

Sports and Exercise Physiology

(Original article)

สรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา

(นิพนธ์ต้นฉบับ)

ผลเจียบพลันของการออกกำลังกายแบบพิลาทีสต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของระบบหัวใจ และปอด

อาภาภรณ์ จันทรแก้ว¹ ภัทรพร สิทธิเลิศพิศาล² และ อาทิตย์ พวงมะลิ²

¹สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองแบบเจียบพลันของการออกกำลังกายแบบพิลาทีสต่อการตอบสนองของระบบหัวใจ และปอด ในคนปกติที่ไม่มีโรคประจำตัวจำนวน 30 คนเพศชาย 14 คน เพศหญิง 16 คนอายุเฉลี่ย 23.3 ± 1.74 ปี ทำการสุ่มโดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละเท่า ๆ กัน คือกลุ่มออกกำลังกาย 15 คน และกลุ่มควบคุม 15 คน กลุ่มออกกำลังกายจะได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบพิลาทีสเป็นเวลา 40 นาที และกลุ่มควบคุมจะให้นอนหงายชันเข่า สะโพก 70 องศา พัก เป็นเวลา 40 นาที ทั้ง 2 กลุ่มจะถูกวัดค่าของอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) , ความดันโลหิต (BP) , การไหลเวียนโลหิตภายใต้เนื้อเยื่อที่บริเวณกล้ามเนื้อหลัง (BF) และค่าแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าและหายใจออก (PImax, PEmax) ทั้งก่อนและหลัง เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทั้งภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่มนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ผลการศึกษาพบว่าการตอบสนองอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย ของกลุ่มควบคุมค่อนข้างคงที่ ในขณะที่กลุ่มออกกำลังกายมีอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คิดเป็นร้อยละ 52.54 ± 3.56 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เทียบได้กับความหนักระดับเบา (mild intensity) และมีค่าเพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กลุ่มออกกำลังกายมีค่าของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) และค่าอัตราการไหลเวียนโลหิตภายใต้เนื้อเยื่อบริเวณกล้ามเนื้อหลัง (BF) ภายหลังการออกกำลังกายมีค่าเพิ่มขึ้นและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่าของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (DBP) และค่าของแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าและหายใจออก (PImax, PEmax) พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่ม ($p > 0.05$) การศึกษานี้สรุปได้ว่ากลุ่มออกกำลังกายหลังจากการออกกำลังกายจะมีการตอบสนองอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) , ค่าของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) และค่าอัตราการไหลเวียนโลหิตภายใต้เนื้อเยื่อบริเวณกล้ามเนื้อหลัง (BF) มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(Journal of Sports Science and Technology ,2012; 12(1) : 39 - 49)

คำสำคัญ : การออกกำลังกายแบบพิลาทีส, อัตราการเต้นของหัวใจ, ความดันโลหิต, อัตราการไหลเวียนโลหิต, ค่าของแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้า, ค่าของแรงดันสูงสุดของการหายใจออก

บทนำ

การออกกำลังกายจะช่วยทำให้ระบบ และอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สมรรถภาพของร่างกายดีขึ้น โดยการออกกำลังกายจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิด, ความหนัก, ระยะเวลา และความถี่ของการออกกำลังกาย การออกกำลังกายที่จะช่วยให้ปอด หัวใจ และระบบไหลเวียนของโลหิตทั่วร่างกายมีความแข็งแรง ทนทาน และทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ควรออกกำลังกายด้วยความหนักจนหัวใจเต้นถึงอัตราเป้าหมาย (Target HR) ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุและความสามารถของแต่ละคน อย่างไรก็ตามในการออกกำลังกายควรเลือกลักษณะการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล¹

ปัจจุบันนี้วิธีการออกกำลังกายมากมายให้ได้เลือกปฏิบัติตามความเหมาะสมกับสภาพร่างกาย หรือเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรง และความทนทานของร่างกาย ซึ่งนักกีฬาโอลิมปิก และนักกีฬามืออาชีพหลายประเภท ได้หันมาให้ความสำคัญกับการฝึกความมั่นคงของระบบแกนกลาง (core stability) กันมากขึ้น เพราะเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้ประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหวย่างเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มความแข็งแรงและการทรงท่าที่ดี ตลอดจนช่วยป้องกันการเกิดอุบัติเหตุของการบาดเจ็บ พิลาทีส (Pilates) เป็นการออกกำลังกายเพื่อเสริมความมั่นคงของระบบแกนกลางของร่างกาย โดยใช้หลักการของการจัดท่าทาง (body positioning) , กลศาสตร์ของร่างกาย (body mechanic) , การฝึกความแข็งแรงและทนทาน (strengthening & endurance) , การทรงตัว (balance) , ความยืดหยุ่น (flexibility) , การประสานสัมพันธ์ (co-ordination) , การรับรู้การเคลื่อนไหวในมิติสัมพันธ์ (spatial awareness) , การเคลื่อนไหวโดยสัมพันธ์กับแบบแผนของการหายใจ, การทำสมาธิ และการควบคุมการหายใจเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพ โดยเน้นคุณภาพการควบคุมการเคลื่อนไหว (motor control) มากกว่าปริมาณหรือจำนวนครั้งที่ทำ และเสียงความรุนแรงที่จะเกิดการบาดเจ็บขึ้น ซึ่งการเคลื่อนไหวนั้นต้องกระทำให้ถูกต้อง รวดเร็ว และเคลื่อนไหวให้ยืดหยุ่นสุดช่วงการเคลื่อนไหว

การฝึกการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อตามวิธีการของพิลาทีสมีประโยชน์ค่อนข้างมากต่อการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งระบบร่วมกันทั้งกล้ามเนื้อระดับต้น และกล้ามเนื้อระดับลึก เพื่อประสิทธิผลในการควบคุมการทรงท่า, ความมั่นคงของระบบแกนกลางของร่างกาย, การตระหนักและรับรู้ถึงสภาวะการทำงานของร่างกาย วิธีการควบคุมการเคลื่อนไหว นี้มีประโยชน์ต่อการส่งเสริม และฟื้นฟูสภาพในสภาวะการขาดความมั่นคงของกล้ามเนื้อส่วนต้นและแกนกลาง โดยที่โปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับลำตัว นั้นจะส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาประสานสัมพันธ์กันของกล้ามเนื้อท้อง และกล้ามเนื้อหลังระดับลึกส่วนล่าง ซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายได้ดีขึ้น อันเนื่องมาจากความมั่นคงที่เพิ่มขึ้นของกระดูกสันหลัง และระบบแกนกลางร่างกาย หลักการนี้เป็นแบบแผนพื้นฐานที่สำคัญต่อการฟื้นฟูสภาพ และการฝึกการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย นอกจากนี้โปรแกรมการฟื้นฟูสภาพตามหลักการออกกำลังกายแบบพิลาทีส ยังช่วยควบคุมการทำงานของระบบประสาท และกล้ามเนื้อกลุ่ม agonists และ antagonists ขณะทำการเคลื่อนไหวอีกด้วย²

Lange และคณะ³ ได้กล่าวถึง ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบพิลาทีส ต่อร่างกายไว้ 3 ด้านคือ ผลทางสรีรวิทยา (physiological function) ผลทางด้านจิตวิทยา (psychological function) และผลด้านการเรียนรู้ (motor learning) สำหรับผลทางสรีรวิทยา ได้แก่ ผลต่อความยืดหยุ่นและช่วงการเคลื่อนไหว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความทนทาน กำลัง และสมรรถภาพของหัวใจสันและปอด มีการศึกษาพบว่าการออกกำลังกายแบบพิลาทีสมีผลทำให้เพิ่มความยืดหยุ่น และเพิ่มความมั่นคงของกระดูกหลังและเชิงกรานได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งส่งผลในการเพิ่มความยืดหยุ่นของลำตัวและขาส่งเสริมการควบคุม และความแข็งแรงของบั้นเอวและอุ้งเชิงกราน⁴ แต่ผลการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถภาพของหัวใจ และปอดยังมีจำกัด และยังไม่มีการวิจัยใดได้กล่าวถึงผลเฉียบพลันของการออกกำลังกาย

แบบพิลาทีส ต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของระบบหัวใจ และปอด ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผู้ศึกษาผลเฉียบพลันของการออกกำลังกายแบบพิลาทีส ต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของระบบหัวใจ และ หลังจากได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทีสในคนปกติ อายุระหว่าง 18-25 ปี

วิธีการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

คนปกติ อายุระหว่าง 18-25 ปี ไม่มีโรคประจำตัวเพศชาย 14 คน และหญิง 16 คน จำนวน 30 คน นอนหลับพักผ่อนให้เพียงพอ ไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน หรือแอลกอฮอล์ก่อนทดสอบ ไม่ออกกำลังกายมากกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์ นานติดต่อกัน 3-5 เดือน

เครื่องมือ และอุปกรณ์

เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจอัตโนมัติ (Polar Electro™), เครื่องวัดความดันโลหิตชนิดปรอท (Sphygmomanometer), เครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Pulmonary Function Equipment) รุ่น Spirovis บริษัท COSMED ประเทศ Italy MEP = +350 cmH₂O, MIP = -350 cmH₂O และมี Accuracy -1%, เครื่องวัดอัตราการไหลเวียนโลหิตใต้เนื้อเยื่อ (Laser Doppler Flowmetry, Moor Instruments U.K.)

สถานที่ดำเนินการวิจัย และเก็บข้อมูล

Neuro-Musculoskeletal & Pain Research Unit (ชั้น 3) ตึก 12 ชั้น คณะเทคนิคการแพทย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 จัดทำรูปภาพ และวิธีทดสอบสำหรับการออกกำลังกายแบบพิลาทีส ซึ่งโปรแกรมประกอบด้วยระยะอบอุ่นร่างกาย ใช้เวลาประมาณ 10 นาที, ระยะออกกำลังกายแบบพิลาทีส ใช้เวลาประมาณ 20 นาทีและระยะผ่อนคลาย ใช้เวลาประมาณ 10 นาที หลังจากนั้นนำวิธีทดสอบไปทดลองใช้ก่อนในอาสาสมัครประมาณ 5 คน เพื่อนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้จริง

ตอนที่ 2 ติดต่อผู้เข้าร่วมการทดสอบ ทำการซักประวัติ กรอกแบบสอบถาม และกรอกใบยินยอมเข้าร่วมการทดสอบ ก่อนหน้าวันที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลจริงอย่างน้อย 1 วัน ผู้เข้าร่วมการทดสอบจะได้รับการซักซ้อมถึงวิธีการวัด และขั้นตอนการวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยจะได้ทำการอธิบายวัตถุประสงค์ และขั้นตอนการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบทราบ และทำการจับฉลากเพื่อสุ่มเงื่อนไขของการศึกษาให้ผู้ถูกทดสอบกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายศึกษาท่าทางการออกกำลังกายแบบพิลาทีสโดยดูจากวีดิทัศน์ และให้ฝึกทำก่อนการทดสอบจริง

ตอนที่ 3 ขั้นตอนการทดสอบ และออกกำลังกายตามโปรแกรม

- **ก่อนการทดสอบ** ให้ผู้ถูกทดสอบ นิ่งพักเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นทำการวัดค่าตัวแปร

1. วัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ในท่านั่ง โดยให้ผู้ถูกทดสอบติดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจอัตโนมัติ (Polar Electro™) บริเวณหน้าอก แล้วบันทึกค่า HR ทุก 1 นาทีเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (RHR)

2. วัดความดันโลหิตขณะพัก ด้วยเครื่องวัดความดันโลหิตชนิดปรอท (Sphygmomanometer) ในท่านั่ง บันทึกค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) และค่าความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (DBP)
 3. ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจขณะพักในท่านั่ง โดยการดูหรือเป่าอากาศผ่านเครื่องมือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Pulmonary Function Equipment) ทำการวัดซ้ำ 5 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 1 นาที บันทึกค่าที่ได้มากที่สุด⁵
 4. วัดอัตราการไหลเวียนของโลหิตด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลเวียนโลหิตได้เนื้อเยื่อ (Laser Doppler Flowmetry, Moor Instruments U.K.) ใช้สายวัดกำหนดตำแหน่งที่จะติดอิเล็กโทรด (บริเวณระหว่างกล้ามเนื้อ L5-S1 paravertebral muscle) บันทึกอัตราการไหลเวียนโลหิตในวินาทีที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย⁶
- **ขั้นตอนทดสอบ** ควบคุมห้องที่ออกกำลังกายไว้ที่อุณหภูมิ 24°C
1. กลุ่มควบคุมจะให้นอนหงายชันเข่า สะโพกงอ 70 องศา พัก เป็นเวลา 40 นาที และทำการบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจทุก 1 นาที
 2. กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกาย ออกกำลังกายตามโปรแกรมการออกกำลังกายแบบพิลาทีสและทำการบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจทุก 1 นาที
- **หลังการทดสอบ** วัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ช่วงระยะฟื้นตัวทุกนาทีจนถึงนาทีที่ 10, วัดความดันโลหิต ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ วัดอัตราการไหลเวียนของโลหิตภายใต้เนื้อเยื่อหลังจากออกกำลังกายทันที

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. เปรียบเทียบค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ขณะพัก ช่วงออกกำลังกาย หลังจากการออกกำลังกายทันที และช่วงฟื้นตัว โดยใช้สถิติ Repeated measurement ANOVA ที่ $p < 0.05$
3. เปรียบเทียบค่าความดันโลหิต, ค่าแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าและออก, อัตราการไหลเวียนโลหิต ในขณะพัก หลังจากการออกกำลังกายทันที ภายในกลุ่มเดียวกัน ใช้สถิติ Paired-Samples t-Test ($p < 0.05$) เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มใช้สถิติ Independent-Samples t-Test ($p < 0.05$)

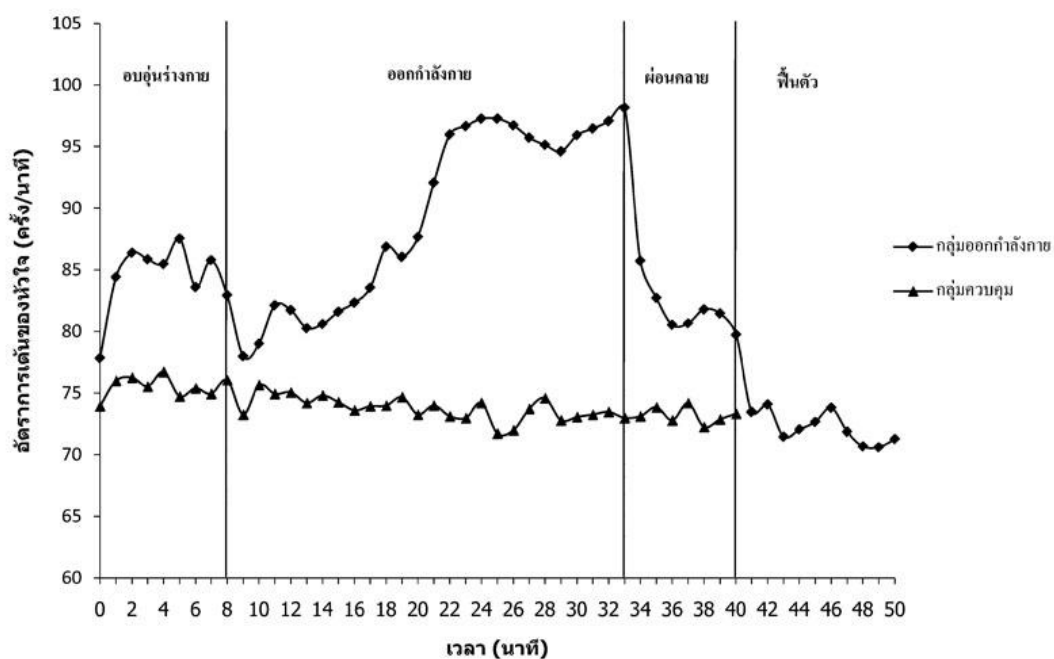
ผลการวิจัย

จากตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการทดสอบได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ซึ่งพิจารณาพักของกลุ่มออกกำลังกาย และกลุ่มควบคุม ผลการศึกษาเมื่อทดสอบโดยใช้ สถิติ independent *t*-Test พบว่าผู้เข้าร่วมการทดสอบทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างของข้อมูลทั่วไป ($p>0.05$)

การตอบสนองของหัวใจและปอด

อัตราการเต้นของหัวใจ

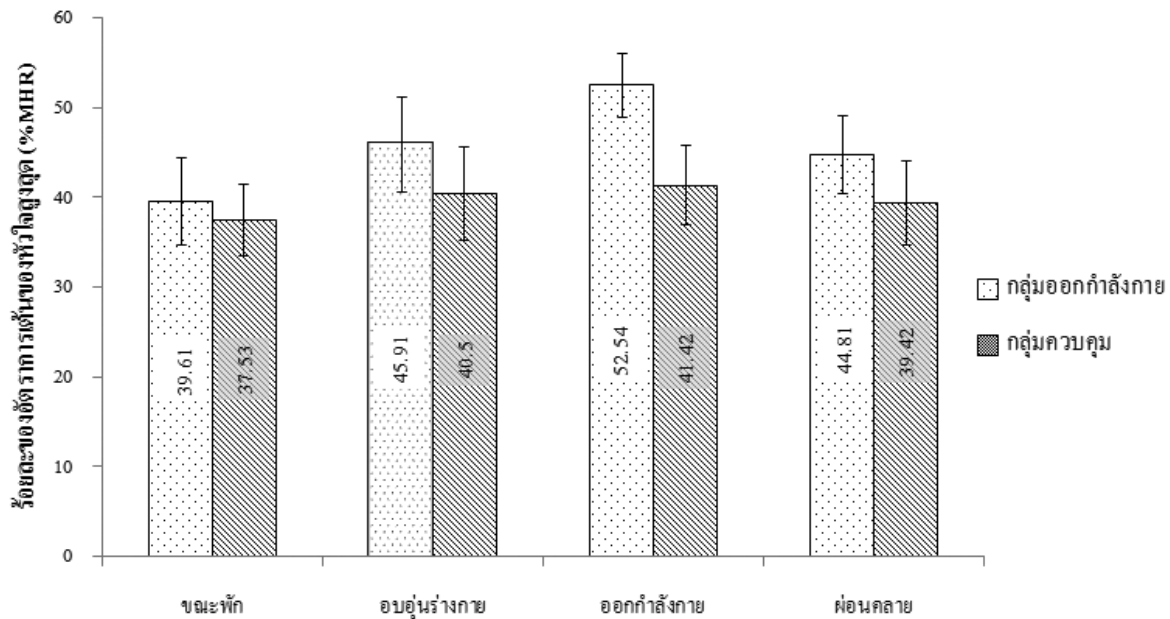
การตอบสนองอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทีสเป็นเวลา 40 นาที และกลุ่มควบคุมอยู่ในท่านอนหงายชันเข่า สะโพกงอ 70 องศา พักเป็นเวลา 40 นาที แสดงในรูปที่ 1 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Repeated-Measures ANOVA พบว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทีสมีการเพิ่มของอัตราการเต้นของหัวใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยอัตราการเต้นของหัวใจที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เริ่มตั้งแต่ช่วงอบอุ่นร่างกาย (นาทีที่ 0-8) จนถึงช่วงออกกำลังกาย (นาทีที่ 8-33) จะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงที่ประมาณนาทีที่ 22 และจะลดลงในช่วงผ่อนคลาย (cool down) จากนั้นจะกลับเข้าสู่ภาวะปกติในช่วงฟื้นตัว (recovery) ใช้เวลาประมาณ 3 ± 5.69 นาที ในขณะที่กลุ่มควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจค่อนข้างคงที่ ซึ่งกลุ่มออกกำลังกายมีการเพิ่มของอัตราการเต้นของหัวใจมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 1 แสดงอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละนาที ระหว่างกลุ่มออกกำลังกายกับกลุ่มควบคุม

โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจอัตโนมัติ (Polar Electro™)

ค่าเฉลี่ยร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดคำนวณจาก $\%MHR = (HR_{\text{ex}} \times 100) \div (220 - \text{อายุ})$ แสดงในรูปที่ 2 พบว่าในช่วงอบอุ่นร่างกายคิดเป็นร้อยละ 45.91 ± 5.27 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ช่วงออกกำลังกายคิดเป็นร้อยละ 52.54 ± 3.56 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และช่วงผ่อนคลายคิดเป็นร้อยละ 44.81 ± 4.70 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (%MHR) ขณะพัก (RHR) ในช่วงอบอุ่นร่างกาย (warm up) ช่วงออกกำลังกาย (exs) และช่วงผ่อนคลาย (cool down) ระหว่างกลุ่มออกกำลังกายกับกลุ่มควบคุม

ความดันโลหิต

พบว่าในกลุ่มออกกำลังกายแบบพิลาทีส มีค่าของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) หลังออกกำลังกายมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับกลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความดันโลหิต ส่วนค่าความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (DBP) พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายทั้งกลุ่มออกกำลังกาย และกลุ่มควบคุม ($p > 0.05$)

อัตราการไหลเวียนโลหิตของเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง

ในกลุ่มออกกำลังกาย มีค่าอัตราการไหลเวียนโลหิตของเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง (BF) ภายหลังการออกกำลังกายมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยจาก 10.13 ± 3.49 เป็น 16.44 ± 4.84 flux/min (ตารางที่ 2) และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับกลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลเวียนโลหิตของเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง

แรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าและหายใจออก

ค่าแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าและหายใจออก (PImax, PEmax) พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายทั้งกลุ่มออกกำลังกาย และกลุ่มควบคุม ($p > 0.05$) ซึ่งแสดงในตารางที่ 2

บทวิจารณ์

การตอบสนองของระบบหัวใจ และปอด

อัตราการเต้นของหัวใจ (HR)

จากการวิจัยครั้งนี้โปรแกรมการออกกำลังกายแบบพิลาทีสในช่วงอบอุ่นร่างกาย (นาทีก่อน 0-8) แต่ละท่าจะเป็นการออกกำลังกายในท่ายืน ส่วนในช่วงออกกำลังกาย (นาทีก่อน 9-33) และช่วงผ่อนคลาย (นาทีก่อน 34-40) จะเป็นการออกกำลังกายที่ทำร่วมกับ Pilates reformer จะเป็นการออกกำลังกายในท่านอน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทีสมีแนวโน้มของอัตราการเต้นของหัวใจค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เริ่มตั้งแต่ช่วงอบอุ่นร่างกาย (นาทีก่อน 0-8) จนถึงช่วงออกกำลังกายโดยที่ช่วงเริ่มแรกของการเข้าสู่ระยะออกกำลังกาย (นาทีก่อน 8-10) พบว่ามีการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจเล็กน้อย เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการปรับเปลี่ยนท่าออกกำลังกายจากท่ายืน มาเป็นท่านอน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Macwilliam⁷ ที่พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะช้าลงในท่านอน เมื่อเทียบกับท่านั่ง และท่านอน นอกจากนี้ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อัตราการเต้นของหัวใจจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงที่ประมาณนาทีก่อน 22 โดยอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นตามระดับความหนักของการออกกำลังกาย⁸ โดยที่การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นขณะออกกำลังกายคิดเป็นร้อยละ 52.54 ± 3.56 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (%MHR) ซึ่งความหนักของการออกกำลังกายถือว่าอยู่ในระดับเบา (mild intensity) คือ อยู่ในช่วง 50-63%MHR⁹ สอดคล้องกับการศึกษาของ Spilde และคณะ¹⁰ ได้ศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายแบบพิลาทีส และโยคะ พบว่าขณะออกกำลังกายแบบพิลาทีส และโยคะมีความหนักเฉลี่ยร้อยละ 54 ± 3.6 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ซึ่งจัดอยู่ในระดับเบา

Schroeder และคณะ¹¹ ได้ศึกษาการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายแบบพิลาทีสโดยใช้ Pilates reformer พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 86.0 ± 14.34 ถึง 105.8 ± 15.53 ครั้งต่อนาที คิดเป็นร้อยละ 54.06 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดซึ่งไม่หนักพอที่หัวใจเต้นถึงอัตราเป้าหมาย (Target HR) จึงไม่สามารถเพิ่มความทนทานทางระบบหัวใจ และหายใจได้ดังนั้นการศึกษานี้โปรแกรมการออกกำลังกายแบบพิลาทีสอาจจะต้องเพิ่มความหนัก หรือแรงต้านให้หนักขึ้น เพื่อให้มีความหนักพอที่หัวใจเต้นถึงอัตราเป้าหมาย (Target HR) ซึ่ง ACSM's⁹ ได้แนะนำการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานต่อระบบหัวใจและหายใจ คือความหนักระดับปานกลาง (moderate intensity) 64-76% MHR อย่างไรก็ตามผู้ที่เริ่มออกกำลังกายเพื่อความปลอดภัยควรจะออกกำลังกายให้อัตราการเต้นของหัวใจควรอยู่ในช่วงความหนักระดับเบาก่อนที่จะเพิ่มระดับความหนักให้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่เป็นโรคความดันโลหิต โรคหัวใจ กลุ่มคนที่มีอาการปวดหลัง มีการศึกษาที่พบว่าการเล่นโยคะระดับเบา จะช่วยเพิ่มความสามารถในการออกกำลังกายของผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจได้อีกด้วย¹²

ความดันโลหิต (BP)

ในกลุ่มออกกำลังกายพบว่า ค่าของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 108.53 ± 10.99 mmHg เป็น 126.00 ± 9.10 mmHg (เพิ่มขึ้น 16.1% จากขณะพัก) และยังพบว่าค่าของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) หลังออกกำลังกาย มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากค่าของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในทางคลินิกนั้นจะเห็นว่าค่าของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) ที่เพิ่มขึ้นยังอยู่ในช่วง 100-120 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งถือว่าปกติ โดยขณะออกกำลังกายแบบที่มีการเคลื่อนไหว (dynamic exercise) การตอบสนองของค่าความดันโลหิตที่ถือว่าอยู่ในระดับสูงนั้น จะอยู่ที่ค่า $\geq 200/105$ มม.ปรอท¹³ ดังนั้นการออกกำลังกาย

แบบพิลาทีสจึงไม่มีผลต่อการเพิ่มของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวมากนัก สามารถใช้โปรแกรมการออกกำลังกายแบบพิลาทีสไปใช้ออกกำลังกายในคนทั่วไปได้โดยไม่เกิดอันตราย

หลังออกกำลังกายค่าของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) จะมีค่าสูงขึ้นจากการที่อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาตรเลือดที่ส่งออกจากหัวใจต่อนาทีเพิ่มขึ้น ขณะที่ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งที่อัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้งเพิ่มขึ้นเพราะความต้านทานของหลอดเลือดส่วนปลาย (total peripheral resistance; TPR) จะลดลง ดังนั้นความดันเฉลี่ยจะไม่เพิ่มมากนัก⁸ การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ขณะที่ออกกำลังกายแบบที่มีการเคลื่อนไหว (dynamic exercise) ค่า SBP จะเพิ่มแต่ DBP จะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในภาวะปกติขณะออกกำลังกายค่า SBP จะเพิ่มขึ้นตามระดับความหนักของการออกกำลังกาย หากมีการลดลงของ SBP ขณะที่มีการเพิ่มระดับความหนักของการออกกำลังกายถือว่าเป็นการตอบสนองที่ผิดปกติ¹⁴

อัตราการไหลเวียนโลหิต (BF)

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทีส หลังการออกกำลังกาย มีค่าอัตราการไหลเวียนโลหิตของเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง (BF) ที่บริเวณกล้ามเนื้อหลังเพิ่มขึ้นจาก 10.13 ± 3.49 flux/min เป็น 16.44 ± 4.84 flux/min ซึ่งการออกกำลังกายแบบพิลาทีสนั้นเป็นการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลาง โดยเฉพาะกล้ามเนื้อบริเวณส่วนหลัง โดยจากการศึกษาของ Petrofsky และคณะ¹⁵ ประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อส่วนหลัง โดยใช้ surface electromyography พบว่ามีการทำงานแบบระดมพลของกล้ามเนื้อหลังขณะออกกำลังกายแบบพิลาทีส ซึ่งในขณะที่ออกกำลังกายมีการแบ่งการกระจายเลือดไปยังอวัยวะต่าง ๆ โดยอาศัยหลักที่ว่า ต้องมีเลือดไปเลี้ยงมากในบริเวณที่ใช้งาน⁹ การออกกำลังกายจะไปเพิ่มการขยายตัวของผนังหลอดเลือดโดยไปกระตุ้นการทำงานของ acetylcholine (ACh)¹⁶ อย่างไรก็ตามค่าอัตราการไหลเวียนโลหิตของเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง (BF) โดยใช้ Laser Doppler Flowmetry เป็นตัวบ่งชี้ทางอ้อม เป็นการวัดอัตราการไหลเวียนโลหิตโดยไม่มีการสอดใส่อุปกรณ์เข้าไปในร่างกาย (non invasive) ซึ่งการศึกษาต่อไปอนาคตอาจจะศึกษาถึงตัวบ่งชี้ทางตรงที่สามารถวัดได้แม่นยำมากขึ้นโดยวิธีการวัดอัตราการไหลเวียนโลหิตที่มีการสอดใส่อุปกรณ์เข้าไปในร่างกาย (invasive) เช่น การใช้ Thermodilution หรือ Transit-Time Ultrasound Flow Meter เป็นต้น

แรงดันสูงสุดของการหายใจเข้า (PImax) และแรงดันสูงสุดของการหายใจออก (PEmax)

การออกกำลังกายแบบพิลาทีสจะใช้กล้ามเนื้อหน้าท้องซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ช่วยหายใจ แต่ผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าค่าของ PImax และ PEmax ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มออกกำลังกายกับกลุ่มควบคุมและในกลุ่มออกกำลังกาย ก็ไม่พบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายอาจเป็นเพราะในการศึกษานี้เป็นการวัดผลของการออกกำลังกายแบบเฉียบพลัน ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Papazachou และคณะ¹⁷ ได้ศึกษาสมรรถภาพการทำงานของปอดในผู้ป่วยโรคหัวใจเรื้อรังเปรียบเทียบขณะพัก และหลังออกกำลังกายพบว่า ค่า PImax และ PEmax มีค่าลดลงเนื่องจากมีอาการล้าของกล้ามเนื้อหายใจ Fulambarker และคณะ¹⁸ ศึกษาการฝึกโยคะต่อสมรรถภาพการทำงานของปอดในคนไข้ปอดอุดกั้นเรื้อรัง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของค่า PImax และ PEmax อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Sonetti และคณะ¹⁹ ที่พบว่า ค่า PImax ของกลุ่มนักปั่นจักรยานภายหลังจากการฝึกความแข็งแรง และความทนทานของกล้ามเนื้อหายใจ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาครั้งนี้ค่า PImax และค่า PEmax ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มออกกำลังกายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่า PImax และค่า PEmax เท่ากับ $93.27 \text{ cmH}_2\text{O}$ และ $123.94 \text{ cmH}_2\text{O}$

ตามลำดับ มีค่าน้อยกว่า เมื่อเทียบกับการศึกษาของ Jardim²⁰ ทำการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนปกติที่ไม่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบหายใจ พบว่าค่า PImax และค่า PEmax เท่ากับ 180.4 cmH₂O และ 147.7 cmH₂O ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่ามากกว่าการศึกษาในครั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องจากความแตกต่างของอายุ เชื้อชาติ และรูปร่างของผู้ที่เข้าร่วมการศึกษา ซึ่งการศึกษาของ Gibson⁵ ได้กำหนดค่าของ PImax ในคนปกติต้อง ≥ 80 cmH₂O และค่าของ PEmax ≥ 100 cmH₂O

สรุปผลการวิจัย

การตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจพบว่า กลุ่มควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจค่อนข้างคงที่ ในขณะที่กลุ่มออกกำลังกายหลังออกกำลังกายมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีค่าเพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กลุ่มออกกำลังกายในช่วงออกกำลังกายมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจ คิดเป็นร้อยละ 52.54 ± 3.56 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ซึ่งเทียบได้กับความหนักระดับเบา (mild intensity) ค่าของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) และค่าอัตราการไหลเวียนโลหิตของเนื้อเยื่อที่บริเวณกล้ามเนื้อหลัง (BF) หลังออกกำลังกายมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและ มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (DBP), ค่าของแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าและหายใจออก (PImax, PEmax) พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่ม ($p > 0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นผลงานระหว่างที่ศึกษาอยู่ ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งสำเร็จลงได้ด้วยความรู้ความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพร สิทธิเลิศพิศาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ พวงมะลิ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ซึ่งให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขงานวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่าย ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Wallace J. Principles of cardiorespiratory endurance programming. In : Kaminsk L, editor. ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. London : Lippincott William & Wilkins; 2005. 336-346.
2. อาทิตย์ พวงมะลิ. แนวคิดหลักของการออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงของระบบแกนกลางร่างกาย. การออกกำลังกายแบบใหม่สไตล์ Pilates Body Conditioning (Health and Wellness with the Physiotherapy) ; สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2547.
3. Lange C, Unnithan V, Larkam E, Latta P. Maximizing the benefits of pilates-inspired exercise for learning function motor skills. *J Body Movt Ther.* 2000 : 99-108.
4. Phrompaet S, Paungmali A, Pirunsan U, Sitilertpisan P. Effects of pilates training on lumbo-pelvic stability and flexibility *J. Sports Med.* 2011;2 (1) : 16-22.
5. Gibson GJ. Measurement of respiratory muscle strength. *Respiratory Medicine.* 1995; 89 : 529-535.

6. Rendell MS, Finnegan MF. The relationship of laser-doppler skin blood flow measurements to the cutaneous microvascular anatomy. *Microvascular Research*. 1998;55 : 3-13
7. Macwilliam JA. Postural effect on heart-rate and blood-pressure. *Exper Phys*. 1933;23 : 1-33.
8. Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise. 2 ed. Champaign : Human Kinetics; 1999.
9. Thompson WR, Gondon NF, Pescatello LS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription health appraisal and risk assessment. 8 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. 5-6.
10. Spilde SA, Porcari JP, Greany J. Physiological responses to pilates and yoga training. *JCR*. 2005;25 (5) : 308.
11. Schroeder JM, Crusemeyer JA, Newton SJ. Flexibility and heart rate response to an acute pilates reformer session. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34 (5) : 258.
12. Belardinelli R, Georgiou D. Low intensity exercise training in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1995;26 : 975-982.
13. Majahalme S, Turjanmaa V, Tuomisto M. Blood pressure responses to exercise as predictors of blood pressure level after 5 years. *Am J Hypertens* 1997;10 (1) : 106-116.
14. Lamb DR. Physiology of exercise response and adaptation. New York : Macmillan Publishing Company; 1978.
15. Petrofsky JS, Morris A, Bonacci J. Muscle use during exercise : a comparison of conventional weight equipment to Pilates with and without a resistive exercise device. *J Appl Res*. 2005;5 : 160-173.
16. Klonizakis M, Winter E. Effects of arm-cranking exercise in cutaneous microcirculation in older, sedentary people. *Microvasc Res*. 2011;81 (3) : 331-336.
17. Papazachou O, Anastasiou M. Pulmonary function at peak exercise in patients with chronic heart failure. *International Journal of Cardiology*. 2007;118 : 28-35.
18. Fulambarker A, Farooki B, Kheir F. Effect of yoga in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Ther*. 2012;19 : 96-100.
19. Sonetti DA, Wetter TJ. Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. *Respir Physiol*. 2001;127 : 185-199
20. Jardim JR, Camelier A. Strength and endurance of the respiratory and handgrip muscles after the use of flunisolide in normal subjects. *Respiratory Medicine*. 2007;101 (7) : 1594-1599.

Sports and Exercise Physiology

(Original articles)

สรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา

(นิพนธ์ต้นฉบับ)

ACUTE EFFECTS OF PILATES EXERCISE ON PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF THE
CARDIOPULMONARY SYSTEM

Arpaporn CHANKAEW¹, Patraporn SITLERTPISAN² and Aatit PAUNGMALI²

¹*Sports Science, Graduate School, Chiang Mai University*

²*Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences,
Chiang Mai University 50200*

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the acute effects of pilates exercise on physiological response of the cardiopulmonary system in healthy subjects. Thirty healthy volunteers; mean [$\pm$ SD] 23.3 $\pm$ 1.74 years (14 male and 16 female) were randomly divided into pilates exercise group (15 subjects) and control group (15 subject). The pilates exercise group was performed pilates exercise program for 40 minutes, whereas the control group was asked to rest in supine position with knees flexed 70 degree for 40 minutes. Heart rate (HR), blood pressure (BP), tissue blood flow over the lumbar areas (BF), maximum inspiratory pressure (PI_{max}) and maximum expiratory pressure (PE_{max}) were assessed before and after the exercise session. Data was statistically analyzed using SPSS program version 16.0. The results showed that the acute effect of pilates exercise on HR under the experimental group had a significant increase in HR ($p < 0.05$) and significantly greater than the control group ($p < 0.05$). The peak HR of the experimental group during work – out was $52.54 \pm 3.56\%$ MHR which demonstrated the mild intensity level. The systolic blood pressure (SBP) and BF were significantly greater than the after work – out ($p < 0.05$). Whereas, the diastolic blood pressure (DBP), maximum inspiratory pressure (PI_{max}) and maximum expiratory pressure (PE_{max}) were not significantly changed after work – out ($p < 0.05$). From this study found that the pilates exercise group had a significant increase in HR, SBP and BF to back muscles greater than the control group.

(Journal of Sports Science and Technology ,2012; 12(1) : 39 - 49)

KEY WORDS : pilates exercise, heart rate, blood pressure, blood flow, maximum inspiratory pressure, maximum expiratory pressure