บทที่ 5
สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลองเรื่อง ผลของวิตามินซีต่ออาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายในหญิงไทยที่มีอายุระหว่าง 19-24 ปี ที่ไม่ได้ออกกำลังกายสม่ำเสมอหรือออกกำลังกายไม่เกินสัปดาห์ละ 3 วัน วันละไม่เกิน 30 นาที ในการศึกษาเปรียบเทียบผลของวิตามินซีปริมาณ 2,000 มิลลิกรัมต่อวันเป็นระยะเวลา 14 วันก่อนการออกกำลังกายและ 4 วันหลังการออกกำลังกายแบบ Eccentric contraction ในการป้องกันการเกิดอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกาย (Delayed onset muscle soreness) โดยการเปรียบเทียบจุดกดเจ็บบริเวณกล้ามเนื้อ (Pressure pain threshold) ค่าแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal isometric contraction) มุมการเคลื่อนไหวในการงอศอก (Range of motion) อาการบวมโดยการวัดขนาดเส้นรอบวงแขน (Circumference) ระดับการรับรู้ความเจ็บปวด (Visual analogue scale) และระดับเอนไซน์ Creatine Kinase (CK) ในกระแสเลือดระหว่างกลุ่มที่รับประทานวิตามินซีและกลุ่มควบคุม

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรม SPSS โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) นำมาทดสอบด้วยใช้สถิติ Wilcoxon's singed rank test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$) ในการเปรียบผลการทดลองระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย และใช้สถิติ Mann-Whitney U test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($P < 0.01$) ในการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างกลุ่มที่รับประทานวิตามินซีและกลุ่มควบคุม

สรุปผลการศึกษา

1. ในการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐานเรื่อง อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย (BMI) และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงสุด (One-repetition maximal: 1-RM) ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่รับประทานวิตามินซี ด้วยสถิติ Mann-Whitney U test (Non parametric) พบว่าอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกายของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ค่า 1-RM กลุ่มควบคุมมีค่ามากกว่ากลุ่มที่รับประทานวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงถึงกลุ่มควบคุมมีกำลังกล้ามเนื้อแข็งแรงกว่ากลุ่มที่รับประทานวิตามินซี

2. หลังการออกกำลังกายค่า Pressure pain threshold: PPT ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งสองกลุ่ม ในการเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงค่า PPT ระหว่างกลุ่มที่รับประทาน

วิตามินซีและกลุ่มควบคุมพบว่ากลุ่มที่รับประทานวิตามินซีจะมีค่า PPT ลดน้อยลงกว่ากลุ่มควบคุม แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

3. หลังการออกกำลังกายระดับการรับรู้ความเจ็บปวด Visual analogue scale (VAS) มีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งสองกลุ่มและเมื่อเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงค่า VAS ระหว่างกลุ่มที่รับประทานวิตามินซีและกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4. หลังการออกกำลงกายค่า Maximal isometric contraction (MC) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งสองกลุ่ม แต่เมื่อเปรียบเทียบความเปลี่ยนของค่า Maximal isometric contraction พบว่ากลุ่มที่รับประทานวิตามินซีมีค่าการลดลงของ MC น้อยกว่ากลุ่มควบคุมแต่พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

5. หลังการออกกำลังกายขนาดเส้นรอบวงแขนมีขนาดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งสองกลุ่ม แต่เมื่อเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของค่าขนาดเส้นรอบวงแขนระหว่างกลุ่มที่รับประทานวิตามินซีกับกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

6. หลังการออกกำลังกายมุมการเคลื่อนไหวของกลุ่มควบคุมมีค่าลดลงกว่าก่อนการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่กลุ่มที่รับประทานวิตามินซีพบว่าค่ามุมการเคลื่อนไหวหลังการออกกำลังกายทั้ง 4 วันไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่ามุมการเคลื่อนไหวระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่รับประทานวิตามินซีพบว่ากลุ่มที่รับประทานวิตามินซีมีการลดลงของมุมการเคลื่อนไหวน้อยกว่ากลุ่มควบคุมแต่พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

7. หลังการออกกำลังกายระดับ Creatine kinase (CK) ในกระแสเลือดมีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในทั้งสองกลุ่ม เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับ CK กระแสเลือดระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่รับประทานวิตามินซีพบว่ากลุ่มที่รับประทานวิตามินซีมีแนวโน้มระดับ CKเพิ่มขึ้นน้อยกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

อภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในกลุ่มสตรีที่มีอายุ 20.75 ± 1.40 ปี น้ำหนัก 52.72 ± 7.38 กิโลกรัม ส่วนสูง 159.85 ± 4.35 เซนติเมตร มีดัชนีมวลกาย 20.74 ± 3.00 กก/ม^2 ในการออกกำลังกายแบบ Eccentric contraction ที่ความหนัก 120% ของ 1-RM จำนวน 10 ครั้ง/เซต จำนวน 5 เซต ในกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการเหยียดศอก (Triceps brachii) เพื่อกระตุ้นให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกาย จากการศึกษาพบว่าภายหลังการออกกำลังกายทั้งกลุ่มที่รับประทานวิตามินซีและกลุ่มควบคุมมีค่า PPT ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งค่า PPT จะลดลงมากที่สุดหลังการออกกำลังกายวันที่ 1 ค่า PPT เริ่มมีค่าเพิ่มมากขึ้นหลังการออกกำลังกายวันที่ 2 และ 3 และหลังการออกกำลังกายวันที่ 4 ค่า PPT จะมีค่าใกล้เคียงกับก่อนการออกกำลังกายมากที่สุด นอกจากนี้พบว่าก่อนการออกกำลังกายผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งสองกลุ่มไม่มีอาการปวดในแขนข้างที่ทำการทดสอบ (VAS = 0) แต่หลังการออกกำลังกายแล้วค่า VAS เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในทั้งสองกลุ่ม โดยค่า VAS จะเพิ่มมากขึ้นสูงสุดหลังการออกกำลังกาย 1 วันและหลังการออกกำลังกายวันที่ 4 ค่า VAS จะมีค่าใกล้เคียงกับก่อนการออกกำลังกายมากที่สุด หลังการออกกำลังกายค่า PPT ลดลงและอาการปวดเพิ่มมากขึ้นน่าจะเกิดจากกระบวนการอักเสบ เนื่องจากต้องใช้เวลาหนึ่งก่อนเกิดอาการปวดและการลดลงของ PPT อาการปวดที่ขึ้นเกิดจากการฉีกขาดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน(Connective tissue) และกล้ามเนื้อทำให้เกิดการหลั่งสาร Hydroxyproline และสาร Creatine kinase เข้าสู่กระแสเลือด หลังจากนั้น 6- 12 ชั่วโมงจะมีการเปลี่ยน Monocyte เป็น Macrophages และจะมีการเพิ่มขึ้นของ Mast cell และ Histamine จากขบวนการอักเสบ มีการเพิ่มขึ้นของ Neutrophis บริเวณที่เกิดจากบาดเจ็บภายหลังการออก 24 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญกำลังกายโดยจำนวนของ Monocyte และ Macrophages จะเพิ่มจำนวนมากที่สุดช่วง 48 ชั่วโมงหลังการออกกำลังกาย Macrophages จะมีการหลั่งสาร Prostaglandin E2 (PGE2) ซึ่งจะไปกระตุ้นตัวรับความรู้สึกเจ็บปวด จากทฤษฎีการอักเสบ (The inflammation theory) จากขบวนการอักเสบที่เกิดขึ้นอาจทำให้ Threshold ของอาการปวดลดลงได้ นอกจากนี้การหดตัวของกล้ามเนื้อค้างไว้ทำให้เกิดจุดกดเก็บขึ้นเมื่อตรวจประเมินโดยใช้เครื่อง Algometer จึงพบว่า PPT หลังการออกกำลังกายมีค่าลดลง

หลังการออกกำลังกายค่า Maximal isometric contraction มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งสองกลุ่ม โดยในกลุ่มควบคุมค่า Maximal isometric contraction จะเริ่มลดลงหลังการออกกำลังกายวันที่ 1 มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องในวันที่ 2 และมีค่าลดลงต่ำสุดหลังการออกกำลังกายวันที่ 3 แต่ในกลุ่มที่รับประทานวิตามินซีค่า Maximal isometric contraction มีค่าลดลงหลังการออกกำลังกายในวันที่ 1 และมีค่าคงที่หลังการออกกำลังกายวันที่ 2 และ 3 และมีค่าเพิ่มมากขึ้นหลังการ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ออกกำลังกายวันที่ 4 กำลังกล้ามเนื้อที่ลดลงอาจเกิดจากการฉีกขาดของ Sarcoplasmic reticulum ทำให้เกิดการแพร่ของแคลเซียมออกไปนอกเซลล์ ซึ่งจะไปรวมกับ ATP ทำให้ Actin จับกับ Myosin เกิดการหดตัวของใยกล้ามเนื้อโดยที่ร่างกายไม่ได้สั่งงาน โดยการหดค้างเป็นเวลานานทำให้เกิดภาวะขาดเลือด (Ischemia) กล้ามเนื้อส่วนนั้นขาดออกซิเจนและพลังงานในการนำแคลเซียมกับสู่ Sarcoplasmic reticulum และทำให้เกิดการคลั่งของ Waste product นอกจากนี้กำลังของกล้ามเนื้อยังขึ้นอยู่กับอีกหลายปัจจัยอื่นๆอีกหลายปัจจัยได้แก่ ความแรงของการกระตุ้น (Strength) ความเร็วของการกระตุ้น (Speed) ระยะเวลาของการกระตุ้น (Duration) น้ำหนักที่ถ่วงกล้ามเนื้อ (Weight) และอุณหภูมิ (Temperature) ถ้าความแรงของการกระตุ้นมีค่อนข้างมากการหดตัวของกล้ามเนื้อก็ค่อนข้างมากตามไปด้วย และถ้ากระตุ้นในระยะเวลานานพอควรจะทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อแรงที่สุด น้ำหนักที่เหมาะมีความจำเป็นเพื่อทำให้เกิดการตอบสนองที่ดีที่สุด แต่ถ้าเพิ่มน้ำหนักเกินขีดจำกัดจะทำให้ความสูงของการหดตัวมีน้อยลง กล้ามเนื้อจะทำงานได้ดีที่สุดเมื่ออยู่ในอุณหภูมิที่พอเหมาะประมาณ 37 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินกว่านี้จะทำให้กล้ามเนื้อสูญเสียการรู้ต่อสิ่งเร้าและทำหน้าที่ลดลงหรือหดตัวได้น้อยลง ซึ่งจากขบวนการอักเสบที่เกิดขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิในกล้ามเนื้อสูงขึ้นอาจส่งผลให้กำลังของกล้ามเนื้อมีค่าลดลงได้ เมื่อทำทดสอบกำลังกล้ามเนื้อโดยการวัดค่า Maximal isometric contraction หลังการออกกำลังกายจึงพบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ขนาดเส้นรอบวงแขนหลังการออกกำลังกายมีขนาดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งสองกลุ่ม โดยมีขนาดเพิ่มมากขึ้นภายหลังการออกกำลังกาย 1 วันและเพิ่มมากขึ้นสูงสุดภายหลังการออกกำลังกายวันที่ 2 และจะเริ่มมีขนาดลดลงหลังการออกกำลังกายในวันที่ 3 และ 4 นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่ามุมการเคลื่อนไหว (Range of motion: ROM) หลังการออกกำลังกายทั้ง 4 วันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยค่ามุมการเคลื่อนไหวจะเริ่มลดลงภายหลังการออกกำลังกาย 1 วันและจะลดลงมากที่สุดหลังการออกกำลังกายวันที่ 2 ส่วนกลุ่มที่รับประทานวิตามินซีพบว่าค่ามุมการเคลื่อนไหวก่อนและหลังการออกกำลังกายทั้ง 4 วันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยค่ามุมการเคลื่อนไหวจะลดลงมากที่สุดภายหลังการออกกำลังกาย 1 วันและมีค่าใกล้เคียงกับก่อนการออกกำลังกายในวันที่ 4 ภายหลังการออกกำลังกายแบบ Eccentric contraction พบว่าเกิดการฉีกขาด ในการเกิดขบวนการอักเสบภายหลังการออกกำลังกายพบว่า การขยายตัวของหลอดเลือดทำให้มีเลือดมาเลี้ยงเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของหลอดเลือด ทำให้เซลล์และสารประกอบโปรตีนรั่วไหลออกนอกหลอดเลือดได้ การเคลื่อนตัวของเม็ดเลือดขาวออกจากหลอดเลือดเข้าสู่เนื้อเยื่อบริเวณที่บาดเจ็บ ทำให้ความดันในเนื้อเยื่อที่บาดเจ็บมีค่าเพิ่มมากขึ้นเกิดอาการบวมได้ทำให้เส้นรอบวงแขนที่วัดได้มีขนาดเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ความดัน

ในกล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นยังเป็นอุปสรรคต่อการการเคลื่อนไหวทำให้หลังการออกกำลังกายพบว่ามุมการเคลื่อนไหวมีค่าลดลง

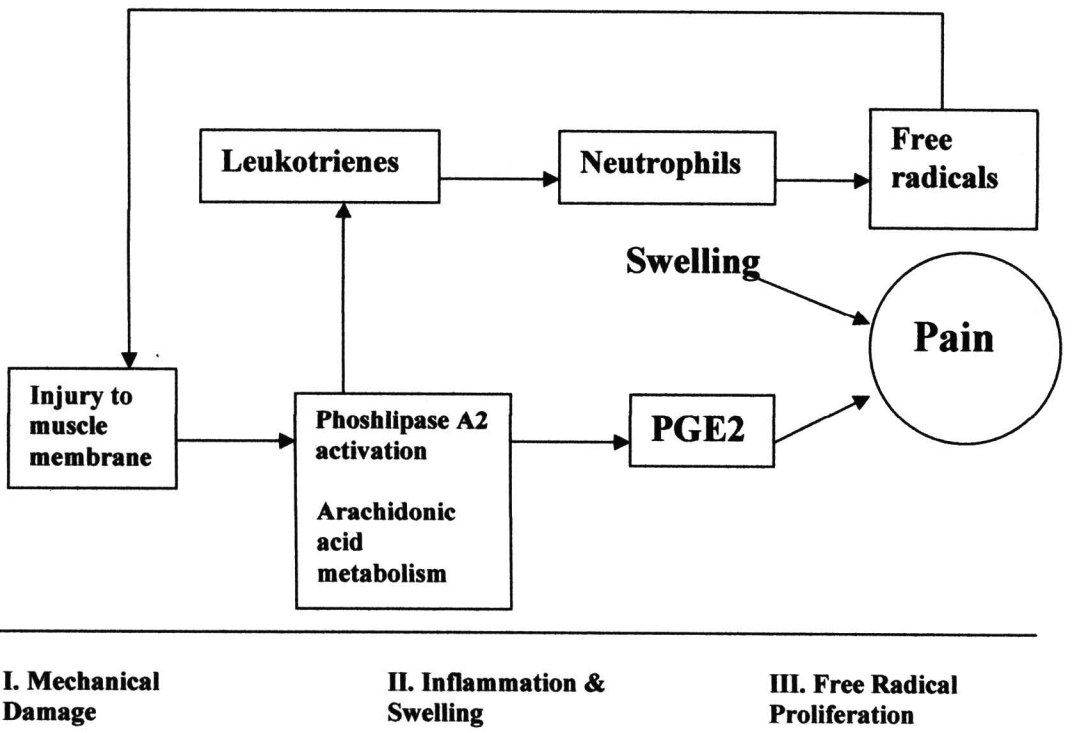
การเปลี่ยนแปลงระดับปริมาณเอนไซน์ Creatine kinase (CK)ในกระแสเลือดหลังการออกกำลังกายในวันที่ 2 มีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนการออกกำลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากทฤษฎีการฉีกขาดของเนื้อเยื่อ (The torn tissue or muscle damage theory) กล่าวว่าหลังการออกกำลังกายแบบ Eccentric contraction ซึ่งการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มแรงตึงตัวของกล้ามเนื้อส่งผลให้โครงสร้างเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยเฉพาะบริเวณ Z – line กล้ามเนื้อชนิด Type II ซึ่งเป็นโครงสร้างที่อ่อนแรงมากที่สุด การฉีกขาดของ Z – line และ Sarcolemma ทำให้เกิดการรั่วไหลของเอนไซด์ในกล้ามเนื้อ เช่น CK ซึ่งค่าปกติของ CK ในกระแสเลือดจะมีปริมาณ 100 IU/L และหลังการออกกำลังกายแบบ Eccentrics contraction ปริมาณ CK ในกระแสเลือดจะเพิ่มมากขึ้น ชี้ให้เห็นว่าเกิดการฉีกขาดของ กล้ามเนื้อโดยเฉพาะบริเวณ Z – line ในการทดลองนี้พบว่าระดับเอนไซด์ CK ในกระแสเลือดก่อนการออกกำลังกายทั้งสองกลุ่มเท่ากับ 55.65 U/L และภายหลังการออกกำลังกายในวันที่ 2 ระดับเอนไซด์ CK ในกระแสเลือดในทั้งสองกลุ่มการทดลองเพิ่มขึ้นเป็น 81.10 U/L แม้ว่าระดับเอนไซด์ CK ในกระแสเลือดภายหลังการออกกำลังกายจะเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ค่าที่ได้ยังอยู่ในระดับมาตรฐาน (32-267 U/L) เนื่องจากระยะเวลาที่ระดับเอนไซด์ CK จะเพิ่มขึ้นสูงสุดภายหลังการบาดเจ็บยังเป็นที่ ขัดแย้งกัน นอกจากนี้สถานที่ในการทำการทดลองนี้(โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง) ไม่สามารถตรวจวัดระดับเอนไซด์ CK ในกระแสเลือดได้จึงต้องตัวอย่างเลือดที่ได้จากการทดลองทั้งหมดไปตรวจสอบทางห้องปฏิบัติการ ณ เม็งรายแล็บ ต.สันโค้ง อ.เมือง จ.เชียงราย ซึ่งห่างจากสถานที่ทำการทดลอง 22 กิโลเมตรใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 1 ชั่วโมง อาจเป็นผลให้ค่า CK ได้จากการทดลองครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าในการศึกษาอื่นๆ เนื่องจากเอนไซด์ CK เป็นเอนไซด์ที่สลายตัวได้ง่าย

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการออกกำลังกายในการศึกษานี้สามารถกระตุ้นให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายได้จริง เนื่องจากผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับอาการแสดงอาการปวดกล้าเนื้อที่เกิดช้าหลังหารออกกำลังกายที่ว่าภายหลังการออกกำลังกายกำลังกล้ามเนื้อจะลดลงทันทีหรือภายใน 48 ชั่วโมงและกลับสู่ภาวะปกติภายในระยะเวลา 5 วันหลังการออกกำลังกาย อาการปวดและจุดกดเจ็บจะแสดงอาการมากที่สุดหลังการออกกำลังกาย 1- 3 วันและอาการจะหายไปภายใน7 วันหลังการออกกำลังกาย ส่วนอาการเคลื่อนไหวลำบากและอาการบวมจะปรากฏอาการมากที่สุด 3-4 วันหลังออกกำลังกายและกลับสู่ภาวะปกติในวันที่ 10 หลังออกกำลังกายและยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maggie และคณะ (1992) ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายต่ออาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายในกลุ่ม

ผู้หญิงเฉลี่ยอายุ 21.4 ปี จำนวน 26 คนในการออกกำลังกายกล้ามเนื้อ Elbow flexor แบบ Eccentric contraction โดยใช้ Pulley system จำนวน 70 ครั้งโดยเปรียบเทียบอาการปวด จุดกดเจ็บ อาการบวม มุมการเคลื่อนไหว และกำลังของกล้ามเนื้อกับแขนด้านตรงข้ามทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกายทันทีและหลังการออกกำลังจำนวน 11 วัน พบว่าแขนข้างที่ออกกำลังจะมีอาการปวดหลังการออกกำลังกาย 24 ชั่วโมงและมีอาการปวดมากที่สุดในวันที่ 3 หลังการออกกำลังกายและจะอาการปวดจะหายไปในวันที่ 8 หลังการออกกำลังกาย พบจุดกดเจ็บของกล้ามเนื้อ Biceps brachii บริเวณ Mid-belly และ Distal Musculotendinous มากในวันที่ 2 หลังการออกกำลังกายและหายในวันที่ 7 หลังการออกกำลังกายแต่บริเวณ Proximal musculotendinous ไม่มีอาการเปลี่ยนแปลง อาการบวมจะมากขึ้นบริเวณ Mid-belly และ Distal musculotendinous วันที่ 3 และ 4 หลังการออกกำลังกายและอาการจะหายไปวันที่ 10 หลังการออกกำลัง มุมการเคลื่อนไหวจะลดลงมากในวันที่ 4 หลังการออกกำลังกาย (26 องศา)และสามารถกับไปเคลื่อนไหวได้เหมือนปกติในวันที่ 10 หลังการออกกำลังกาย และกำลังการหดตัวของกล้ามเนื้อพบว่าความแข็งแรงจะลดลงหนึ่งวันหลังการออกกำลังกายถึง 46% และ เหลือ 20% ในวันที่ 10 แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแบบ Eccentric contraction สามารถกระตุ้นให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกาย หรือ Delayed onset muscle soreness ได้จริง

ในการเปรียบเทียบอาการแสดงอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายระหว่างกลุ่มที่ได้รับวิตามินซีและกลุ่มควบคุมนั้นพบว่าภายหลังการออกกำลังกายกลุ่มที่รับประทานวิตามินซีจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าจุดกดเจ็บบริเวณกล้ามเนื้อ (Pressure pain threshold) ปริมาณ Creatine Kinase ในกระแสเลือดและอาการบวมน้อยกว่ากลุ่มควบคุม มีมุมการเคลื่อนไหว (Range of motion)และค่าแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal isometric contraction) มากกว่ากลุ่มควบคุม แต่เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทั้งสองกลุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาของ Rahmani-nia และคณะ (2008) ,Connoll และคณะ (2006), Thompson และคณะ (2003 และ 2004) ที่ทำการศึกษาผลของวิตามินซีต่ออาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายภายหลังการออกกำลังกายแบบ Eccentric contraction จากการศึกษาพบว่าผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนมีอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกาย แต่เมื่อเปรียบเทียบผลของวิตามินซีต่ออาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แม้การวิจัยที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้จะศึกษาถึงเฉพาะผลของวิตามินซีต่ออาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายจากการวัดระดับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นหลังการออกกำลังกายก็ตาม แม้ในการศึกษานี้จะไม่ได้ทำการศึกษาถึงอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายหลังการออกกำลังกาย แต่การออกกำลังกายจนเกิดอาการล้าซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่ค่อนข้างหนักและนานทำให้

สามารถเพิ่มการเกิดอนุมูลอิสระได้มากถึง 20% ซึ่งเกินความสามารถของระบบต้านอนุมูลอิสระของร่างกาย จึงทำให้อนุมูลอิสระที่เหลือมากพอที่จะทำลายเซลล์ต่างๆได้ นอกจากนั้นยังเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ให้เกิดอนุมูลอิสระอื่นๆ จากไขมันที่เรียกว่า ลิพิดเปอร์ออกไซด์ (Lipid peroxide) หรือจากโปรตีนที่เรียกว่าโปรตีนไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Protein hydroperoxide) ทำให้ปริมาณอนุมูลอิสระในร่างกายเพิ่มมากขึ้นไปอีก (เสก, 2003) วิตามินซีมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทำหน้าที่ทำลายอนุมูลอิสระที่พบในตัวทำลายมีขั้ว โดยการให้ไฮโดรเจนกับอนุมูลอิสระนั้น ตัวอย่างของอนุมูลอิสระที่ถูกรีดิวซ์โดยวิตามินซีคือ ไฮดรอกซิลแรดิคลอ ($HO^{\bullet}$) ซูเปอร์ออกไซด์แรดิคลอ ($O2^{\bullet-}$) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) วิตามินซีจะเข้าทำลายอนุมูลอิสระก่อนที่อนุมูลอิสระจะเข้าทำลายดีเอ็นเอไขมันและโปรตีนที่อยู่ภายในเซลล์ แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ากลุ่มที่รับประทานวิตามินซี มีแนวโน้มว่ามีอาการแสดงของอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายน้อยกว่ากลุ่มควบคุม อาจเนื่องมาจากการเกิดอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายมีปัจจัยด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้องนอกเหนือจากการเพิ่มขึ้นของระดับอนุมูลอิสระ เช่นการเกิดขบวนการอักเสบขึ้นบริเวณกล้ามเนื้อที่บาดเจ็บดังที่ Cheung และคณะ 2003 ได้กล่าวว่าการออกกำลังกายแบบ Eccentric contraction ส่งผลให้ความตึงตัวในกล้ามเนื้อสูงมากขึ้นจนเกิดการฉีกขาดของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน(Connective tissue) ร่วมกับการฉีกขาดของ Sarcolema ทำให้เกิดการแพร่ของแคลเซียมและเอนไซม์ต่างๆออกไปนอกเซลล์ หลังจากการบาดเจ็บประมาณ 24 ชั่วโมงปริมาณ Neutrophis เพิ่มขึ้น มีการเปลี่ยน Monocyte เป็น Macrophages และมีการเพิ่มขึ้นของ Mast cell และ Histamine จากขบวนการอักเสบแล้วมีการเพิ่มขึ้น Neutrophis บริเวณที่มีการบาดเจ็บ จำนวนของ Macrophages เพิ่มสูงสุดหลังการออกกำลังกาย 48 ชั่วโมงและจะมีการหลั่งสาร PGE2 ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นตัวรับความรู้สึกเจ็บปวด และยังสอดคล้องกับ McArdle 2007, Connollyและคณะ 2003 ที่กล่าวถึงกลไกการเกิดอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายที่มักพบภายหลังการออกกำลังกายแบบ Eccentric contraction เช่นการวิ่งลงทางลาดชัน ที่ส่งผลให้ความตึงตัวในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นขณะเกิดการหดตัว เกิดการฉีกขาดของ Sarcolemma ทำให้เกิดการหลั่ง Cytosolic enzymes และ Myoglobin ออกนอกเซลล์ ระดับแคลเซียมภายในเซลล์มีค่าลดลงทำให้กล้ามเนื้อมีกำลังลดลงและอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายเกิดจากขบวนการอักเสบและอาการบวมและจากขบวนการอักเสบที่เกิดขึ้นทำให้เกิดอนุมูลอิสระจากการทำงานของ Neutrophils ที่ไปทำลายผนังเซลล์ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเซลล์และเกิดการอักเสบขึ้นอย่างต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 8 จึงอาจเป็นได้ว่าวิตามินซีในการศึกษานี้ไม่มีผลต่อขบวนการอักเสบที่เกิดขึ้นจึงส่งผลให้อาการแสดงอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายระหว่างกลุ่มที่รับประทานวิตามินซีและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่าง



ภาพ 3 แสดงกลไกการเกิดอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้ากลังการออกกำลังกาย อ้างอิงจาก Connolly และคณะ 2003

จากผลการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ปฏิเสธสมมุติฐานการทดลองที่ว่าวิตามินซีปริมาณ 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน 14 วันก่อนการออกกำลังกายและ 4 วันหลังการออกกำลังกายจะสามารถลดการเกิดอาการแสดงของอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกายได้ แม้ว่ากลุ่มที่รับประทานวิตามินซีจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงค่าจุดกดเจ็บบริเวณกล้ามเนื้อ (Pressure pain threshold), ปริมาณ Creatine Kinase ในกระแสเลือดและอาการบวมน้อยกว่ากลุ่มควบคุม มีมุมการเคลื่อนไหว (Range of motion) และค่าแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal isometric contraction) มากกว่ากลุ่มควบคุมแต่เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ระหว่างทั้งสองกลุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลวิตามินซีต่ออาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬา
2. ควรมีเพิ่มการศึกษาผลของเอนไซน์ของกล้ามเนื้อชนิดอื่นๆที่เกิดขึ้นภายหลังการออกกำลังกายที่กระตุ้นให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกาย
3. ควรมีการศึกษาผลของวิตามินซีร่วมกับวิตามินอีต่ออาการแสดงปวดกล้ามเนื้อที่เกิดช้าหลังการออกกำลังกาย