บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การทดลองนี้ เป็นการศึกษาผลของการออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางแบบเต้นแอโรบิกของกลุ่มสตรีต่อภาวะออกซิเดทีฟสเตรสและอินเตอร์ลิวคินทู โดยเปรียบเทียบปริมาณสารโปรตีนไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Proteinhydroperoxide; PrOOH) และมาลอนไดออลดีไฮด์ (Malondialdehyde; MDA) และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Total antioxidant capacity; TAC) ในน้ำเลือดซึ่งเป็นตัวแปรที่สามารถบ่งบอกการเกิดภาวะออกซิเดทีฟสเตรสในร่างกาย และทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสาร Interleukin 2 (IL-2) ในน้ำเลือดซึ่งเป็นตัวบ่งบอกภาวะอักเสบที่เกิดขึ้นในร่างกาย นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางแบบเต้นแอโรบิกของกลุ่มสตรีที่มีต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด(Maximal oxygen consumption; VO_2max) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต และเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้วิ่งจนรู้สึกเหนื่อย(Maximal exhaustive running time) จนอัตราความรู้สึกเหนื่อย หรือ Rate perceived exertion (RPE) มีค่าถึง 15 หรือที่ 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate; MHR) ที่แสดงถึงระดับพลังงานในร่างกายที่ถูกใช้จนหมดและสร้างใหม่ไม่ทันอีกด้วย เมื่อนำผลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์โดยใช้ Repeated-Measures ANOVA แล้ว สามารถสรุป อภิปรายผล และมีข้อเสนอแนะการศึกษาดังนี้

สรุปผลการศึกษา

1. หลังเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิก กลุ่มสตรีมีปริมาณสารโปรตีนไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Proteinhydroperoxide; PrOOH)ในเลือดน้อยกว่าก่อนเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิกเล็กน้อย อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
2. หลังเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิก กลุ่มสตรีมีปริมาณสาร (Malondialdehyde; MDA) ในเลือดน้อยกว่าก่อนเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)
3. หลังเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิก กลุ่มสตรีมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ(Total antioxidant capacity)ในเลือดมากกว่าก่อนเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. หลังเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิก กลุ่มสตรีมีปริมาณปริมาณสาร Interleukin 2 (IL-2) ในเลือดมากกว่าก่อนเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)
5. หลังเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิก กลุ่มสตรีมีสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในกลุ่มสตรีที่มีอายุ 35 – 50 ปี จำนวน 20 คน มีช่วงอายุ 35 - 39 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็น 20% ช่วงอายุ 40 - 45 ปี จำนวน 12 คน คิดเป็น 60% และช่วงอายุ 40 - 45 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็น 20% เป็นผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรง ไม่ได้ออกกำลังกายสม่ำเสมอ (น้อยกว่า 3 ครั้งต่อสัปดาห์) มีดัชนีมวลกาย(Body mass index; BMI) เฉลี่ย 23.11 กก./ม.^{2} ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ คืออยู่ในช่วง 18.5-24.9 กก./ม.^{2} (อ้างอิงจาก WHO และ International obesity task force) โดยกลุ่มสตรีทั้งหมดจะถูกทดสอบสมรรถนะร่างกายและตรวจสอบหาปริมาณสารชีวเคมีในเลือดจำนวน 3 ครั้ง โดย 2 ครั้งแรกเป็นระยะควบคุม ห่างกัน 1 สัปดาห์ ระยะนี้กลุ่มสตรียังไม่ได้เข้าโปรแกรมออกกำลังกายระดับปานกลางแบบแอโรบิก ส่วนในระยะทดลองกลุ่มสตรีจะได้เข้าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิกอย่างน้อยอาทิตย์ละ 3 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

โปรแกรมการออกกำลังกายที่กำหนดได้พิจารณาตามความเหมาะสมกับสภาพร่างกาย วัย และความสนใจในกลุ่มสตรีตามหลักการกำหนดโปรแกรมการออกกำลังกายของ ACSM (2000) ซึ่งได้เลือกชนิดเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกเนื่องจากเป็นการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดพลังงานโดยผ่านกระบวนการแบบใช้ออกซิเจนและสามารถเพิ่มความคงทนของระบบหายใจและระบบหมุนเวียนโลหิต (Frontera WR, 2001) และเลือกรูปแบบเป็นการเต้นแอโรบิกเพราะเป็นวิธีการออกกำลังกายที่สอดคล้องกับความสนใจ และเป็นวิธีออกกำลังกายที่กลุ่มสตรีนิยมในปัจจุบัน และได้กำหนดความหนักอยู่ที่ระดับความหนักปานกลางที่ 64-76%MHR เนื่องจากเป็นระดับความหนักที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่ไม่เคยฝึกฝน หรือออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ (ACSM, 2000) โดยโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกนี้ใช้เวลาประมาณ 30 นาที โดยจะแบ่งเป็น 3 ระยะตามหลักของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (ACSM, 2005) คือ ระยะอบอุ่นร่างกาย(Warm up phase) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 4 นาที ระยะนี้เป็นช่วงที่เตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อ ข้อต่อ และอวัยวะต่างๆของร่างกายก่อนออกกำลังกายด้วยการยืดกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆในท่ายืน เช่น แขน ขา และลำตัว แล้วค่อยๆเพิ่มความหนักของการออกกำลังกาย โดยใช้เพลงที่มีจังหวะดนตรีประมาณ 44

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ครั้งต่อนาที ต่อมาในระยะออกกำลังกาย (Aerobic phase) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 20 นาที เป็นช่วงที่เพิ่มความหนักของการออกกำลังกายให้เร็วและแรงขึ้น จะเป็นการออกกำลังกายในท่ายืน ซึ่งจะเริ่มจากการออกกำลังกายทีละส่วนก่อน เช่น ส่วนแขน ส่วนเอว ส่วนขา เป็นต้น จากนั้นจะเป็นการเคลื่อนไหวที่มีการประสานสัมพันธ์กันระหว่างแขนและขา การกระโดด โดยใช้เพลงที่มีจังหวะดนตรีประมาณ 70 ครั้งต่อนาที และระยะสุดท้ายคือระยะผ่อนคลาย (Cool down phase) ใช้เวลาประมาณ 6 นาที เป็นการเคลื่อนไหวที่คล้ายกับช่วงอบอุ่นร่างกาย โดยเริ่มจากการยืดกล้ามเนื้อในท่ายืน แล้วต่อด้วยท่าการบริหารหายใจร่วมกับการเคลื่อนไหวของแขน ยืนโดยใช้เพลงที่มีจังหวะดนตรีประมาณ 42 ครั้งต่อนาที ซึ่งจะเห็นว่าลักษณะการเต้นแอโรบิกในโปรแกรมการออกกำลังกายแบบเต้นแอโรบิกนี้จัดเป็นการเต้นที่มีแรงกระแทกหลากหลาย (Combination impact aerobics dance) (Lynn, 2000) สำหรับความถี่ของโปรแกรมการออกกำลังกายนั้นกำหนดไว้อย่างน้อยสัปดาห์ละ 3 ครั้ง และแนะนำให้ออกกำลังกายสม่ำเสมอติดต่อกันเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เพื่อให้ได้ผลของการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของระบบหายใจ ระบบหมุนเวียนโลหิต และระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ (ACSM, 2005) โดยกลุ่มสตรีผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้ง 20 คนได้เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายครบตามที่กำหนดไว้

จากผลการทดลองเปรียบเทียบปริมาณสารชีวเคมี และสมรรถนะร่างกายในระยะควบคุม ซึ่งทำการเปรียบเทียบปริมาณสารโปรตีนไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (PrOOH), Malondialdehyde (MDA)และTotal Antioxidant Capacity (TAC)ในน้ำเลือด ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption; VO_2max) ระยะเวลาที่ใช้วิ่งจนรู้สึกเหนื่อย(Maximal exhaustive running time) จนอัตราความรู้สึกเหนื่อย หรือ Rate perceived exertion (RPE) มีค่าถึง 15 หรือที่ 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด(Maximal heart rate; MHR) พบว่าค่าตัวแปรที่ได้ในระยะควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3 - 8) ทั้งนี้แสดงถึงความคงที่การทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ซึ่งไม่มีผลรบกวนต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาครั้งนี้

ผลการศึกษาในระยะทดลองซึ่งศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของ PrOOH ในน้ำเลือด ซึ่งสาร PrOOH นี้เป็นสารที่บ่งชี้ภาวะออกซิเดทีฟสเตรส ที่วัดได้ในส่วนของโปรตีนจากกระบวนการ Protein peroxidation ซึ่งเป็นกระบวนการที่โปรตีนถูกออกซิไดซ์ ด้วยอนุมูลของไฮดรอกซิล (HO°) ดังปฏิกิริยาดังต่อไปนี้ (Beratan และ คณะ, 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$PrH + OX \longrightarrow Pr^{\circ} + \text{reduced Dx}$$

$$Pr^{\circ} + O_2 \longrightarrow PrOO^{\circ}$$

$$Pr^{\circ} + e^{-} \longrightarrow PrOOH$$

$$PrOO^{\circ} + PrH \longrightarrow PrOOH + Pr^{\circ}$$ (Beratan และ คณะ, 1992)

หลังจากที่กลุ่มสตรีได้เข้ารับโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบแต้นแอโรบิก เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าปริมาณ PrOOH ไม่มีความเปลี่ยนแปลงทางสถิติ (ก่อนเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายมีค่าเท่ากับ (1.99 ± 0.04 ไมโครโมลลาร์ และหลังเข้าโปรแกรมออกกำลังกายมีค่าเท่ากับ 2.05 ± 0.08 ไมโครโมลลาร์)และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mastoloudis และคณะ (2001) ที่ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทาน ว่าเป็นสาเหตุของการส่งเสริมให้เกิดภาวะ Protein peroxidation โดยทำการศึกษาในนักกีฬา 11 คน (ชาย 8 คน หญิง 3 คน) ที่พบว่าหลังจากการออกกำลังกาย ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ Protein hydroperoxide อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งทำให้เห็นได้ว่าแม้การออกกำลังกายจะมีผลต่อโปรตีนในร่างกาย จนกระตุ้นทำให้โครงสร้างของโมเลกุลของโปรตีนเปลี่ยนไป แต่อาจเนื่องมาจากการออกกำลังกายที่ระดับปานกลาง การเผาผลาญพลังงานจะเป็นไปอย่างช้าๆ จะเกิดอนุมูลอิสระเพียงประมาณ 2-5 % (Chance และคณะ, 1979) เท่านั้นทำให้ระบบต่อต้านอนุมูลอิสระในร่างกายสามารถขจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นได้หมด

สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของ MDA ในน้ำเลือด ซึ่งเป็นสารอีกชนิดที่บ่งชี้การตอบสนองต่อภาวะออกซิเดทีฟสเตรส ที่วัดได้จากส่วนของไขมัน ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการ Lipid peroxidation เกิดเป็น MDA ปล่อยออกมาในกระแสเลือด โดยจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าหลังจากที่กลุ่มสตรีได้เข้ารับโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบแต้นแอโรบิก เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าปริมาณ MDA ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.01$) (ก่อนเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.28 ± 0.18 ไมโครโมลลาร์ หลังเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายมีค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 1.78 ± 0.21 ไมโครโมลลาร์)ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Tharp และคณะ (1995) ซึ่งทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีต่อระดับ MDA ในปัสสาวะในนักศึกษาผู้ที่ไม่ออกกำลังกายสม่ำเสมอ อายุระหว่าง 19-26 ปี พบว่าหลังจากเข้าโปรแกรมปั่นจักรยานมือที่ระดับความหนัก 80%MHR เป็นเวลา 30 นาที ความถี่ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ระดับ MDA มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Aslan และคณะ (1998) ที่ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการออกซิเดชั่นของไขมัน โดยทำการศึกษาในชายสุขภาพดีที่มีการเคลื่อนไหวน้อย (Sedentary life style) อายุระหว่าง 19-25 ปีออกกำลังกายโดยวิ่งระดับความหนักปานกลางเป็นเวลา 15-20 นาที ที่ความถี่ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าระดับ MDA ในเลือดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ Yagi (1992) ได้กล่าวว่า MDA จะมีการลดระดับลง หากมีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอติดต่อกัน 6 สัปดาห์ขึ้นไป ซึ่งช่วยบ่งบอกถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายระดับปานกลางอย่างสม่ำเสมอ ว่าทำให้ร่างกายสามารถปรับสภาพร่างกายให้พร้อมต่อการเกิดออกซิเดชั่นได้ และแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายสม่ำเสมอที่มีผลลดระดับสารอนุมูลอิสระที่เกิดจากกระบวนการ Lipid peroxidation

การศึกษาครั้งนี้นอกจากจะศึกษาภาวะออกซิเดทีฟสเตรสจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นแล้ว ยังได้ศึกษาจากความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวัดค่า TAC ซึ่งพบว่าหลังจากกลุ่มสตรีได้เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบแอโรบิกที่กำหนดแล้ว ค่า TAC เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.01$) (ก่อนเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายมีค่าเท่ากับ 0.31 ± 0.087 มิลลิโมล Trolox และหลังเข้าโปรแกรมมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2.58 ± 0.075 มิลลิโมล) สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Brites และคณะ (1999) ที่ได้ศึกษาข้อมูลของ Lipoprotein และภาวะ Oxidative Stress ในเลือดของกลุ่มนักกีฬาฟุตบอล 30 คน ที่เข้าร่วมโปรแกรมการฝึก 20 ชั่วโมง และมีการแข่งขัน 6 นัด ต่อสัปดาห์ เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ 12 คน ผลการทดสอบที่ได้พบว่า การออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Exercise) อย่างสม่ำเสมอจะทำให้มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับ TAC ในเลือดโดยพบว่าในนักกีฬามีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม 25% ($P < 0.005$) และพบว่าระดับสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถละลายน้ำได้ มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกีฬาฟุตบอล ($P < 0.005$) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Venditti และคณะ(1997) ซึ่งทำการศึกษาในหนูขาวอายุ 12 เดือน พบว่าการออกกำลังกายเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ส่งผลให้มีสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในทุกๆเนื้อเยื่อ จากผลการศึกษาข้างต้นชี้ให้เห็นว่าการฝึกฝนและการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ มีผลทำให้ร่างกายเกิดการปรับตัวของระบบป้องกันอันตรายของเซลล์จากอนุมูลอิสระที่เกิดหลังจากการออกกำลังกาย เนื่องจากขณะออกกำลังกายจะมีการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากขึ้น โดยร่างกายจะมีกระบวนการต้านอนุมูลอิสระเพื่อป้องกันไม่ให้เซลล์ถูกทำลาย (Antioxidant defense system) ซึ่งจะทำงานประสานกันหลายระบบ ได้แก่ กลุ่มเอนไซม์ เช่น Superoxide dismutase(SOD), Catalase(CAT) เป็นต้น และกลุ่มที่ไม่ใช่เอนไซม์ Glutatione(GSH) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการเปรียบเทียบปริมาณสาร Interleukin 2(IL-2) ซึ่งเป็นสารที่มีผลกระตุ้นต่อการทำงานและการเจริญเติบโตของ T-cell ซึ่ง IL-2 นี้ผลิตจาก CD4+ และ CD8+ ซึ่งจะควบคุมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน เมื่อร่างกายถูกกระตุ้นด้วย Antigen หรือ T-Lymphocytes (โดยเฉพาะ CD4+) จะตอบสนองโดยการสร้าง IL-2 ออกมาซึ่งจะส่งผลให้ร่างกายสามารถกำจัดเชื้อโรคและหายจากโรคได้ โดย IL-2 สามารถทำให้ Lymphocytes แบ่งตัวเพิ่มจำนวนและเกิดพัฒนาการเจริญเติบโตจนถึงขั้นสุดท้าย ซึ่งระบบคุ้มกันจะเกิดการตอบสนองอย่างจำเพาะเจาะจงต่อสิ่งแปลกปลอมและเชื้อโรคนั้นๆ โดยการศึกษาครั้งนี้พบว่าหลังจากที่กลุ่มสตรีได้เข้ารับโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิก เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ปริมาณสาร IL-2 เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ก่อนการออกกำลังกายมีค่าเท่ากับ 1.98 ± 0.32 และ 2.01±0.28 พิโครโมลต่อมิลลิลิตร และหลังจากเข้าโปรแกรมมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2.95 ± 0.17 พิโครโมลต่อมิลลิลิตร) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bagby (1994) ที่พบว่าการออกกำลังกายทำให้ปริมาณสาร IL-1, IL-2 และ IL-6 เพิ่มขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่า สาร Cytokine ที่เกี่ยวกับการอักเสบของกล้ามเนื้อนั้นจะเพิ่มขึ้นหลังจากการออกกำลังกาย จากผลการศึกษาดังกล่าวทำให้เห็นความสัมพันธ์ของระบบต่อต้านการอักเสบในร่างกายกับการออกกำลังกายซึ่งอธิบายได้ว่าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิกทำให้เกิดกระบวนการต่อต้านอักเสบและการติดเชื้อขึ้นในร่างกายได้ดีขึ้น โดยการอักเสบที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อเกิดการบาดเจ็บได้ จากการที่ Sarcolemma (Cell membrane) อาจเกิดการฉีกขาดขณะออกกำลังกาย โดยมักเกิดที่ Z-line ของ Contractile filament พบ Myoglobin ในเลือดและปัสสาวะ โดยจะพบเอนไซม์ LDH, CPK ออกมาในกระแสเลือด (Armstrong และคณะ, 1991) เมื่อร่างกายมีอาการผิดปกติระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายจะกระตุ้นให้ T-cell ผลิตโปรตีน IL- 1 และ 2 เพื่อช่วยระงับสารกระตุ้นการอักเสบที่เกิดขึ้น (Zhendong , 2007) อีกทั้งอาจเป็นเพราะการออกกำลังกายระดับแบบแอโรบิกทำให้เกิดการหลั่งสารเบต้า-เอนโดรฟินเพิ่มขึ้นซึ่งสารเบต้า-เอนโดรฟินนี้สามารถกระตุ้น NK-cell ให้ผลิตสารต้านการอักเสบ (Interferon; IFN) ซึ่งมีผลกระตุ้น Macrophage ต่อการหลั่ง IL-2 จาก NK-cell เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการต่อต้านการอักเสบ(Feng ,1992) และสัมพันธ์กับทฤษฎี J-shape curve model (Neimam, 1994) ซึ่งอธิบายสัมพันธ์กับความหนักในการออกกำลังกายได้ว่าการออกกำลังกายระดับปานกลางมีผลกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายมากกว่าการออกกำลังกายระดับเบาหรือไม่ได้ออกกำลังกายเลย แต่พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การออกกำลังกายระดับหนักมีผลลดการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันลง

จากการทดสอบหาความเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนสูงสุด(Maximal oxygen consumption; VO_2max) ซึ่งเป็นค่าที่ช่วยบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระบบหมุนเวียนโลหิต (Cardiopulmonary Fitness) โดยการหาค่า VO_2max จากการศึกษาครั้งนี้ได้เลือก Bruce treadmill protocol เป็น Maximal exercise testing ทดสอบ ซึ่งเป็นวิธีทดสอบที่ได้ค่าสหสัมพันธ์ใกล้เคียงกับการวัดโดยตรงมาก (r = 0.97) (Baumgartner และ Jackson, 1999) โดยพบว่าหลังจากที่กลุ่มสตรีได้เข้ารับโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิก เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ค่า VO_2max เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ก่อนเข้าโปรแกรมมีค่าเท่ากับ 27.82 ± 9.63 และ 29.07 ± 6.62 มิลลิตรต่อน้ำหนักตัวกิโลกรัมต่อนาที และหลังจากเข้าโปรแกรมมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 36.92 ± 5.65 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวกิโลกรัมต่อนาที)สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งเนื่องมาจากผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่กำหนดความหนักไว้ที่ระดับความหนักปานกลาง (64-76%MHR) ด้วยความถี่อย่างน้อยสัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์นั้น มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจ ระบบหมุนเวียนโลหิต และระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ โดยค่า VO_2max ที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรเลือดที่ส่งออกจากหัวใจต่อนาที(Cardiac output; CO) มีค่าเพิ่มขึ้นทำให้การขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่ออกกำลังกายเพิ่มขึ้น และความแตกต่างของออกซิเจนในเลือดดำและเลือดแดง(Arteriovenous oxygencdifference; $a\text{-}vO_{2diff}$)มีค่าเพิ่มขึ้น จากสูตร ปริมาณการใช้ออกซิเจน(Oxygen uptake;VO_2)= CO x $a\text{-}vO_{2diff}$ (ACSM ,2005) โดย CO มาจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ(Heart rate; HR) และปริมาตรเลือดที่บีบออกจากหัวใจแต่ละครั้ง(Stroke volume; SV) จากสูตร CO = SV x HR (ACSM ,2005) ดังนั้น VO_2= SV x HR x $a\text{-}vO_{2diff}$ จากสูตรจะเห็นว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกอย่างสม่ำเสมอทำให้ VO_2 เพิ่มขึ้นเนื่องจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิกอย่างสม่ำเสมอมีผลทำให้ SV และ $a\text{-}vO_{2diff}$ เพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณการใช้ออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้ได้ปริมาณอากาศเข้าสู่ปอดมากขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจและประสิทธิภาพในการสูบฉีดเลือดเพิ่มขึ้น การไหลเวียนเลือดในร่างกายดีขึ้น ออกซิเจนถูกส่งไปตามอวัยวะต่าง ๆ ได้สะดวกและรวดเร็ว ส่งผลให้ VO_2max เพิ่มขึ้น

ส่วนผลการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้วิ่งจนรู้สึกเหนื่อย(Maximal exhaustive running time) จนอัตราความรู้สึกเหนื่อย หรือ Rate perceived exertion (RPE) มีค่าถึง 15 หรือที่ 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด(Maximal heart rate; MHR) ซึ่งแสดงถึงระดับพลังงานในร่างกายที่ถูกใช้จนหมดและสร้างใหม่ไม่ทัน พบว่าหลังจากที่กลุ่มสตรีได้เข้ารับโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบเต้นแอโรบิก เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ระยะเวลาที่ใช้วิ่งทั้งหมดจนหมดแรง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ก่อนการเข้าโปรแกรมมีค่าเท่ากับ 7.23 ± 2.19 และ 7.51 ± 1.43 นาที และหลังการเข้าโปรแกรมการออกกำลังกายมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 9.31±1.30 นาที) เนื่องจากขณะการออกกำลังกาย ร่างกายจะต้องใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ดังนั้น ในการขนส่งออกซิเจนไปยังเซลล์ของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กล้ามเนื้อและอวัยวะที่เกี่ยวข้องและการใช้ออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นนี้ ทำให้ระบบการลำเลียงออกซิเจนไปยังจุดหมายปลายทางก็คือระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ จำเป็นต้องทำงานเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการออกกำลังกายเป็นประจำจึงทำให้ระบบการไหลเวียนเลือดและระบบหายใจปรับตัวในทางดีขึ้น โดยสามารถเพิ่มการขนส่งออกซิเจนไปยังเซลล์กล้ามเนื้อและอวัยวะที่เกี่ยวข้องได้มากขึ้นทำให้ระบบหายใจ ระบบไหลเวียนโลหิต และกล้ามเนื้อมีความทนทานและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น (ACSM, 2000)

จากผลการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นทำให้สรุปได้ว่าโปรแกรมการออกกำลังกายระดับปานกลางแบบแอโรบิกมีผลทำให้เกิดภาวะออกซิเดทีฟสเตรสในระดับที่ร่างกายของกลุ่มสตรีสามารถควบคุมได้ และโปรแกรมการออกกำลังกายนี้มีผลเพิ่มประสิทธิการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในการต่อต้านกระบวนการอักเสบและการติดเชื้อของร่างกาย อีกทั้งยังทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจและระบบหมุนเวียนโลหิตเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย ดังนั้นโปรแกรมการออกกำลังกายนี้สามารถใช้เป็นโปรแกรมการออกกำลังกายที่เหมาะสมและเกิดประโยชน์ในกลุ่มสตรีที่เริ่มออกกำลังกายอายุระหว่าง 35-50 ปีได้

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาโดยใช้โปรแกรมการออกกำลังกายประเภทอื่นๆเช่น การออกกำลังกายเพื่อการผ่อนคลาย (Relaxation exercise) การออกกำลังกายเพื่อความแข็งแรง(Strengthening exercise) เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบประเภทของการออกกำลังกายที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย
2. ควรมีการศึกษาโดยใช้โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยความหนักเบากว่าหรือ หนักกว่าการศึกษาครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบความหนักของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย
3. ควรมีการศึกษาโดยใช้โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยความถี่และระยะเวลาที่แตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบความหนักของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย
4. การเพิ่มจำนวนคนในการทดลองอาจช่วยให้แสดงค่าทางสถิติที่น่าเชื่อถือมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved