

ผลของการใช้โซเดียมซิเตรตต่อระดับแลคเตทและภาวะต้านอนุมูลอิสระในเลือดภายหลัง
การออกกำลังกายอย่างหนักจนหมดแรง

Effect of Sodium Citrate Loading on Blood Lactate and Antioxidant Status after
Acute Exhaustive Exercise

ศาสตราจารย์ สุนทรภักดี (Sasawat Soonthornkiti)* วิลไล อนามะศิริ (Wilai Anomasiri)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้โซเดียมซิเตรตต่อระดับแลคเตทและภาวะต้านอนุมูลอิสระในเลือด ภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักโดยเปรียบเทียบกับสารควบคุม (โซเดียมคลอไรด์) เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง แบบไขว้ โดยทำการศึกษาในอาสาสมัครเพศชายอายุ 18-30 ปี จำนวน 7 คน เปรียบเทียบระหว่างการดื่มสารละลายโซเดียมซิเตรตและสารควบคุม (โซเดียมคลอไรด์) ก่อนทำการทดสอบด้วยการวิ่ง Bruce treadmill protocol และทำการวัดค่าพารามิเตอร์ในเลือด คือ ระดับแลคเตทในเลือด ระดับภาวะต้านอนุมูลอิสระในเลือดที่เวลาต่าง ๆ ผลการวิจัยพบว่า ระดับแลคเตทในเลือดของกลุ่มที่ได้รับสารละลายแลคเตทมีค่ามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังการทดสอบนาที่ที่ 10 ($p<0.05$) และค่าภาวะต้านอนุมูลอิสระ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการทดสอบนาที่ที่ 10 และ 30 ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงผลของการเสริมโซเดียมซิเตรตสามารถที่จะเพิ่มความทนต่อการล้าจากแลคเตทในเลือดและเพิ่มภาวะต้านอนุมูลอิสระในอาสาสมัครที่ออกกำลังกายอย่างหนักจนหมดแรง

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of sodium citrate loading on blood lactate and antioxidant status after acute exhaustive exercise. The study was using an experimental study with cross-over design. Seven males age of 18-30 years old participated in this study. Subjects received sodium citrate drink or placebo drink (sodium chloride) in 2 trials before Bruce treadmill protocol exercise. Blood were collected for lactate and antioxidant status by FRAP assay. The result showed that sodium citrate or experimental group significantly increased of blood lactate at time point 10 minute after exhaustive exercise ($p<0.05$) than placebo group. The Frap activity demonstrated significant decreased in sodium citrate group at 10 and 30 minutes after exhaustive exercise ($p<0.05$). In conclusion, sodium citrate loading increased lactate tolerance and antioxidant capacity in subjects after acute exhaustive exercise.

คำสำคัญ: ภาวะต้านอนุมูลอิสระ ระดับแลคเตทในเลือด โซเดียมซิเตรต

Key Words: Oxidative stress, Blood lactate, Sodium citrate

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

การออกกำลังกายเป็นกิจกรรมที่นิยมของคนทุกเพศทุกวัย ทั้งผู้ที่มีสุขภาพดีและผู้ที่มีโรคประจำตัว เนื่องจากส่งผลดีต่อร่างกายและจิตใจ อีกทั้งปัจจุบันมีรูปแบบของการออกกำลังกายหลากหลายชนิดให้เลือก เช่น ฟิตเนส โยคะ รมวูจิ้น เคน เคนเร็ว วิ่ง ปั่นจักรยาน หรือการเล่นกีฬาต่างๆ โดยสามารถเลือกได้ตามความชื่นชอบและความสะดวกของแต่ละบุคคล ผลดีต่อสุขภาพที่ได้จากการออกกำลังกายมีมากมาย ช่วยทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้น เพิ่มความยืดหยุ่น ระบบไหลเวียนโลหิตที่ดีขึ้น ลดความอ้วน ชะลอวัย เพิ่มภูมิคุ้มกัน และส่งเสริมบุคลิกภาพให้ดียิ่งขึ้น ด้วยประโยชน์เหล่านี้ทำให้คนทั่วไปที่ใส่ใจในการดูแลสุขภาพได้ตระหนักและออกกำลังกายกันมากขึ้น ซึ่งอาจเพิ่มขึ้นโดยคิดจาก ระยะเวลาที่ออกกำลังกายต่อครั้ง ความหนักในแต่ละครั้งที่เพิ่มขึ้น และความถี่ของการออกกำลังกายที่มากขึ้นต่อสัปดาห์ แต่นอกจากเกิดผลดีแล้ว การออกกำลังกายที่หนักมากเกินไปอาจก่อให้เกิดภาวะที่ไม่ดีได้ เช่น การล้าของ lactic acid และ ภาวะ oxidative stress (Robergs et al., 2004; Powers et al., 2008)

ในขณะที่ออกกำลังกายแหล่งพลังงานหลักที่ร่างกายนำมาใช้ คือ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งคาร์โบไฮเดรตจะถูกนำมาสลายเพื่อให้ได้พลังงานผ่านกระบวนการสลายพลังงานที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน โดยในช่วงแรกของการออกกำลังกายนั้นเป็นการใช้พลังงานจากกระบวนการสลายพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจน คือ Phosphagen และ Glycolysis (McArdle et al., 2007) หลังจากสองกระบวนการนี้จะเป็นการใช้พลังงานจากกระบวนการที่ใช้ออกซิเจน (aerobic system) แต่เมื่อออกกำลังกายนานขึ้น ความหนักมากขึ้น ร่างกายต้องการพลังงานเพื่อนำมาใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อมากขึ้น เช่นกัน แต่ออกซิเจนที่เข้าไปในระบบเผาผลาญพลังงานนั้นไม่สามารถสนับสนุนการให้พลังงานได้พอเพียงกับความต้องการของเซลล์กล้ามเนื้อในการหดตัวได้ ดังนั้นร่างกายจึงกลับไปใช้พลังงานจากกระบวนการเผาผลาญพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจนที่นำมาใช้ได้รวดเร็วกว่า คือ

Glycolysis (Robergs et al., 2004; McArdle et al., 2007)

กระบวนการ Glycolysis สามารถทำให้เกิด ATP เพื่อเป็นพลังงานให้แก่เซลล์กล้ามเนื้อในการทำงาน และทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อื่นอีก lactic acid ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้กล้ามเนื้อเกิดอาการล้า ปวดกล้ามเนื้อ ประสิทธิภาพการทำงานลดลง โดยการตรวจพบว่ามี การเพิ่มขึ้นกระบวนการ glycolysis และ lactic acid ได้จากระดับแลคเตทในเลือดที่มากขึ้น นอกจากนั้นการล้าของ lactic acid ยังเป็นสาเหตุในการสนับสนุนการเกิดอีกกระบวนการ คือ กระบวนการ Oxidative stress (Siesjö et al., 1985)

Oxidative stress หมายถึง อนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์ โดยปกติจะมีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เป็นตัวรับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น แต่ในสภาวะที่มีการทำงานของเซลล์จนเกิดอนุมูลอิสระจำนวนมาก เกินกว่าที่ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อการป้องกัน ทำให้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นไปทำปฏิกิริยาและสร้างความเสียหายต่อไขมัน โปรตีน และดีเอ็นเอ (Powers et al., 2008; Deaton et al., 2003)

โดย Oxidative stress นั้นมีผลต่อการทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อจากผลของอนุมูลอิสระที่มีมากขึ้นเรื่อยๆ ขณะออกกำลังกายอย่างหนัก ไปทำปฏิกิริยาต่อส่วนประกอบของเซลล์ ส่งผลให้เซลล์มีการทำงานบกพร่อง ทั้งกระบวนการสร้าง ATP ทำให้สร้างได้น้อยลง กระบวนการปล่อยแคลเซียมจาก sarcoplasmic reticulum และกระบวนการทำงานของ actin และ myosin ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงจากเดิมเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะที่ยังไม่เกิด oxidative stress (Powers et al., 2008)

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จะพบว่าการออกกำลังกายที่มีความหนักมาก จะสามารถทำให้เกิดการล้าของ lactic acid และ oxidative stress ได้ โดยความสัมพันธ์ของการล้า lactic acid ต่อกระบวนการ Oxidative stress คือ lactic acid เมื่อแตกตัวจะได้ lactate และ H^+ โดยการสะสมของ H^+ นั้นจะทำให้เกิดสภาวะ

กรดขึ้น และทำให้ iron protein binding site (Ferritin) ปลดปล่อย Fe^{2+} ออกมา ส่งผลให้เกิดกระบวนการ Oxidative stress มากขึ้นเช่นกัน (Siesjö et al., 1985) การเกิดกระบวนการ Oxidative stress ที่มากขึ้นนั้นสามารถวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าสารต้านอนุมูลอิสระในกระแสเลือด เช่น FRAP ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่พบเกิดจากสารอนุมูลอิสระทำปฏิกิริยามากขึ้น โดยสามารถเพิ่มความทนต่อการคั่ง lactic acid ได้จากฝึกการออกกำลังกายที่ระดับ anaerobic threshold หรือทานสารอาหารเสริม เช่น sodium citrate (Oopik et al., 2004; Kowalchuk et al., 1989)

ปัจจุบัน sodium citrate ได้รับความสนใจและนำมาศึกษาถึงประสิทธิภาพในการช่วยให้ทนต่อการคั่งของ lactic acid ที่เกิดจากการออกกำลังกาย ผลการศึกษาพบว่า นอกจาก sodium citrate ช่วยให้ทนต่อการคั่งของ lactic acid แล้ว ยังทำให้เกิดการสลายพลังงานจากกระบวนการ glycolysis (Requena et al., 2005; Kowalchuk et al., 1989) ได้ดีกว่าการไม่ให้ sodium citrate แต่ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับผลของ sodium citrate ต่อระดับ lactate และภาวะสารต้านอนุมูลอิสระในเลือดรวมกันภายหลังการออกกำลังกาย

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้สนใจการศึกษาผลของการให้สารละลาย sodium citrate ก่อนการออกกำลังกายต่อระดับ lactate และภาวะสารต้านอนุมูลอิสระในเลือดหลังการออกกำลังกายอย่างหนักจนหมดแรง เพื่อเป็นตัวเลือกในการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย และเป็นแนวทางให้ผู้ที่มีความสนใจ สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการใช้สารละลายโซเดียมซิเตรต ก่อนการออกกำลังกายอย่างหนักจนหมดแรง ต่อระดับแลคเตทและสารต้านอนุมูลอิสระในเลือดที่เปลี่ยนแปลงในช่วงก่อนและหลังการออกกำลังกาย

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนของระดับแลคเตทและภาวะต้านอนุมูลอิสระในเลือดที่เปลี่ยนแปลงในช่วงก่อนและหลังการออกกำลังกาย

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย ในการประชุมครั้งที่ 328/56 ในวันที่ 27 สิงหาคม 2556

การวิจัยเชิงทดลองเปรียบเทียบเครื่องดื่ม 2 ชนิด คือ โซเดียมซิเตรต (สารทดลอง) และ โซเดียมกลูไร์ด (สารควบคุม) ในลักษณะการทดลองแบบ cross over design และสุ่มแบบ randomized cross over sampling โดยแต่ละการทดสอบจะห่างกันอย่างน้อย 7 วัน

ประชากรตัวอย่าง

คัดเลือกอาสาสมัครเพศชาย อายุระหว่าง 18-30 ปี เป็นผู้ที่ไม่มีสุขภาพดีไม่มีโรคประจำตัว ออกกำลังกายสม่ำเสมอ 1-3 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยไม่รับประทานอาหารเสริมหรือวิตามินที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ไม่มีอาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อหรือข้อต่อบริเวณที่มีผลต่อการทดสอบ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา และไม่มีประวัติการสูบบุหรี่ อาสาสมัครจะถูกร้องขอให้ควบคุมอาหารก่อนการทดสอบ 3 วัน โดยหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน 12 ชั่วโมง แอลกอฮอล์อย่างน้อย 48 ชั่วโมง และหลีกเลี่ยงกิจกรรมที่มีความหนักมาก 24 ชั่วโมง และในวันที่มาทดสอบอนุญาตให้ดื่มได้เพียงน้ำเปล่าก่อนมาถึงห้องปฏิบัติการ

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

อาสาสมัครต้องเข้าร่วมทดสอบจำนวน 2 ครั้ง เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการในช่วงเช้า อาสาสมัครจะถูกขอเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อเป็นค่าเปรียบเทียบก่อนดื่มสารละลาย โดยทำการคาเข็มบริเวณหลังมือ หลังจากนั้นรับประทานอาหารเช้าที่จัดเตรียมไว้ให้และดื่มสารละลาย โซเดียมซิ

เตรต หรือ โซเดียมคลอไรด์ ให้หมดในเวลา 15 นาที และ
นั่งพักเป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนการทดสอบเพื่อให้สารละลาย
ถูกดูดซึม เมื่อครบ 2 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างเลือดก่อน
ขึ้นทำการทดสอบ และเริ่มการทดสอบด้วยโปรแกรม
Bruce treadmill จนกระทั่งเหนื่อยจนทนไม่ไหว หรือ
เข้าเกณฑ์การทำการทดสอบ VO_{2max} คือ 1. อัตราการเต้น
ของหัวใจถึง อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดของอาสาสมัคร
(100% ของ maximum heart rate) 2. ค่า RER มากกว่า 1.15
3. RPE มากกว่า 17 โดยใช้ Borg scale (6-20) หลังจากนั้น
เก็บตัวอย่างเลือดอาสาสมัครหลังการทดสอบเสร็จ 5, 10,
30 นาที เพื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสารเคมี
ในเลือด

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดอาสาสมัครในแต่ละครั้ง
ปริมาณ 6 มล. จากหลอดเลือดดำ โดยการเจาะบริเวณหลัง
มือ แล้วแบ่งใส่หลอด EDTA tube 4 มล. เพื่อตรวจภาวะ
ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี Ferric reducing ability of plasma
assay (Iris F. F. Benzie et al., 1996) และแบ่งใส่หลอด NaF
tube 2 มล. เพื่อตรวจค่า Blood lactate ด้วยชุดตรวจของ
บริษัท Trinity

สารละลายโซเดียมซัลเฟต สารควบคุมและอาหารเข้า

สารละลายโซเดียมซัลเฟตประกอบด้วยโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 0.5 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ในน้ำ 1
ลิตร และสารควบคุมประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ 0.045
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ในน้ำ 1 ลิตร อาสาสมัครจะได้รับ
ประทานอาหารเข้าข้าวผัดปู อีชีโกล์ 1 กล่อง ก่อนดื่ม
สารละลายตามให้หมดภายในระยะเวลา 15 นาที และนั่งพัก
เป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ทำวิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS (Statistical
Package for the Social Sciences) for Window version 16.0
เพื่อแสดงผลข้อมูลพื้นฐาน

1. ข้อมูลเชิงปริมาณนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard deviation; SD)
2. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่า Blood lactate และ antioxidant capacity โดยวิธี FRAP เพื่อทดสอบผลของการดื่มสารละลายโซเดียมซัลเฟตและสารควบคุม โดยใช้สถิติแบบ analysis of variance (ANOVA) with repeated measures
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงของ Blood lactate และ Frap ด้วย Spearman's coefficient
4. ทดสอบสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 95 % ของความเชื่อมั่น

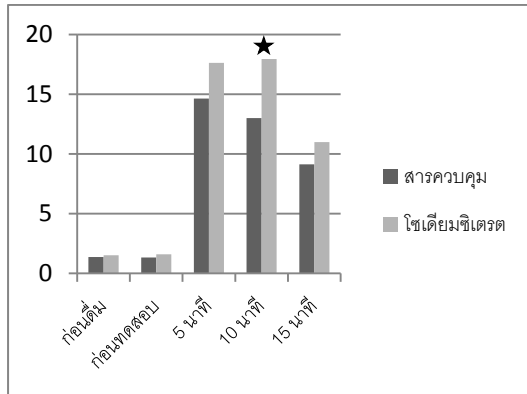
ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ
ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร 7 คน

ข้อมูลทั่วไป	Mean $\pm$ SD
อายุ (ปี)	24.43 $\pm$ 1.13
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	70.57 $\pm$ 7.27
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	172 $\pm$ 5.31
BMI (kg/m^2)	23.73 $\pm$ 2.28
VO_{2max} /kg (ml/min/kg)	40.44 $\pm$ 5.46

ปริมาณแลคเตทในเลือด

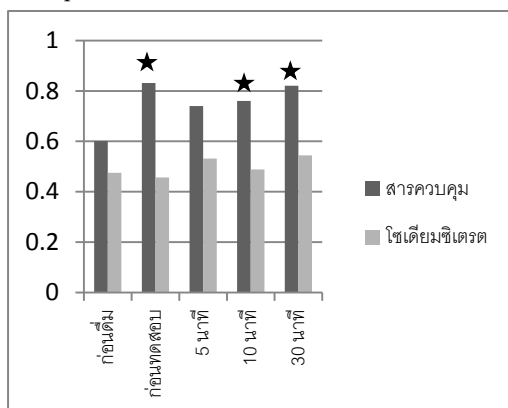
การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการดื่ม
โซเดียมซัลเฟตและสารควบคุม พบว่า ในครั้งที่ดื่ม
สารละลายโซเดียมซัลเฟตจะมีค่า lactate ในเลือดภายหลัง
การทดสอบเพิ่มมากขึ้นที่ 5, 10 และ 30 เมื่อเทียบกับ
กลุ่มที่ดื่มสารละลายควบคุม โดยเฉพาะที่ 10 จะ
เพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สารควบคุม 3.98 ± 0.93
mmol/l กับ สารละลายโซเดียมซัลเฟต 5.49 ± 0.85
mmol/l) ($p < 0.05$)



รูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าแลคเตทในเลือดที่
 ช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มโซเดียมซิเตรตและสาร
 ควบคุม (★ significant differences เมื่อเทียบ
 ระหว่างกลุ่มโซเดียมซิเตรตและกลุ่มสาร
 ควบคุม($p<0.05$))

ภาวะด้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP

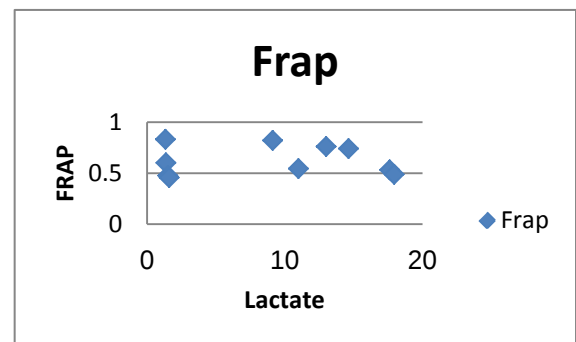
การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการดื่ม
 โซเดียมซิเตรตและสารควบคุม พบว่าในครั้งการดื่ม
 สารละลายโซเดียมซิเตรตมีการเปลี่ยนแปลงของภาวะ
 ด้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าเมื่อเทียบกับจุดเริ่มต้น .
 ในขณะที่ภาวะด้านอนุมูลอิสระของกลุ่มที่ดื่มสารละลาย
 ควบคุม มีการเปลี่ยนแปลงที่กว้างมากเมื่อเทียบกับ
 จุดเริ่มต้น นอกจากนี้ ภาวะด้านอนุมูลอิสระโดยวิธี
 FRAP ในเลือดของกลุ่มที่ดื่มสารละลายโซเดียมซิเตรต
 ที่จุด ก่อนทดสอบ หลังทดสอบนาที่ที่ 10 และ 30 มีค่า
 น้อยกว่ากลุ่มที่ดื่มสารละลายควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทาง
 สถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่า FRAP ในเลือดที่
 ช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มโซเดียมซิเตรตและสาร

ควบคุม (★ significant differences เมื่อเทียบ
 ระหว่างกลุ่มโซเดียมซิเตรตและกลุ่มสารควบคุม
 ($p<0.05$))

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแลคเตทในเลือดกับภาวะ
 ด้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP การเปลี่ยนแปลงของ
 ปริมาณแลคเตทในเลือด ไม่มีความสัมพันธ์กับการ
 เปลี่ยนแปลงภาวะด้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP เมื่อ
 คำนวณด้วยวิธีทางสถิติจะให้ค่า correlation coefficient r^2
 เท่ากับ 0.00126



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Blood lactate กับ
 Frap

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการดื่ม
 โซเดียมซิเตรตกับสารควบคุม(โซเดียมคลอไรด์) ที่มีต่อ
 ปริมาณแลคเตทในเลือดและ ภาวะด้านอนุมูลอิสระโดย
 วิธี FRAP ภายหลังจากออกกำลังกายอย่างหนัก พบว่า
 การดื่มสารละลายซิเตรตส่งผลให้ค่าปริมาณแลคเตทใน
 เลือด ภายหลังจากออกกำลังกายมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่ง
 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Oopik (2004) ที่ทำการศึกษา
 ผลของโซเดียมซิเตรตต่อประสิทธิภาพในการวิ่ง 5
 กิโลเมตร ในนักกีฬาวิ่ง ผลการศึกษาพบว่าการให้
 โซเดียมซิเตรต นั้นมีการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณแลคเตท
 ในเลือด ระหว่างก่อนและหลังวิ่งมีการเปลี่ยนแปลง
 มากกว่าครั้งควบคุม และยังสามารทำเวลาในการวิ่ง 5
 กิโลเมตร ได้น้อยกว่าครั้งควบคุมด้วย เมื่ออธิบายทาง
 ทฤษฎีกล่าวได้ว่า โซเดียมซิเตรต ช่วยสนับสนุนการใช้
 พลังงานจากระบวนการ glycolysis ด้วยการไปลด
 สภาพความเป็นกรด (ลด H^+ และเพิ่ม HCO_3^-) ภาวะ

metabolic acidosis ที่ทำให้กล้ามเนื้อล้าจึงเกิดช้าลง ทำให้เกิด glycolysis ต่อไปได้อีกมากขึ้น ปริมาณ lactate ในเลือดจะเพิ่มมากขึ้นด้วย

และได้ศึกษาผลของโซเดียมซิเตรตต่อภาวะต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP พบว่าการให้โซเดียมซิเตรตส่งผลให้ภาวะต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP ในเลือด ภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักมีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยโซเดียมซิเตรตนั้นอาจมีกระบวนการในการช่วยทำให้การทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระลดลง โดยการเข้าไปจับ Fe^{2+} ซึ่งหลุดมาขณะเกิดกระบวนการ oxidative stress ภายหลังจากการออกกำลังกายได้

โดยความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณแลคเตทในเลือดกับภาวะต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP นั้นไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กันเลย อาจเป็นเนื่องมาจากอาสาสมัครจำนวนน้อย

ถึงแม้ว่า งานวิจัยนี้ซึ่งเป็นการศึกษาเบื้องต้น โดยมีจำนวนอาสาสมัครเพียง 7 คน สามารถแสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ดื่มสารละลายโซเดียมซิเตรตและกลุ่มควบคุมที่ดื่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ผู้วิจัยเสนอแนะให้ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมากขึ้น เพื่อยืนยันผลที่น่าจะเป็นของการดื่มสารละลายซิเตรตเพื่อเพิ่มความทนต่อปริมาณ lactate ในเลือด และเพิ่มศักยภาพภาวะต้านอนุมูลอิสระในนักกีฬาที่ออกกำลังกายอย่างหนักจนล้า

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือกลาง คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ เพื่อทำการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวสำหรับการวิจัย และขอขอบคุณอาสาสมัครทุกคนที่ให้ความร่วมมืออย่างดีในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Deaton CM, Marlin DJ. Exercise-associated oxidative stress. *Clinical Techniques in Equine Practice*. 2003 Sep;2(3):278–91.
- Iris F. F. Benzie, J. J. Strain The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay *Analytical Biochemistry*. 1996;239:70–76
- Kowalchuk JM, Maltais SA, Yamaji K, Hughson RL. The effect of citrate loading on exercise performance, acid-base balance and metabolism. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1989;58(8):858–64.
- McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance. Lippincott Williams&Wilki; 2007.
- Oopik V, Saaremetts I, Timpmann S, Medijainen L, Karelson K. Effects of acute ingestion of sodium citrate on metabolism and 5-km running performance: a field study. *Can J Appl Physiol*. 2004 Dec;29(6):691–703.
- Powers SK, Jackson MJ. Exercise-Induced Oxidative Stress: Cellular Mechanisms and Impact on Muscle Force Production. *Physiol Rev*. 2008 Oct 1;88(4):1243–76.
- Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol*. 2004 Sep;287(3):R502–516.
- Requena B, Zabala M, Padial P, Feriche B. Sodium bicarbonate and sodium citrate: ergogenic aids? *J Strength Cond Res*. 2005 Feb;19(1):213–24.

Siesjö BK, Bendek G, Koide T, Westerberg E, Wieloch

T. Influence of acidosis on lipid peroxidation
in brain tissues in vitro. J. Cereb. Blood Flow
Metab. 1985 Jun;5(2):253–8.

Trinity Biotech. LACTATE. 2001