แอล-คาร์นิทีนกับการออกกำลังกาย

L-Carnitine and Exercises

สุพัฒน์ ภาณุวาทกุล[1], ณภัสวรรณ ธนาพงษ์อนันท์[2]

Suphat Panuwatakul[1], Napatsawan Thanaponganan[2]

Received: 6 July 2014 ; Accepted: 30 September 2014

บทคัดย่อ

แอล-คาร์นิทีนเป็นปัจจัยร่วมที่สำคัญในการเปลี่ยนไขมันให้เป็นแหล่งพลังงาน แอล-คาร์นิทีนถูกสร้างขึ้นในร่างกายพบได้ที่ตับและไตโดยสร้างมาจากกรดอะมิโน 2 ตัว คือ ไลซีน และเมไทโอนีน และแอล-คาร์นิทีนในร่างกายถูกใช้ไปในหน้าที่ต่างๆ เช่น ช่วยเพิ่มกระบวนการใช้ไขมันโดยการขนส่งกรดไขมันเข้าไปในไมโทคอนเดรียซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของเซลล์ นอกจากนี้ แอล-คาร์นิทีนยังมีผลต่อศักยภาพในการออกกำลังกายและความสามารถในการกระตุ้นการทำงานของออกซิเดชั่นที่เกี่ยวกับการแยกกรดอะมิโนและการกระตุ้นการทำงานของไพรูเวต ดีไฮโดรจีเนสที่ซับซ้อน นักกีฬาบริโภคแอล-คาร์นิทีนเพราะมีความเชื่อว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกีฬาและชะลอความเมื่อยล้าอันเป็นผลมาจากการกระตุ้นของการเกิดออกซิเดชันของไขมันและการเก็บรักษาไกลโคเจน

คำสำคัญ : แอล-คาร์นิทีน การออกกำลังกายระบบภูมิคุ้มกัน

Abstract

Carnitine is a quaternary ammonium compound biosynthesized from the amino acids lysine and methionine in the liver and kidney. L-Carnitine in the body is used for other functions. For example it is well established that in case of Carnitine deficiency, L-carnitine loading adjusts long chain fatty acid metabolism and their entry into the mitochondria. In addition L-carnitine has a potential effect on exercise capacity and activation of branched amino acid oxidation and stimulation of pyruvate dehydrogenase complex. Athletes consume L-carnitine under the illusion that it would enhance athletic performance and delay fatigue as a result of stimulation of fat oxidation and glycogen storage.

Keywords: L-Carnitine, exercise, immunity

บทนำ

การออกกำลังกายและการรับประทานผลิตภัณฑ์ที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเป็นที่นิยมมากขึ้น โดยเฉพาะในหมู่ผู้ที่สนใจดูแลสุขภาพ ในส่วนผู้ที่นิยมออกกำลังกายเป็นประจำมักจะรับประทานผลิตภัณฑ์เสริมอาหารมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย ลดความเมื่อยล้าขณะออกกำลังกาย แอล-คาร์นิทีนนับว่าเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่ร่างกายสามารถสร้างขึ้นตามธรรมชาติโดยปกติในร่างกายของมนุษย์สามารถสร้างแอล-คาร์นิทีนได้จำนวนเล็กน้อย ประมาณ 20-25 มิลลิกรัม โดยผลิตที่ตับและไต และมีการสังเคราะห์จากกรดอะมิโน 2 ชนิดคือ ไลซีน (Lysine) และเมไทโอนิน (Methionine) พร้อมกับอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดการสังเคราะห์ ได้แก่ Niacin, Vitamin B6, Vitamin C และธาตุเหล็ก เมื่อผ่านเข้าสู่ร่างกายแอล-คาร์นิทีนจะกระจาย (Distribution) ไปอยู่ในเนื้อเยื่อมากกว่าในเลือด โดยเฉพาะกล้ามเนื้อลายและกล้ามเนื้อหัวใจ จากนั้นจะถูกขับออกจาก

[1] *นิสิตปริญญาโท, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬาภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*

[2] *อาจารย์, ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*

[1] *Graduate Students, Major of Exercise Science and Sport, Department.of Health and Sport Science, Faculty of Education,Mahasarakham University*

[2] *Lecturer, Department of Health and Sport Science, Faculty of Education, Mahasarakham University*

ร่างกายทางปัสสาวะและถุงน้ำดี แอล-คาร์นิทีนเป็นกรดอะมิโนที่ช่วยเปลี่ยนไขมันที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของร่างกายให้กลายเป็นพลังงาน แอล-คาร์นิทีนจึงมีฤทธิ์เป็นตัวเผาผลาญไขมัน (Fat Burner) โดยจะไปลดระดับของโคเลสเตอรอล (Cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งเป็นไขมันอันตราย ที่จะไปอุดตันทางเดินของเลือดในเส้นเลือด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นเลือดในสมอง และเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจ อันเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตจากเส้นเลือดในสมองแตก และเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจอุดตันดังนั้นแอล-คาร์นิทีน จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของหัวใจ (Cardiac Performance) ได้เป็นอย่างดี และสามารถเพิ่มผลสำเร็จของการแข่งขันกีฬา (Athletic Performance) ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

รูปแบบทางชีวเคมีของแอล-คาร์นิทีน

การขนส่งกรดไขมันถูกส่งไปยังผนังเซลล์ของไมโทคอนเดรียเพื่อผลิตพลังงานในกระบวนการสลายกรดไขมันในรูปของโมเลกุลเอซิลโคเอที่พบภายในไมโทคอนเดรีย ซึ่งส่วนประกอบของสารตั้งต้นจะผลิตพลังงานในกล้ามเนื้อโดยไม่สามารถถ่ายทอดไปยังผนังเซลล์ของไมโทคอนเดรียได้ แต่อย่างไรก็ตามหลังจากมีการรวมตัวกับโคเอนไซม์เอและเปลี่ยนเป็นอะซิติลโคเอ กลายเป็นแอล-คาร์นิทีนอะซิติลโคเอจะถูกเปลี่ยนเป็นซิติล ซึ่งแอล-คาร์นิทีนจะอยู่ในรูปของของอะซิติลแอล-คาร์นิทีนเป็นกรดไขมันอย่างง่ายเข้าสู่ไมโทคอรเดรีย[1] อะซิติลและแอล-คาร์นิทีนภายในไมโทคอนเดรียจะกลับมาเป็นอะซิติลโคเอ อีกครั้ง และกลายเป็นแอล-คาร์นิทีนถูกส่งออกไปยังไมโทคอนเดรียโดยเริ่มทำงานร่วมกับการสังเคราะห์อะซิติลโคเอเข้าสู่วัฏจักรเครปเพื่อใช้ในกระบวนสลายกรดไขมันในรูปของโมเลกุลเอซิลโคเอในไมโทคอนเดรีย[2] นอกจากการขนส่งกรดไขมันเข้าสู่ไมโทคอนเดรียแล้วพบว่าแอล-คาร์นิทีนจะช่วยส่งเสริมการสลายกรดไขมันเพื่อแยกกรดคีโตและมีการยับยั้งป้องกันเซลล์ในการสะสมของอะซิติลโคเอแอล-คาร์นิทีนชนิดที่ 1 Carnitinepalmitoyltransferase (CPT1) และ Carnitinepalmitoyltransferase2 (CPT2) จะถูกแทนที่ด้วยเยื่อหุ้มด้านในและด้านนอกของไมโทคอนเดรีย CPT1 จะถูกกระตุ้นสูงสุดและมีการสลายไขมันเป็นตัวควบคุมความเร็วมาโลนิลโคเอเป็นตัวแรกของการสังเคราะห์กรดไขมันและเป็นสารยับยั้งที่มีประสิทธิภาพทางร่างกายแอล-คาร์นิทีน palmitoyltransferase ชนิดที่ 1 เมื่อมีแหล่งพลังของเซลล์ (ATP) เพียงพอจะเพิ่มอะซิติลโคเอในวัฏจักรเครป ดังนั้นกระบวนการสลายของไขมันลดลงและเร่งการสร้างกรดไขมันเพื่อสังเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ในกระบวนการสลายและการสังเคราะห์กรดไขมันโดยแอล-คาร์นิทีนประกอบด้วยมาโลนิลโคเอภายใต้คีโตนิก เมื่อมีการลดคาร์โบไฮเดรตอัตราส่วนของกลูคาร์กอนของพลาสมาในอินซูลินลดลงมาโลนิลโคเอจะเพิ่มความเข้มข้นในการสังเคราะห์กรดไขมันที่มากขึ้นและลดอัตราการเกิดการสลายของกรดไขมันลงในเวลาเดียวกัน ในทางตรงกันข้ามการเกิดโรคเบาหวานเมื่ออัตราอินซูลินในเลือดสู่กลูคาร์กอนสูง ระดับของมาโลนิกโคเอจะลดต่ำลงและระดับแอล-คาร์นิทีนที่ตับจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงครั้งนี้จะนำไปสู่การลดลงของการสังเคราะห์กรดไขมันเป็นผลให้ Carnitinepalmitoyltransferase ถูกกระตุ้นเพื่อให้เกิดการสลายของกรดไขมัน[3] เมื่อแอล-คาร์นิทีนไม่เพียงพอต่อร่างกาย (โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรคขาดแอล-คาร์นิทีนแต่กำเนิด) การลดลงของแอล-คาร์นิทีนทำให้ปริมาณของกรดไขมันที่ส่งไปยังไมโทคอนเดรียต่ำลง และนำไปสู่การลดลงในการผลิตพลังงานเบต้าออกซิเดชันไม่เพียงพอ ซึ่งกรดไขมันที่สะสมอยู่ในไซโตพลาสซึมหรือภายนอกไมโทคอนเดรียสร้างความเป็นพิษ นอกจากนี้แอล-คาร์นิทีนได้รับการระบุว่าเป็นสารที่ช่วยในการเผาผลาญอาหารและต้านอนุมูลอิสระ

มุมมองด้านระบบภูมิคุ้มกัน

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีผลต่อการหายใจระดับเซลล์จะลดลงบางส่วนและมีการสร้างปฏิกิริยากับโปรตีนไขมัน และดีเอ็นเอที่เรียกว่าอนุมูลอิสระ ซึ่ง Davies RL, Weintaub AB.[4] พบว่าความสามารถของการออกกำลังกายกับความเหนื่อยล้ามีการเพิ่มอนุมูลอิสระในตับและกล้ามเนื้อซึ่งส่วนใหญ่อนุมูลอิสระจะเป็นผลทำลายไมโทคอนเดรียของโครงสร้างดีเอ็นเอได้โดยตรง ซึ่งเกิดขึ้นที่ปอด ผิวหนัง กระเพาะอาหารและต่อมลูกหมาก ทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เกิดการทำลายชิ้นส่วนเซลล์อื่นๆ กลายเป็นมะเร็ง โดยจะทำลายไลโซโซม ผนังเซลล์และไมโทคอนเดรีย นอกจากนี้ Flanagan JL, Simmons PA, Mark JV, Willcox DP, Garrett Q.[5] ได้กล่าวว่าการขาดแอล-คาร์นิทีนอาจทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย เช่น โรคเบาหวาน โรคโลหิตเป็นพิษ โรคกล้ามเนื้อหัวใจ โรคขาดสารอาหารโรคตับแข็งและโรคระบบต่อมไร้ท่อต่างๆ การเสริมอาหารทางโภชนาด้วยแอล-คาร์นิทีนจะช่วยบรรเทาอาการในผู้ป่วย และสามารถนำมาบรรเทาอาการปวดของระบบประสาท นอกจากนี้ยังเป็นภูมิคุ้มกันในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ขาดแอล-คาร์นิทีน ส่วนทางด้านคลินิกได้นำแอล-คาร์นิทีนมาใช้ในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของระบบประสาท เช่น โรคความจำเสื่อม โรคสมองจากตับ (ภาวะที่ผู้ป่วยเกิดมีอาการทางสมอง ได้แก่ สับสนซึมและโคม่าซึ่งเป็นผลจากภาวะตับวาย) และแอล-คาร์นิทีนได้รับการยอมรับว่าเป็นอาหารเสริมในผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจ และมีหลักฐานเพิ่มว่าการเสริมด้วยแอล-คาร์นิทีนอาจเป็นประโยชน์

ในการรักษาโรคอ้วนอีกด้วย อีกทั้ง Joaquin A, Juan C, Rubio MA, Martin, Yolanda Campos.[6]ได้ทำการศึกษากับผู้สูงอายุ พบว่าแอล-คาร์นิทีนมีความสามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากอนุมูลอิสระภายในเซลล์ทั้งนี้เนื่องจากแอล-คาร์นิทีนมีบทบาทสำคัญในการปกป้องร่างกายและไมโทคอนเดรียจากอนุมูลอิสระนอกจากนี้ยังช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกันร่างกายของผู้สูงอายุเมื่ออายุมากขึ้นความสามารถในการสร้างแอล-คาร์นิทีนของร่างกายจะลดลง ประกอบกับผู้สูงอายุมักจะรับประทานเนื้อสัตว์น้อย ทำให้ได้รับแอล-คาร์นิทีนไม่เพียงพอ นอกจากนั้นผู้สูงอายุยังมีอัตราการเผาผลาญไขมันในร่างกายช้า และสูญเสียโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมากทำให้มวลกล้ามเนื้อลดลงในขณะที่ปริมาณไขมันสะสมมีมากขึ้น แอล-คาร์นิทีนจะทำหน้าที่ช่วยเผาผลาญไขมันดังกล่าวให้กลายเป็นพลังงาน แอล-คาร์นิทีนจึงเป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับสุขภาพของผู้สูงอายุ ซึ่งสอดคล้องกับ Bai YY,Sun L,Liu JH, Sun RT[7] ที่ระบุประโยชน์ของแอล-คาร์นิทีนกับโรคที่เกิดกับหัวใจ เพราะหัวใจเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญของร่างกาย พลังงานที่หัวใจได้รับนั้นได้มาจากกรดไขมันร้อยละ 70 หัวใจจึงเป็นอวัยวะที่มีปริมาณแอล-คาร์นิทีนสูงที่สุด เนื่องจากหัวใจไม่สามารถสร้างแอล-คาร์นิทีนได้เองต้องได้รับจากกระแสเลือด แอล-คาร์นิทีนจึงเป็นสารอาหารสำคัญที่ช่วยสร้างพลังงานให้กับหัวใจ นอกจากนี้แอล-คาร์นิทีนไม่ได้จำกัดเฉพาะการช่วยให้หัวใจมีสุขภาพดีทำงานเป็นปกติ และจะช่วยรักษาระดับไขมันโคเลสเตอรอลในร่างกายให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี นั่นหมายความว่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตันลดลง อีกทั้งสามารถให้ผลเช่นเดียวกันสำหรับผู้ที่ป่วยเป็นโรคหัวใจ เช่น กล้ามเนื้อหัวใจ ไขมันในหัวใจและหัวใจเต้นผิดปกติ แต่อย่างไรก็ตามการรับประทานแอล-คาร์นิทีนเสริมนั้นไม่สามารถทดแทนการรับประทานยาได้

ดังนั้นในอนาคตนอกจากจะทำการศึกษาประโยชน์ของแอล-คาร์นิทีนที่ทำให้ร่างกายมีประสิทธิภาพในการออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไปและนักกีฬา เพื่อเพิ่มความทนต่อการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันแล้ว ควรเน้นการศึกษาประโยชน์ของแอล-คาร์นิทีนในการรักษาโรค เพราะเมื่ออายุมากขึ้นความสามารถในการสร้างแอล-คาร์นิทีนของร่างกายจะลดลง ผู้สูงอายุมักจะรับประทานเนื้อสัตว์น้อย ทำให้ได้รับแอล-คาร์นิทีนไม่เพียงพอ นอกจากนั้นผู้สูงอายุยังมีอัตราการเผาผลาญไขมันในร่างกายช้าและสูญเสียโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมาก ทำให้มวลกล้ามเนื้อลดลงในขณะที่ปริมาณไขมันสะสมมีมากขึ้น เป็นสาเหตุที่อาจทำให้เกิดโรค เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดอุดตัน เพื่อเป็นทางเลือกในการป้องกันหรือการรักษาโรคให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อพัฒนาให้เป็นที่ยอมรับของสากล และศึกษาถึงผลกระทบของแอล-คาร์นิทีนรวมไปถึงกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สอดคล้องกันต่อไป

มุมมองในการออกกำลังกาย

นักกีฬามีความอ่อนล้าในขณะฝึกซ้อมและการแข่งขันอยู่ประจำ ดังนั้นการเสริมสร้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพมีหลายวิธีหนึ่งในนั้นสามารถปฏิบัติโดยการรับประทานอาหารและผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เช่น การรับประทานเนื้อสัตว์การเพิ่มคาร์โบไฮเดรตที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และการรับประทานอาหารให้ครบ 5 หมู่[8] จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่า แอล-คาร์นิทีนในร่างกายของมนุษย์ได้ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคอาหาร ซึ่งในการแข่งขันของนักกีฬาต้องใช้ความอดทนในการเล่นที่รุนแรง ถ้าร่างกายขาดแอล-คาร์นิทีนกล้ามเนื้อของนักกีฬาจะได้รับการบาดเจ็บจึงจำเป็นต้องมีการเสริมเพื่อเพิ่มแอล-คาร์นิทีนให้กับร่างกาย[9] สอดคล้องกับ Natali A[10] พบว่าแอล-คาร์นิทีนมีคุณสมบัติในการบำรุงร่างกาย นอกจากนี้ Orer GE [11] ได้ทำการศึกษาผลของแอล-คาร์นิทีนในนักกีฬาฟุตบอลมืออาชีพ พบว่านักกีฬาที่เสริมด้วยแอล-คาร์นิทีนในปริมาณ 3 กรัม และ 4 กรัม มีความเร็วในการวิ่งดีกว่ากลุ่มทดลองที่ใช้ยาหลอก และทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง อีกทั้ง Trappe SW, Costill DL, Goopaster B, Vukovich MD, Fink WJ; Huang A, Owen K.[12,13] ทำการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของแอล-คาร์นิทีน พบว่า ช่วยเสริมสร้างความสามารถของนักกีฬา

แอล-คาร์นิทีนมีบทบาทสำคัญในการสันดาปพลังงานให้กับร่างกาย จากหลักฐานพบแอล-คาร์นิทีนมีหน้าที่หลัก 3 ประการ ประการแรกมีความจำเป็นในกระบวนการสลายกรดไขมัน ประการต่อมาช่วยให้ลดกลุ่มเอซิลที่มากเกินไปในไมโทคอนเดรีย และประการสุดท้ายมีบทบาทสำคัญในการล้างสารพิษให้กับร่างกาย ซึ่งในการทำงานของโครงร่างกล้ามเนื้ออย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับกระบวนการเผาผลาญอาหารในระหว่างการออกกำลังกาย[14] นอกจากนี้ Robert C. [15] ได้ระบุว่า แอล-คาน์นิทีนช่วยเสริมความสามารถของนักกีฬาในการออกกำลังกายจากการสังเคราะห์งานวิจัย 14 ฉบับ พบว่าประชากรจำนวน 305 คน โดยเฉพาะในนักกีฬาจำนวน 110 คนที่ได้รับการยืนยันว่าแอล-คาร์นิทีนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและนักกีฬาอีกจำนวน 70 คนไม่พบผลข้างเคียงที่เป็นอันตราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อค้นพบจากการศึกษาพบว่านักวิ่งมาราธอนจำนวน 7 คน ที่ได้รับแอล-คาร์นิทีนก่อนการแข่งขันในปริมาณ 2 กรัมต่อกิโลกรัม สามารถวิ่งได้ต่อเนื่องประมาณ 20 กิโลเมตร โดยมีการเพิ่มความเร็วถึง 5.7 เปอร์เซ็นต์ และมีความทนทานต่อการฝึกมากขึ้นตลอดจน

จบการแข่งขัน แม้ว่าจะพบแอล-คาร์นิทีนเพิ่มมากขึ้นในพลาสมา อีกทั้งพบว่าไม่มีผลต่อฮอร์โมนอินซูลิน คอร์ติซอลเอนไซม์กลูคาร์กอน ในระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยข้อสรุประบุว่าการรับประทานแอล-คาร์นิทีนทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเพิ่มออกซิเจนของการออกกำลังกาย 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบไหลเวียนของเลือดระหว่างการออกกำลังกายมีประสิทธิภาพดีขึ้น แอล-คาร์นิทีนจึงมีผลช่วยในการขยายตัวของเส้นเลือดฝอยเพื่อเพิ่มออกซิเจนในระหว่างออกกำลังกาย และช่วยกระตุ้นในการสร้างเลือดเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนเบาบางที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลนอกจากนี้การรับประทานแอล-คาร์นิทีนในปริมาณ 5 กรัมต่อวันทำให้มีอัตราการเต้นของหัวใจลดลง 5-7 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการออกกำลังกายนักวิจัยเชื่อว่าแอล-คาร์นิทีนสามารถลดความเข้มข้นของน้ำตาลในเลือดได้เมื่อเทียบกับอาหารเสริมชนิดอื่น อีกทั้ง Soop M, Bjorkman O, Cederblad G, Hagbenfeldt L, Wahren J.[16] ระบุว่าแอล-คาร์นิทีนไม่มีความสัมพันธ์กับกลไกการทำงานของอินซูลิน ในกระบวนการการเผาผลาญไขมันจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการลดคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL-C) และการเพิ่มขึ้นของคอลเลสเตรอลที่ดี (HDL-C) ซึ่งบทบาทของแอล-คาร์นิทีนจะช่วยลดอาการอุดตันของหลอดเลือดแดงโดยเฉพาะโรคหลอดเลือดหัวใจที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการดังที่กล่าวมา นอกจากนั้นยังพบว่าแอล-คาร์นิทีนมีผลต่อการลดน้ำหนักโดยจากการศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 13-17 ปี ซึ่งได้รับแอล-คาร์นิทีนจากอาหารและออกกำลังกายเหมือนกัน แต่กลุ่มทดลองจะได้รับแอล-คาร์นิทีน 2 กรัมต่อวัน เป็นประจำทุกวัน ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองมีน้ำหนักลดลง 5 กิโลกรัม และกลุ่มควบคุมลดลง 0.88 กิโลกรัมทั้งนี้เนื่องมาจากประโยชน์ของแอล-คาร์นิทีนที่มีบทบาทสำคัญในการเผาผลาญไขมันและมีสารที่สำคัญในการลดน้ำหนักเมื่อรับประทานในปริมาณที่เหมาะสม สอดคล้องกับ Arsenian MA.[17] ทำการศึกษาผู้ที่มีภาวะไขมันผิดปกติในร่างกายและโรคเบาหวานหลังจาก 4 เดือนพบว่าระดับคอเลสเตอรอลและไตกรีเซอร์ไรด์ลดลงตามลำดับ 20 เปอร์เซ็นต์และ 28 เปอร์เซ็นต์และความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลที่ดี (HDL-C) เพิ่มขึ้น 12 เปอร์เซนต์

Vecchiet L, Dilisa F, Pierlisi G, Ripari P, Menabo R, Giamberardino MA, Siliprandi N.[18] ได้ระบุว่า แอมโมเนียเป็นผลมาจากการย่อยสลายโปรตีนและมีผลทำให้เกิดความเมื่อยล้าระหว่างการออกกำลังกายการเสริมด้วยแอล-คาร์นิทีนจะช่วยลดการสะสมของแอมโมเนียในระหว่างการออกกำลังกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งภาวะที่ร่างกายได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจะผ่านการกระตุ้นของยูเรียและลดอนุมูลอิสระ นอกจากนี้แอล-คาร์นิทีนช่วยป้องกันสารพิษที่เกิดจากระดับของแอมโมเนียที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับ Eizadi M, Behbudi L, Shafiei M, Afsharmand Z.[19] ได้ระบุว่าแอล-คาร์นิทีนช่วยในการสลายกรดอะมิโนชนิดเพียวรินที่เป็นตัวก่ออนุมูลอิสระที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าซึ่งการเสริมด้วยแอล-คาร์นิทีนจะทำให้เกิดการสลายของกรดไขมัน เพราะกรดไขมันเป็นแหล่งพลังที่สำคัญของกล้ามเนื้อ ในการออกกำลังกายเป็นเวลานานแอล-คาร์นิทีนมีบทบาทสำคัญในการเผาผลาญไขมันโดยการสลายกรดไขมันขนส่งไปยังในไมโทคอนเดรียเพื่อผลิตพลังงาน การเสริมด้วยแอล-คาร์นิทีน จึงช่วยกระตุ้นการเกิดออกซิเดชันของไขมันในระหว่างการออกกำลังกายและการเก็บรักษาไกลโคเจนไว้ ในการเพิ่มระดับการสลายของกรดไขมันในระหว่างการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับระดับปริมาณของแอล-คาร์นิทีนของร่างกายนอกจากนี้ Brass EP.[20] ได้ศึกษางานวิจัยและได้รายงานประโยชน์ของแอล-คาร์นิทีนในการเผาผลาญไขมัน ซึ่งบทบาทของแอล-คาร์นิทีนพบการเผาผลาญไขมันในผู้ป่วยที่มีการขาดแอล-คาร์นิทีนค่อนข้างชัดเจนครั้งแรกที่เคยมีการศึกษาระบุถึงข้อดีของแอล-คาร์นิทีนจะช่วยเสริมสร้างการออกซิเดชันของกรดไขมันในคนที่ขาดแอล-คาร์นิทีน นอกจากนี้ยังศึกษาในนักกีฬาว่ายน้ำที่ฉีดแอล-คาร์นิทีนปริมาณ 1 กรัมและสังเกตเห็นปริมาณของของกรดไขมันชนิดไตรกลีเซอไรด์และแลคเตทเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดี และการศึกษาอื่นพบว่าเมื่อเทียบแอล-คาร์นิทีนกับคาร์โบไฮเดรต แอล-คาร์นิทีนจะมีการเพิ่มออกซิเดชันของไขมันหลังจากการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในการเสริมด้วยแอล-คาร์นิทีนจะลดความสามารถในระบบทางเดินหายใจซึ่งเป็นการเกิดออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นกับคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้การเสริมด้วยแอล-คาร์นิทีนปริมาณ 3 กรัมควบคู่กับการฉีดซีรั่ม Heparin ไตรกลีเซอไรด์ระหว่างการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานแบบกึ่งระดับสูงสุด จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการบริโภคแอล-คาร์นิทีนในปริมาณ 2 กรัมเป็นประจำทุกวันเป็นเวลา 1 เดือน พบว่านักวิ่งมีความอดทนมากขึ้นมี Reductase Cytochrome, Eeductase Cytochrome Succinate และ Cytochrome Oxidase ในไมโทคอนเดรียเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นการบริโภคแอล-คาร์นิทีนเพื่อเพิ่มความทนทานต่อการออกกำลังกายหรือการฝึกซ้อมให้ได้ผลที่ดีและมีประโยชน์ขึ้นอยู่กับปริมาณที่รับประทาน และช่วงจังหวะเวลาช่วยเพิ่มอัตราการเกิด Fatty acid oxidation ในกล้ามเนื้อขณะที่ออกกำลังกายได้สรุปการรับประทานแอล-คาร์นิทีนในขนาดที่เหมาะสมคือ 2 กรัมต่อวัน จะช่วยให้กล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพการทำงานและเกิดเมแทบอลิซึมโดยเฉพาะ Fatty acid oxidation

ได้เพิ่มขึ้น แต่การใช้สารทุกอย่างมีทั้งประโยชน์และโทษในตัวเอง ถึงแม้ว่าแอล-คาร์นิทีนจะไม่ปรากฏผลข้างเคียงใดๆ ที่เด่นชัดมากนัก แต่ก็มีงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าถ้ากินเข้าไปมากขนาด 5 กรัมต่อวัน หรือมากกว่าอาจทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียนได้ ส่วนอาการข้างเคียงอื่นๆ ที่อาจพบได้ เช่น มีความอยากอาหารเพิ่มขึ้น มีกลิ่นตัว และเกิดอาการผื่นแดง สำหรับคนที่มีอาการแพ้ต่ออาหารโปรตีน เช่น ไข่ นม หรือข้าวสาลี ไม่ควรกินผลิตภัณฑ์ที่เสริมแอล-คาร์นิทีนเป็นอันขาด รวมถึงคนที่มีปัญหาเกี่ยวกับตับ และไตหรือเด็กที่มีอายุยังไม่ถึง 2 ขวบ และสตรีมีครรภ์ควรหลีกเลี่ยงการใช้ ถ้าจำเป็นก็ควรอยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์

มุมมองด้านกล้ามเนื้อ

แอล-คาร์นิทีนมีความสำคัญต่อระบบกล้ามเนื้อของนักกีฬา เพราะระบบกล้ามเนื้อจัดว่าเป็นระบบที่มีความสำคัญต่อการเคลื่อนไหว และการทำงานของอวัยวะภายใน ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อ เกิดจากการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานทางเคมีเป็นพลังงานกล โดยแอล-คาร์นิทีนมีการสังเคราะห์จากกรดอะมิโน 2 ชนิดคือ Lysine และ Methionine มีโครงสร้างทางเคมี คือ $C_7H_{15}NO_3$ ซึ่งการเสริมด้วยแอล-คาร์นิทีนช่วยลดการสะสมกรดแลคติกส่งผลให้การขัดขวางการเผาผลาญไขมันน้อยลง ทำให้การเผาผลาญไขมันเพิ่มสูงขึ้น[21] สอดคล้องกับ Wachter S,Vogtm M, Kreis R, Boesch C, Bigler P, Hoppeler H, Kerahenbuh S.[22] ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของแอล-คาร์นิทีนในเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อในนักกีฬาและคนธรรมดาที่จากการรายงานจะมีลักษณะเหมือนกัน ผลจากการรับประทานแอล-คาร์นิทีนในระหว่างการออกกำลังกายพบว่ากล้ามเนื้อจะมีความอดทนมากเป็นพิเศษ ในการรับประทานแอล-คาร์นิทีนจะขึ้นอยู่กับปริมาณและระยะเวลาของการรับประทานอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนความเข้มข้นซึ่งการดูดซึมได้สูงสุดของแอล-คาร์นิทีนในน้ำเลือดจะเกิดขึ้น 3-5 ชั่วโมงหลังจากการรับประทาน ซึ่งการรับประทานแอล-คาร์นิทีน 1 โมล เป็นเวลาหลายวันหรือหลายสัปดาห์นั้นจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ แต่จะไปเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเลือด ถึงแม้ว่าความเข้มข้นแอล-คาร์นิทีนจะไม่ทำให้กล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงแต่จะส่งผลกระทบต่อสรีรวิทยาของร่างกาย ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานและการออกกำลังกาย ซึ่งพบว่าแอล-คาร์นิทีนมีในกล้ามเนื้อหากรับประทานในระยะเวลายาว ในขณะที่ร่างกายของนักกีฬาได้พักผ่อนระบบกล้ามเนื้อก็ยังมีการสะสมแอล-คาร์นิทีน ซึ่งสะสมอยู่ในรูปของแอล-คาร์นิทีน 80 เปอร์เซ็นต์และอยู่ในรูปของ อะซิติลคาร์นิทีน 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการออกกำลังกายในระดับปานกลาง (ต่ำกว่าระดับ Threshold จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับของแอล-คาร์นิทีนในกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ แต่การออกกำลังกายที่สูงเป็นเวลา 10 นาที จะทำให้แอล-คาร์นิทีนในกล้ามเนื้อถูกแทนที่ด้วย อะซิติลคาร์นิทีน 20-50 เปอร์เซ็นต์ และอีก 45-70 เปอร์เซ็นต์แอล-คาร์นิทีนจะอยู่ในรูปของอะซิติล และได้ระบุว่าแอล-คาร์นิทีนในกล้ามเนื้อลดลงถึง 20 เปอร์เซ็นต์ในระหว่างการออกกำลังกายนาน 40 นาที ที่ระดับเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของความสามารถในการวัดประสิทธิภาพสูงสุดของการใช้ออกซิเจน (VO_2Max) และพบความแตกต่างของหลอดเลือดดำ

แอล-คาร์นิทีนจะช่วยเสริมสร้างในเรื่องความทนทานของการออกกำลังกาย ประการแรกคือ ความเข้มข้นของแอล-คาร์นิทีนจะมีอยู่ในกล้ามเนื้อปริมาณที่น้อย จะทำให้อัตราการทำงานของ Acyltransferasesสูง และจะเพิ่มอัตราในการสลายของกรดไขมันในระหว่างการออกกำลังกาย ประการต่อมาการรับประทานแอล-คาร์นิทีนจะช่วยเพิ่มปริมาณของแอล-คาร์นิทีนในกล้ามเนื้อ และประการสุดท้ายแอล-คาร์นิทีนจะช่วยเพิ่มอัตราการสลายของกรดไขมันชนิด triacylglycerols ของกล้ามเนื้อในระหว่างการออกกำลังกาย อีกทั้งลดการสลายไกลโคเจนและความเมื่อยล้า ซึ่งในทางวิทยาศาสตร์ได้แนะนำถึงประโยชน์ของแอล-คาร์นิทีนเพื่อช่วยในการเสริมสร้างกล้ามเนื้อในระหว่างการออกกำลังกาย ดังนั้นในปัจจุบันมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มากมายต่างระบุตรงกันว่าการใช้แอล-คาร์นิทีนจะช่วยส่งเสริมเมตาบอลิซึมของกรดไขมันตามกลไกที่กล่าวไว้ข้างต้น และยังช่วยเสริมสร้างกล้ามเนื้อเมื่อมีการออกกำลังกายแบบแอโรบิกส่งผลให้เซลล์เกิดการสลายกรดไขมันไปเป็นพลังงาน ซึ่งจะให้พลังงานหลักแก่เซลล์อย่างต่อเนื่อง และยังช่วยให้นักกีฬามีความทนต่อการฝึกซ้อมและการแข่งขันต่อเนื่องอย่างมีประสิทธิภาพ

สรุป

แอล-คาร์นิทีนมีบทบาทสำคัญในการลำเลียงกรดไขมันโซ่ยาวใน Mitochondria มีผลต่อการเผาผลาญอาหารของโคเอนไซม์ (COA) การใช้แอล-คาร์นิทีนเสริมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางร่างกายได้กลายเป็นที่แพร่หลายในหลายปีที่ผ่านมา แม้จะไม่มีการสนับสนุนที่ชัดเจนในทางปฏิบัติ แต่ภาพสะท้อนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในปัจจุบันมีความสำคัญเพราะผลกระทบของการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นแอล-คาร์นิทีนในร่างกายนั้นได้รับการส่งต่อไปในการสนับสนุนของผลที่อาจเกิดขึ้นเกี่ยวกับการเสริมพลัง (Ergogenic Aid) ในทางกลับกันมีการสนับสนุนจากงานวิจัยพบว่า การเสริมแอล-คาร์นิทีน

ไม่ช่วยเพิ่มออกซิเดชันในร่างกายหรือช่วยในการสำรองไกลโคเจน ดังนั้นการที่ชะลอความเมื่อยล้าระหว่างการออกกำลังกาย พบว่ายังไม่ได้งานวิจัยรองรับอย่างชัดเจน บางงานวิจัยไม่สนับสนุนเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของนักกีฬาโดยเฉพาะบางงานวิจัยกลับพบว่า การเสริมแอล-คาร์นิทีนไม่ได้ลดไขมันในร่างกายหรือช่วยในการลดน้ำหนัก ซึ่งในกรณีผลการศึกษาที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับระหว่างไพรูเวต (Pyruvate) และแลคเตต (Lactate) เรียกว่า Pyruvate Dehydrogenase Complex (PDC) พบว่ามีการใช้งานอย่างเต็มที่แล้วหลังจากไม่กี่วินาทีของการออกกำลังกายที่มีการกำหนดความหนักของการออกกำลังกายแบบเข้มข้นไม่ได้ทำให้มีอัตราการเพิ่มขึ้นของ Acetyl-CoA สำหรับระหว่างการออกกำลังกายของร่างกายพบว่าไม่มีผลกระทบต่อการสะสมแลคเตท นั่นแสดงให้เห็นว่าการเสริมแอล-คาร์นิทีนต่อเนื่องไม่ได้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2Max) โดยเฉพาะระหว่างการออกกำลังกายที่มีการกระจายของแอล-คาร์นิทีนและ Acylcarnitines ในกล้ามเนื้อพบว่ามีการสูญเสียของแอล-คาร์นิทีนทั้งหมดในปริมาณน้อย นักกีฬาไม่ได้มีความเสี่ยงสำหรับการขาดแอล-คาร์นิทีนและไม่ได้มีความต้องการที่รับเพิ่มขึ้น แม้ว่าจะมีบางทฤษฎีที่ระบุผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นที่เกี่ยวกับการเสริมเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกาย แต่ปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบในทางลบหากนักกีฬารับประทานภายใต้การดูแลของแพทย์และเภสัชกร และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการนำแอล-คาร์นิทีนไปใช้ทางด้านชีวเคมีและสรีระวิทยา หรือพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่ทำให้เกิดผลชัดเจนมากขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. Francis B, Stephens D, Constantin T, Paul L. New insights concerning the role of carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle.*Journal of Physiology* 2007,581(2): 431–444.
2. Matsomoto YI, Amano S. Effects of L-carnitinesupplemenation of renal anemia in poor responders to erythropoietin. *blood purification* 2001, 19(1): 24-32.
3. Joaquin A, Juan C, Rubio MA, Martin, Yolanda Campos. 1998. Biological roles of L-carnitine in perinatal metabolism. *Early Human Development* 53 (Supplemental) 1992, 43-50.
4. Davies RL, Weintaub AB. Expresion of a single transfected cDNA converts fibroblasts to myoblasts. *Cell* 1987, 51(6): 987-1000.
5. Flanagan JL, Simmons PA, Mark JV, Willcox1DP, Garrett Q. Role of carnitine in disease. *Nutrition &Metabolis*. 2010, **7**:30
6. Joaquin A, Juan C, Rubio MA, Martin, Yolanda Campos. Biological roles of L-carnitine in perinatal metabolism. *Early Human Development* 53 (Supplemental)1998, 43-50.
7. Bai YY, Sun L, Liu JH, Sun RT. L-Carnitine and cardiovasculardisease: from basic science to clinical application. *Cardiology*. 2009;114(1S):128.
8. Sherman WM, Costill DL, Fink WJ, Miller JM. The effect of exercise and diet anipulation on muscle glycogen and its subsequent use during performance. *International Journal of sport Medicine*1981,2(2): 114-118.
9. Horleys. L-Carnitine.A division of NaturalacNutrition. Level 2. Available from: *http:// horleys. Com,* 2003.
10. Natali A. Effects of acute hypercarnetinemia during increased fatty substrate oxidation in man. *Metabolism* 1993, 42(5): 594-600.
11. Orer GE. The effects of acute L-carnitine supplementation on endurance performance of athletes. *Journal Of Strength And Conditioning Research* 2014, 28(2): 514-519.
12. Trappe SW, Costill DL, Goopaster B, Vukovich MD, Fink WJ. The effects of L-carnitine supplementation on performance during interval swimming.*International Journal of sport Medicine* 1994,15(4): 181-5.
13. Huang A, Owen K.Role of supplementary L-carnitine in exercise and exercise recovery.Med *Sport Sci*. 2012, 59:135-142.
14. Holloszy JO, Oscai IJ. Mitochondrial citric acid cycle and related enzymes, adaptive response to exercise. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 1970, 40(6): 1368-73.
15. Robert C. Carnitine may benefit Athletes. *Journal of theAmerican College of Nutrition* 1998, 17(6): 646-650.
16. Soop M, Bjorkman O, Cederblad G, Hagbenfeldt L, Wahren J. Influence of carnitine supplementation on muscle subestrate and carnitine metabolism during exercise. *Journal of Applied Physiology* 1998, 64(6): 2394-9.

17. Arsenian MA. Carnitine and its derivatives in cardiovascular disease.*Progress in Cardiovascular Diseases* 1997, 40(3): 265-86.
18. Vecchiet L, Dilisa F, Pierlisi G, Ripari P, Menabo R, Giamberardino MA, Siliprandi N. Influence of L-carnitineadminstration on maximal physical exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 1991, 61(5-6): 486-90.
19. Eizadi M, Khorshidi D, Samarikhalaj H, Dooaly H Effects carnitine and exercise. *The American* of *Increased FFA Availability on Aerobic Capacity* 2011,1(4): 376-385.
20. Brass EP. Supplemental carnitine and exercise.*The American Journal of clinical nutrition* 2000, 72(2): 6185-6235.
21. Arenas J, Ricoy JR, Encinas AR, Pola P, D' Iddio S, Zeviani M, Dionata S, Corsi M. In muscle serum and urine of nonprofessional athletes: Effects of physical exercise training and L-carnitine administration. *Muscle Nerve*, 1991; 14(7): 598-604.
22. Wachter S, Vogtm M, Kreis R, Boesch C, Bigler P, Hoppeler H, Kerahenbuh S. Long-term adminstration of L-carnitine to human: effect on skeletal muscle carnitine content and physical performance. *Clinchim Acta* 2002, 318(1-2): 51-6