchi H, Urashima K, Sato M, Omori T, Morimatsu F: Effects of a chicken extract on endurance swimming in mice. *J Jpn Soc Nutr Food Sci* 2002, 55: 73-78.