

ผลของท่านั่งและท่ายกขาสูง 45 องศา ในระยะฟื้นตัวจากการออกกำลังกายอย่างหนักแบบเป็นช่วงที่มี ต่อระบบไหลเวียนโลหิต, ระบบระบายอากาศ และ ระบบเผาผลาญพลังงาน

หฤทัย เพ็ชรวิเศษ, เมตตา ปิ่นทอง, รุ่งชัย ขวัญไชยะกุล

วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล จ. นครปฐม 73170

* corresponding author

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลของท่านั่งและท่ายกขาสูง 45 องศา ภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักแบบเป็นช่วง ที่มีผลต่ออัตราการเต้นหัวใจ, ความดันเลือดแดง, การระบายอากาศ, อัตราการใช้ออกซิเจน และระดับความไม่สบายในการหายใจ ในผู้มีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์เพศชาย อายุระหว่าง 19-22 ปี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล เพศชาย จำนวน 11 คน โดยผู้ที่เข้าร่วมทดลองจะทำการวิ่งบนลู่วิ่งที่มีความหนักเป็นช่วงๆเป็นเวลา 45 นาทีต่อมาในระยะพักผู้เข้าร่วมการทดลองจะทำการนั่ง หรือนอนหงายยกขาสูง 45 องศาเป็นเวลา 15 นาทีโดยเว้นระยะห่างระหว่างการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ทันทีภายหลังจากการวิ่งผู้เข้าร่วมการทดลองจะเข้าสู่ระยะของการฟื้นตัวโดยการนั่ง หรือ นอนยกขาสูง 45 องศา เป็นเวลา 15 นาทีโดยการสุ่ม และผู้เข้าร่วมการทดลองจะมาทำการทดลองอีกครั้งอย่างน้อย 1 สัปดาห์ถัดไป แบบสอบถามความเหนื่อยในการออกกำลังกายจะถูกบันทึกในช่วงระยะออกกำลังกายและความเหนื่อยในการหายใจจะบันทึกทุก 1 นาทีในระยะฟื้นตัว

ผลการวิจัย ในระยะพักและระยะออกกำลังกายไม่พบความแตกต่างของอัตราการเต้นหัวใจ, ความดันเลือดแดง, การระบายอากาศ, ปริมาตรของการหายใจเข้าปกติ, อัตราการหายใจ, อัตราการใช้ออกซิเจน และระดับความไม่สบายในการหายใจในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง ค่าความดันโลหิตซิสโตลิก ($p < 0.05$) และ ค่าดัชนีพัลซุสเซอร์ ($p < 0.05$) จะมีค่ามากในท่านอนยกขาสูง 45 องศา อัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการเต้นของหัวใจจะมีค่าต่ำในท่านอนยกขาสูงเมื่อเทียบกับท่านั่ง ในท่านั่งจะมีการใช้ออกซิเจนที่ต่ำกว่าท่านอนยกขาสูง ($p < 0.05$) แต่ค่าสัดส่วนการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนออกซิเจนในท่านั่งจะมีค่าสูงกว่าในท่านอนยกขาสูง ($p < 0.05$) ค่าการระบายอากาศ, ความเหนื่อยในการหายใจ , ความดันไดแอสโตลิก , ค่าความดันเลือดแดงเฉลี่ย , ค่าเรทเพรสเซอร์โปรดักส์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างท่านั่งกับท่านอน ($p > 0.05$) ในระยะฟื้นตัวท่า

นอนยกขาสูงมีการใช้ออกซิเจน, อัตราการหายใจ ที่มากกว่าในท่านั่ง แต่มีปริมาตรอากาศของการหายใจเข้าปกติ น้อยกว่าในท่านั่ง ($p < 0.05$) จากข้อมูลที่ได้สามารถสรุปได้ว่าท่านอนยกขาสูง 45 องศาจะสามารถลดการทำงานอย่างหนักของระบบไหลเวียนโลหิตภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักอาจเนื่องมาจากการกระตุ้นของบาร์โรรีเซปเตอร์ในท่านอนยกขาสูง

(J. Sports Sci. Technol 2011; 11 (2): 91–105)

คำสำคัญ: ท่าทางในระยะพินตัว, การไหลเวียนโลหิต, การระบายอากาศ, การเผาผลาญพลังงาน

บทนำ

การพักในระยะพินตัวจากการออกกำลังกายนั้นสามารถทำได้หลายอย่างเช่น การนั่งบนเก้าอี้ หรือการนอนลงบนพื้น ซึ่งการพักในระยะพินตัวเหล่านี้เหมาะสำหรับนักกีฬาผู้ซึ่งต้องออกกำลังกายในระดับหนักและเป็นการออกกำลังกายที่ใช้เวลานาน (1) การพักในระยะพินตัวนั้นทำให้ลดค่าตั้งของสมองในส่วนควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยการลดตัวกระตุ้นจาก mechanoreceptor จากกล้ามเนื้อส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเมื่อเทียบกับการออกกำลังกายในช่วงระยะพินตัว (2) นอกจากนี้ภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักมากกว่าร้อยละ 50 ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด นั้นสามารถส่งผลทำให้ร่างกายเกิดภาวะความดันโลหิตต่ำได้ (3) ดังนั้นท่าทางจึงสำคัญในระยะพินตัวภายหลังจากการออกกำลังกาย เพื่อป้องกันภาวะความดันโลหิตต่ำ และท่าทางที่เป็นที่นิยมในการลดภาวะความดันโลหิตต่ำนั้นคือท่านอนยกขาสูง 45 องศา เนื่องจากในท่านั่งเลือดจากขาจะไหลเวียนเข้าสู่ส่วนกลางของร่างกายเป็นผลทำให้ความดันโลหิตเพิ่มและเป็นการกระตุ้น baroreflex ซึ่งจะส่งผลทำให้ลดการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก และเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (4) เป็นผลให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง และความดันเลือดแดงเฉลี่ยลดลง ซึ่งผลที่กล่าวมานี้สามารถนำมาเป็นประโยชน์ต่อนักกีฬาในการเร่งเร้าการพินตัวจากการออกกำลังกายอย่างหนักได้เนื่องจากในขณะที่ออกกำลังกายร่างกายมีการเพิ่มการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก และลดการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกเป็นผลทำให้มีการเพิ่มของอัตราการเต้นของหัวใจ ดังนั้นภายหลังจากการออกกำลังกาย การกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกและลดการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกนั้นจะเป็นกุญแจสำคัญในการเร่งเร้าการพินตัวภายหลังจากการออกกำลังกาย แต่ท่าทางในการพักในระยะพินตัวนั้นไม่เพียงแต่ส่งผลต่อระบบไหลเวียนโลหิตเพียงอย่างเดียว ยังส่งผลต่อระบบระบายอากาศ และระบบเผาผลาญพลังงานอีกด้วย เนื่องจากท่าทางของร่างกายที่แตกต่างกันออกไปนั้นส่งผลต่อปริมาตรปอด, ความจุปอด และปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงปอด ในขณะที่พินตัวท่านอนหงายจะมีค่า expiratory reserve volume (ERV) และค่า functional residual capacity (FRC) ต่ำกว่าในท่านั่ง ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนก๊าซลดลงแม้ในกลุ่มผู้ทดลองที่มีสุขภาพดี (5) จากปริมาตร

ของปอดที่มากกว่าในท่าลำตัวตั้งตรงนั้นมีผลทำให้ความยืดหยุ่นของถุงลมและการขยายตัวของผนังของปอดมีมาก (6) และมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาความสัมพันธ์ของการระบายอากาศและระบบไหลเวียนโลหิตกล่าวคือการเพิ่มการระบายอากาศนั้นไม่ได้รับอิทธิพลจากการเพิ่มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เลือดเพียงอย่างเดียวแต่ยังเกี่ยวข้องกับอัตราการไหลของเลือดในเส้นเลือดด้วยกล่าวคือเมื่อมีการอัตราการไหลของเลือดมากขึ้นการระบายอากาศก็จะเพิ่มขึ้นด้วย (7) เนื่องจากการตอบสนองของระบบไหลเวียนโลหิตที่มีต่อแรงโน้มถ่วงของโลกนั้นส่งผลทำให้ท่านอนยกขาสูงสามารถเร่งเร้าการฟื้นตัวได้มากกว่าท่านั่งอย่างไรก็ตามการตอบสนองของการระบายอากาศและการเผาผลาญพลังงานนั้นท่านั่งดูเหมือนจะมีประโยชน์ในระยะฟื้นตัวได้มากกว่าท่านอนยกขาสูง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ท่าทางในระยะฟื้นตัวหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักนั้นสามารถส่งผลเร่งเร้าหรือให้ผลตรงกันข้ามได้และในปัจจุบันการศึกษาผลของผลของท่าทางนั่งและท่ายกขาสูง 45 องศา หลังการออกกำลังกายอย่างหนักแบบเป็นช่วงที่มีต่อระบบไหลเวียนโลหิต, ระบบระบายอากาศ และ ระบบเผาผลาญพลังงาน นั้นยังมียังจำกัดอยู่ ดังนั้นเป็นที่น่าสนใจที่จะศึกษาและเปรียบเทียบผลของท่านอนยกขาสูง 45 องศาและท่านั่งในระยะฟื้นตัวเนื่องจากท่าดังกล่าวสามารถทำได้ง่ายในชีวิตประจำวัน.

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการพักฟื้นในท่านั่งและท่านอนหงายยกขาสูง 45 องศาหลังการออกกำลังกายอย่างหนักแบบเป็นช่วง ต่อการระบบไหลเวียนโลหิต, ระบบระบายอากาศ และ ระบบเผาผลาญพลังงาน

วิธีการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาชายที่มีสุขภาพดี เล่นกีฬาประเภทฟุตบอล ฟุตบอล บาสเกตบอล หรือ วิ่ง เป็นประจำอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ นาน 60 นาทีขึ้นไป จำนวน 11 คน มีอายุระหว่าง 18-22 ปี

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งละประมาณ 1-2 ชั่วโมง รวม 4 ครั้ง โดยแต่ละครั้งมีระยะเวลาห่างกันประมาณ 1 สัปดาห์เพื่อให้ร่างกายได้พักและมีความสมบูรณ์ก่อนเริ่มทำการทดสอบครั้งต่อไป โดยในครั้งแรกผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการประเมินน้ำหนัก ส่วนสูง ร้อยละของมวลไขมัน ชีพจรและความดันเลือดในขณะพักและทดสอบการใช้ใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้ลู่วิ่งกลที่มีการเพิ่มความหนักและความชันขึ้นเรื่อยๆ หลังนี้ประมาณ 1 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมการทดลองจะสร้างความคุ้นเคยกับรูปแบบการออกกำลังกายหนักสลับเบา โดยทำการวิ่งบนลู่วิ่ง สัปดาห์ต่อมา ผู้เข้าร่วมการทดลองจะทำการทดลองในท่าพัก

ท่าแรกซึ่งการศึกษานี้มีลักษณะเป็นการศึกษาแบบไขว้กัน (cross – over trials) ผู้เข้าร่วมการวิจัยเดิมได้รับการทดสอบซ้ำโดยมีการสุ่มลำดับท่าทางที่ใช้ในการพักฟื้นภายหลังจากการออกกำลังกายแบบหนักที่มีการพักเป็นช่วงๆ โดยเมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองมาถึงห้องวิจัยจะมีการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องวัดประกอบไปด้วยสายคาดหน้าอก และเครื่องทดสอบการเผาผลาญพลังงานแบบเคลื่อนที่ได้ (Oxycon Mobile, Germany) หลังจากนั้นผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะนั่งพักเป็นเวลา 10 นาที โดย อัตราการเต้นของหัวใจ, การระบายอากาศ, และ อัตราการใช้ออกซิเจน จะทำการประเมินเฉลี่ยทุก 30 วินาทีตลอดการทดลอง ความดันโลหิตจะประเมินทุก 5 นาทีในระยะพัก เมื่อพักครบกำหนดเวลา ต่อมาผู้เข้าร่วมการวิจัยจะทำการวิ่งบนลู่วิ่งเพื่อเป็นการอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นจึงเริ่มวิ่งความหนักสลับเบาเป็นเวลา 45 นาที และ ระดับความเหนื่อย (RPE) จะทำการประเมินระหว่างการออกกำลังกาย 2 ครั้ง และเมื่อเสร็จจากการวิ่งผู้เข้าร่วมการทดลองจะทำท่าหนึ่งในสองท่าโดยการสุ่มเป็นเวลา 15 นาทีโดยระหว่างนี้ค่าความดันโลหิตและระดับความไม่สบายในการหายใจ จะทำการประเมินทุกหนึ่งนาที

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

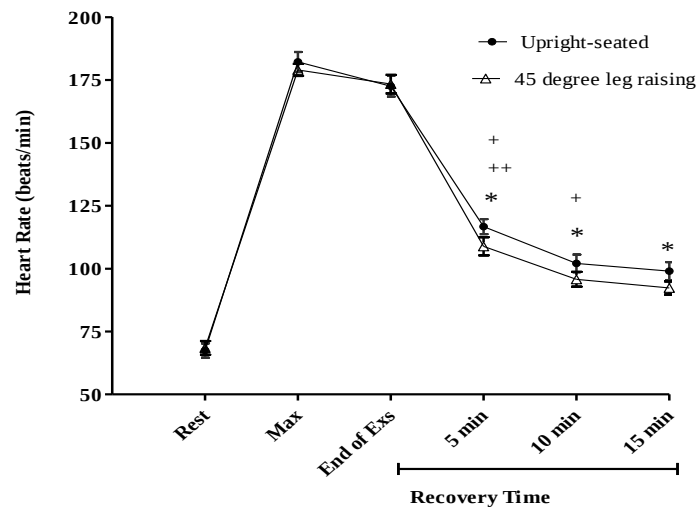
ข้อมูลของคุณลักษณะของผู้เข้าร่วมการวิจัยแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ข้อมูลของตัวแปรในการทดสอบจะแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard Error of Mean; S. E.) การทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างพักและระหว่างออกกำลังกายโดยใช้สถิติ Paired – Samples t – Test และข้อมูลที่ได้จากช่วงฟื้นตัวมาวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทาง (ท่าทาง*เวลา) (two – way repeated anova)

ผลการศึกษา

จากการวิจัยในตารางที่หนึ่งแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนค่ามาตรฐานของคุณลักษณะของผู้เข้าร่วมการวิจัยซึ่งประกอบไปด้วยชายไทยที่มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงจากมหาวิทยาลัยมหิดลเป็นจำนวนทั้งหมด 11 คนซึ่งทั้งหมดนั้นเป็นนักกีฬาในประเภทต่างๆดังนี้; ฟุตบอล 5 คน, รักบี้ 3 คน, และนักวิ่ง 800 เมตร 2 คนดังแสดงในตารางที่ 1 กลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยมีอายุเฉลี่ย 20.18 ± 0.70 ปี ซึ่งผู้เข้าร่วมในงานวิจัยในครั้งนี้จะมีน้ำหนักเฉลี่ย 65.00 ± 4.52 กก. สัมพันธ์กับความสูงเฉลี่ย 173.45 ± 4.98 ซม. และมีดัชนีมวลกายเฉลี่ย 21.61 ± 1.33 กก./ม² มีค่าร้อยละของไขมันอยู่ที่ 7.54 ± 2.79 มีค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดเฉลี่ย 52.89 ± 7.88 มล/นาที/กก.

การตอบสนองของระบบไหลเวียนโลหิตของการทดลองในครั้งนี้พบว่า ในขณะที่พัก อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ($p = 0.68$), ความดันซิสโตลิก (SBP) ($p = 0.37$), ความดันไดแอสโตลิก (DBP) ($p = 0.80$),

ความดันเลือดแดงเฉลี่ย (MAP) ($p = 0.93$), Pulse Pressure (PP) ($p = 0.34$) และขณะออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) จะมีอัตราการเต้นสูงขึ้นตามลำดับแต่อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยตลอดทั้งการออกกำลังกายไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสองท่า ($p = 0.43$) นอกเหนือจากนี้อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดในการออกกำลังกายในการทดลองนี้ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างสองท่า ($p = 0.47$) เมื่อหยุดออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจขณะหยุดออกกำลังกายก็ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างสองท่าเช่นเดียวกัน ($p = 0.83$) เมื่อเข้าสู่ระยะการฟื้นตัวจากการออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจที่มีการเพิ่มขึ้นจากในขณะพักจะเริ่มมีการลดลงในท่านอนยกขาสูง 45 องศาสูงกว่าท่านั่งโดยเป็นผลมาจากท่าทางที่แตกต่างกัน [F (1, 10) = 9.23, $p < 0.05$] และเป็นผลมาจากระยะเวลาในการฟื้นตัว [F (1, 10) = 109.01, $p < 0.05$] แต่ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและท่าทางที่แตกต่างกันที่ทำให้ค่าของอัตราการเต้นของหัวใจของท่าระหว่างท่านั่งและท่านอนที่แตกต่างกัน [F (1, 10) = 5.45, $p < 0.05$] โดยในนาทิตี่ 5 จะพบว่ามีอัตราการเต้นของหัวใจในท่านั่งจะลดลงน้อยกว่าในท่านอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งในท่านั่งจะมีค่าลดลงน้อยกว่าท่านอนยกขาสูงโดยเป็นผลมาจากท่าทางที่แตกต่างกัน [F (1, 10) = 6.73, $p < 0.05$] และเป็นผลมาจากระยะเวลาในการฟื้นตัว [F (1, 10) = 109.01, $p < 0.05$] แต่ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและท่าทางที่แตกต่างกันที่ทำให้ค่าของอัตราการเต้นของหัวใจของท่าระหว่างท่านั่งและท่านอนที่แตกต่างกัน [F (1, 10) = 0.25, $p > 0.05$] โดยในนาทิตี่ 5, 10 และในนาทิตี่ 15 ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจในท่านั่งจะมีค่าลดลงน้อยกว่าในท่านอนยกขาสูง ($p < 0.05$) นอกจากนี้ค่าความดันซิสโตลิก (SBP) ในท่านั่งจะมีค่าต่ำกว่าท่านอนยกขาสูง 45 องศาเป็นผลมาจากท่าทางที่แตกต่างกัน [F (1, 10) = 7.62, $p < 0.05$] และเป็นผลมาจากระยะเวลาของการฟื้นตัว [F (1, 10) = 91.47, $p < 0.05$] แต่ไม่พบว่ามีสัมพันธ์ระหว่างเวลาและท่าทางที่แตกต่างกันที่ทำให้ค่าความดันซิสโตลิก (SBP) ของท่าระหว่างท่านั่งและท่านอนที่แตกต่างกัน [F (1, 10) = 0.533, $p > 0.05$] โดยในนาทิตี่ 10, 15 ท่านั่งจะมีค่าความดันซิสโตลิกต่ำกว่าในท่านอน ($p = 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความดัน Pulse Pressure (PP) ซึ่งในท่านั่งจะมีค่าลดลงน้อยกว่าท่านอนยกขาสูงโดยเป็นผลมาจากท่าทางที่แตกต่างกัน [F (1, 10) = 17.24, $p < 0.05$] และเป็นผลมาจากระยะเวลาในการฟื้นตัว [F (1, 10) = 5.81, $p < 0.05$] แต่ไม่พบว่ามีสัมพันธ์ระหว่างเวลาและท่าทางที่แตกต่างกันที่ทำให้ค่าความดันพาร์เซอ (PP) ของท่าระหว่างท่านั่งและท่านอนที่แตกต่างกัน [F (1, 10) = 3.13, $p > 0.05$] โดยในนาทิตี่ 10, 15 ค่าความดันพัลซุเพรสเซอร์ในท่านั่งจะลดลงน้อยกว่าในท่านอนยกขาสูง ส่วนในการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน Diastolic [F (1, 10) = 4.14, $p > 0.05$], ค่าความดันเลือดแดงเฉลี่ย (MAP) [F (1, 10) = 0.17, $p > 0.05$], เรทเพสเซอร์โปรดัก (RPP) [F (1, 10) = 0.01, $p > 0.05$] ไม่มีผลจากท่าทางที่แตกต่างกัน แต่เป็นผลมาจากเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ($p < 0.05$) และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างท่าทางและระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปต่อดัชนีแปร ($p > 0.05$)

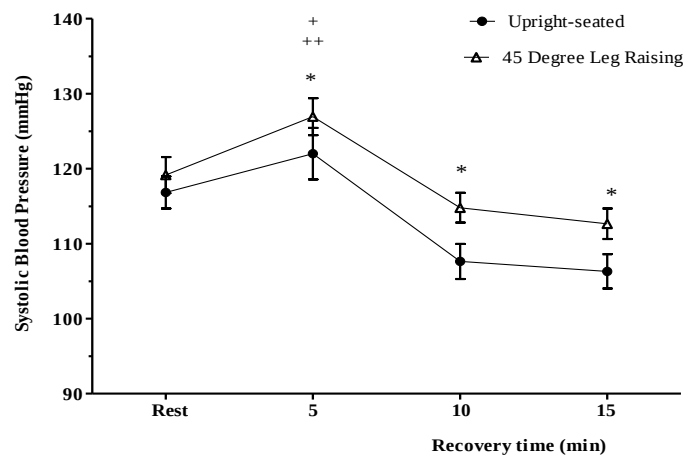


รูปที่ 1. แสดงผลของท่านอนกขาสูง 45 องศาและท่านั่ง ในระยะฟื้นตัวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากอิทธิพลของท่าทางทางสถิติที่ระดับ ($p < 0.05$)

⁺ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 15 ($p < 0.05$)

⁺⁺ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 10 ($p < 0.05$)

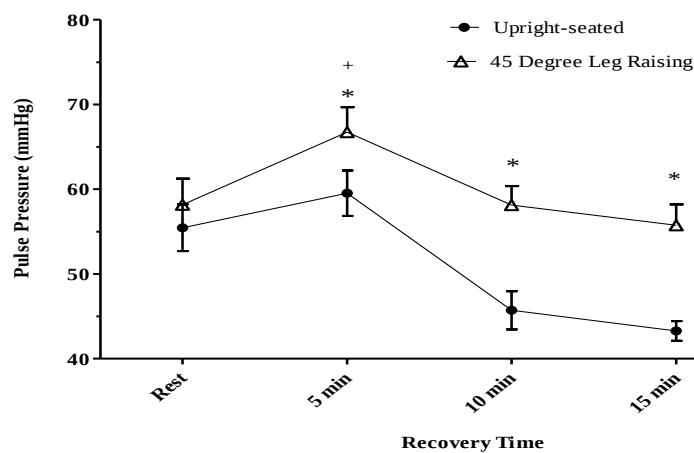


รูปที่ 2. แสดงผลของท่านอนกขาสูง 45 องศาและท่านั่ง ในระยะฟื้นตัวที่มีผลต่อความดัน Systolic (SBP)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากอิทธิพลของท่าทางทางสถิติที่ระดับ ($p < 0.05$)

⁺ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 15 ($p < 0.05$)

⁺⁺ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 10 ($p < 0.05$)

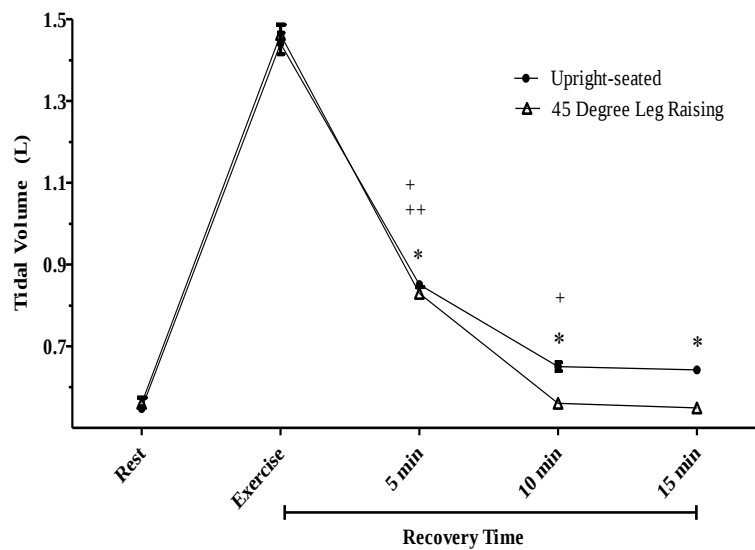


รูปที่ 3. แสดงผลของท่านอนยกขาสูง 45 องศาและท่านั่ง ในระยะฟื้นตัวที่มีผลต่อความดัน Pulse Pressure (PP)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

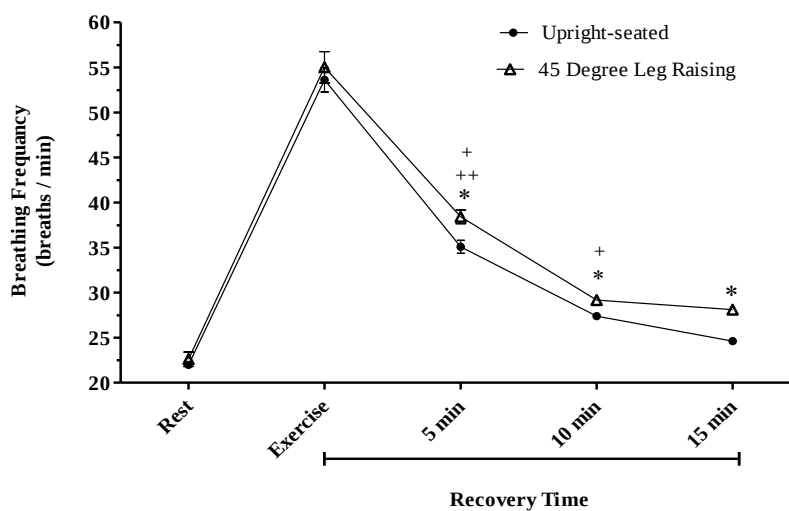
+ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 15 ($p < 0.05$)

การตอบสนองของการระบายอากาศ (VE) ปริมาตรปอดในการหายใจเข้าปกติ (VT) และ อัตราการหายใจ (BF) ต่อการทดลองนี้พบว่าไม่พบความแตกต่างระหว่างสองท่าในขณะพัก ($p > 0.05$) และ ขณะออกกำลังกาย ($P > 0.05$) ตลอดจนในระยะฟื้นตัวไม่พบความแตกต่างระหว่างสองท่าที่มีผลมาจาก ท่าทางที่แตกต่างกันในการตอบสนองของระบบระบายอากาศ [$F(1, 10) = 0.73, p > 0.05$] แต่มีปริมาตร ของปอดในการหายใจเข้าปกติ [$F(1.97, 19.70) = 87.89, p < 0.05$] และอัตราการหายใจ [$F(1, 10) = 246.97, p < 0.05$] ที่แตกต่างกัน และความเปลี่ยนแปลงของการระบบระบายอากาศ ปริมาตรปอดในการ หายใจเข้าปกติ (VT) และ อัตราการหายใจ (BF) ที่เกิดขึ้นมีอิทธิพลมาจากระยะเวลาของการฟื้นตัว [$F(1, 10) = 73.71, p < 0.05$], [$F(1.56, 17.98) = 47.82, p < 0.05$], [$F(1.83, 18.29) = 299.56, p < 0.05$] ตามลำดับ



รูปที่ 4. แสดงผลของท่านอนยกขาสูง 45 องศาและท่านั่ง ในระยะฟื้นตัวที่มีต่อปริมาตรปอดในการหายใจเข้าปกติ (VE)

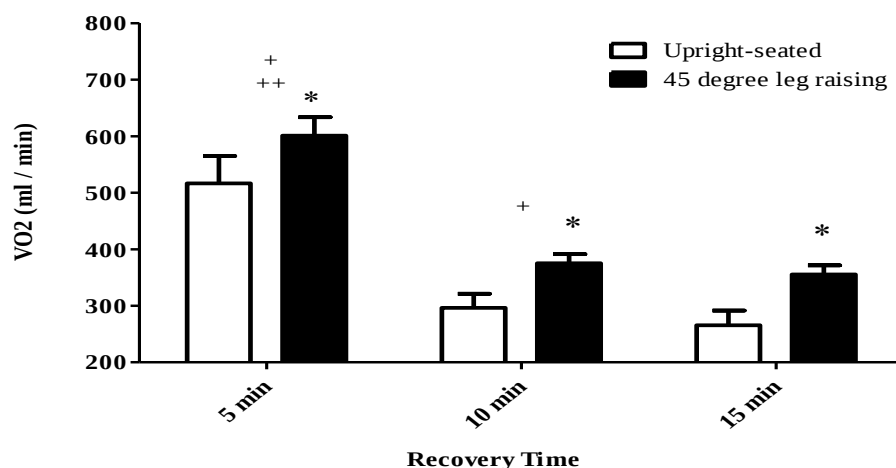
- * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
- ⁺ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 15 ($p < 0.05$)
- ⁺⁺ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 10 ($p < 0.05$)



รูปที่ 5. แสดงผลของท่านอนยกขาสูง 45 องศาและท่านั่ง ในระยะฟื้นตัวที่มีต่ออัตราการหายใจ (BF)

- * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
- ⁺ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 15 ($p < 0.05$)
- ⁺⁺ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 10 ($p < 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงของระบบเผาผลาญพบว่าค่าการใช้ออกซิเจน (VO_2 , $p = 0.54$), การระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2 , $p = 0.90$), สัดส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ (RER , $p = 0.35$) และการเผาผลาญพลังงาน (C , $p = 0.54$) ไม่แตกต่างกันในขณะพักและในขณะออกกำลังกายการใช้ออกซิเจน (VO_2 , $p = 0.40$), การระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2 , $p = 0.33$), สัดส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ (RER , $p = 0.47$) และการเผาผลาญพลังงาน ($p = 0.40$) ตลอดจนช่วงระยะเวลาฟื้นตัว การเปลี่ยนแปลงของค่าการระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2), สัดส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ (RER) ไม่ได้มีอิทธิพลมาการทำทางที่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในขณะที่ค่าการใช้ออกซิเจน (VO_2) และการเผาผลาญพลังงาน (C) นั้นพบความแตกต่างอันเป็นผลมาจากทำทางที่แตกต่างกัน [$F(1,10) = 8.52$, $p < 0.05$], [$F(1, 10) = 29.68$, $p < 0.01$] ตามลำดับ และการเปลี่ยนแปลงของระบบเผาผลาญพบว่าค่าการใช้ออกซิเจน (VO_2), การระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2), สัดส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ (RER) และการเผาผลาญพลังงาน (C) มีการเปลี่ยนแปลงโดยได้รับอิทธิพลจากเวลาที่เพิ่มมากขึ้น ($P < 0.05$)

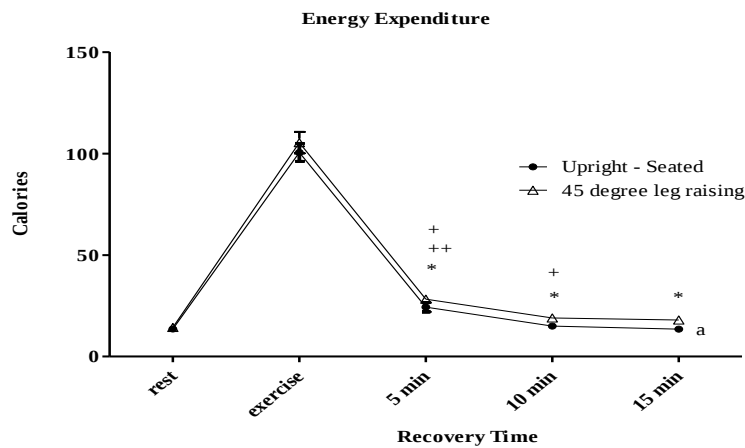


รูปที่ 6. แสดงผลของท่านอนยกขาสูง 45 องศาและท่านั่ง ในระยะฟื้นตัวที่มีการใช้ออกซิเจน (VO_2)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

⁺ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 15 ($p < 0.05$)

⁺⁺ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 10 ($p < 0.05$)



รูปที่ 7. แสดงผลของท่านอนยกขาสูง 45 องศาและท่านั่ง ในระยะฟื้นตัวที่มีผลต่อการเผาผลาญพลังงาน (C)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

+ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 15 ($p < 0.05$)

++ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับนาทีที่ 10 ($p < 0.05$)

การอภิปรายผล

การอภิปรายผลจากการศึกษาผลของท่าทางภายหลังการออกกำลังกายแบบหนักแบบช่วงที่มีผลต่อระบบไหลเวียนโลหิต, ระบบระบายอากาศ และการเผาผลาญพลังงานในผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์เพศชายอายุระหว่าง 19-22 ปี จากผลการทดลองสามารถวิจารณ์ได้ดังนี้

ก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยของระบบไหลเวียนโลหิต, การระบายอากาศและการเผาผลาญพลังงานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความมั่นใจ 95% ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางระบบไหลเวียนโลหิต, การระบายอากาศและการเผาผลาญพลังงานก่อนการทดลองในช่วงระยะพักมีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างท่านอนยกขาสูง 45 องศาและท่านั่ง

ในช่วงระหว่างการออกกำลังกายพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แสดงให้เห็นว่าในการทดลองในแต่ละครั้งผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับความหนักในการออกกำลังกายใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นผลทำให้การรับรู้ถึงถึงความเหนื่อยในช่วงออกกำลังกายในช่วงท่านอนยกขาสูงและท่านั่งไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในช่วงระยะฟื้นตัวในท่าท่านอนยกขาสูง 45 องศาผลทำให้เลือดจากรยางค์ส่วนล่างไหลกลับเข้าสู่หัวใจมากขึ้น (8) และส่งผลกับอัตราการไหลของเลือดเพิ่มขึ้น (9) และนอกจากนี้กลไกนี้ยังไปกระตุ้นการทำงานของ baroreceptor (10) มีผลทำให้มีการลดการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก เพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ซึ่งผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองซึ่งมีการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) และการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ในท่านอนยกขาสูง 45 องศา มากกว่าในท่านั่ง นอกจากนี้การทำท่ายกขาสูง สามารถเพิ่ม cardiac output

ในคนสุขภาพดี (11) ด้วยเหตุนี้ อาจเป็นเหตุให้ค่าความดัน Systolic (SBP) และค่า Pulse Pressure (PP) ที่สูงกว่าในท่านั่ง ร่วมกับในท่านั่งนั้นจะมีค่า orthostatic stress ที่มากกว่าและอาจส่งผลให้มีการเพิ่มของค่าความดันเฉลี่ยของเลือดแดง (MAP) ในท่านอนยกขาสูง 45 องศา และในท่านั่งนั้นต่างมีผลทำให้ค่า MAP เพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างการเพิ่มขึ้นของค่าความดันเฉลี่ยของหลอดเลือดแดงเพิ่มขึ้นในท่านอนยกขาสูง 45 องศา และในท่านั่ง และการที่ค่าความดันเฉลี่ยเลือดแดง (MAP) ค่าความดัน Diastolic (DBP) มีค่าไม่แตกต่างกันนั้น นอกจากปัจจัยของท่าทางแล้ว ปัจจัยที่มีผลต่อระบบไหลเวียนโลหิตภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนึ่งแบบช่วงนั้นยังมีปัจจัยอื่นร่วมด้วยเช่นความยืดหยุ่นของหลอดเลือดของแต่ละคนอีกด้วย

ในการเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศ (VE) ระหว่างท่านั่งและท่านอนยกขาสูง 45 องศาไม่มีอิทธิพลจากท่าทั้ง 2 ท่าอาจเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงในท่านั่งเพียงอย่างเดียวอาจไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่สำคัญในการเพิ่มขึ้นของการระบายอากาศ (VE) ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกันเช่น ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด ซึ่งในการทดลองนี้ไม่พบความแตกต่างในการระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างท่านอนยกขาสูง 45 องศาตลอดจนโครงสร้างการวางตัวของทางเดินหายใจและเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงปอดนั้น ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการระบายอากาศอีกด้วยซึ่งในการระบายอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงอันมีผลมาจากความดันโลหิตของเลือดแดงและในการทดลองนี้จะพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในค่าความดันโลหิตในระหว่างสองท่า ดังนั้นเป็นผลทำให้การระบายอากาศในระหว่างสองท่านั้นจะมีค่าไม่แตกต่างกัน (12) อย่างไรก็ตามค่าการระบายอากาศจะมีแนวโน้มที่จะมีค่าสูงกว่าในท่านั่งทั้งนี้เนื่องมาจากในท่านั่งนั้นบาโรรีเซปเตอร์จะถูกกระตุ้นน้อยกว่าในท่านอนหงายยกขาสูงจึงเป็นผลทำให้มีการระบายอากาศเพิ่มมากขึ้น (13). และค่าปริมาตรปอดในท่านั่งจะพบว่ามีค่าสูงกว่าท่านอนหงายยกขาสูงนั้น เนื่องจากในท่านอนหงายยกขาสูงนั้นจะเป็นการกระตุ้นบาโรรีเซปเตอร์ซึ่งในการศึกษาที่ผ่านมาจะพบว่าเมื่อมีการกระตุ้นของระบบของบาโรรีเซปเตอร์นั้นค่าปริมาตรปอดในการหายใจเข้าจะมีค่าลดลง (14-17) อัตราการหายใจในท่านอนหงายยกขาสูงจะมีค่ามากกว่าในท่านั่งนั้นอาจอธิบายได้จากในท่านั่งนั้นจะมีปริมาตรปอดมากกว่าซึ่งจะมีผลกับการมีความยืดหยุ่นของปอดสูงกว่าในท่านอนหงายยกขาสูง (18-19) ดังนั้นในท่านอนหงายจึงต้องเพิ่มอัตราการหายใจเพื่อจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการออกกำลังกาย

ในการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในระยะพักพื้นจะพบว่าการใช้ออกซิเจนมีค่ามากในท่านอนหงายยกขาสูงซึ่งอาจเป็นผลมาจากในท่านอนหงายยกขาสูงนั้นมีแนวโน้มค่าความดันโลหิตสูงกว่าในท่านั่งและมีการศึกษาในงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าท่านอนหงายยกขาสูงในเป็นท่าที่สามารถเพิ่มอัตราการไหลเวียนของโลหิต(20-21) ดังนั้นในท่านั่งจึงมีการใช้ออกซิเจนมากกว่าในท่านั่งจึงส่งผลให้ในท่านั่งมีการเผาผลาญพลังงานมากกว่าในท่านั่งอีกด้วย

สรุปผล จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าท่านอนยกขาสูง 45 องศาสามารถลดความเครียดของระบบไหลเวียนโลหิตจากการออกกำลังกายอย่างหนึ่งแบบช่วงในระยะพักพื้นตัวได้ แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ส่งผลต่อ

การเปลี่ยนแปลงของระบบไหลเวียนโลหิต, ระบบระบายอากาศ และการเผาผลาญพลังงานในร่างกายนั้น มีหลากหลายปัจจัยและเพื่อเป็นการประเมินปัจจัยเหล่านี้ควรประกอบต่อไปในการศึกษาในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. Toubekis AG, Douda HT, Tokmakidis SP. Influence of different rest intervals during active or passive recovery on repeated sprint swimming performance. *Eur J Appl Physiol.* 2005 Mar;93(5-6):694-700.
2. O' Leary DS. Autonomic mechanism of muscle metaboreflex control of heart rate. *J Appl Physiol.* 1993;74:1748-1754.
3. Macdonald JR, MacDougall J, Hoghen CD. The effects of exercise duration on post-exercise hypotension. *J Hum Hypertens.* 1999;143:527-531.
4. Power SK, Howley ET. *exercise physiology: theory and application to fitness and performance sixth, editor.* New York: McGraw-hill companies Inc.; 2007.
5. Elizabeth D. Effect of body position on pulmonary function. *Phys Ther.* 1985;65(5):613-618.
6. Charbel B, Mark RE, Elizabeth RE. The effect of body position on maximal expiratory pressure and flow. *Australian Journal of Physiotherapy* 2002 48:95-102.
7. Green JF, Sheldon MI. Ventilatory changes associated with changes in pulmonary blood flow in dogs. *J Appl Physiol.* 1983 Apr;54(4):997-1002.
8. Rutlen DL, Wackers FJ, Zaret BL. Radionuclide assessment of peripheral intravascular capacity: a technique to measure intravascular volume changes in the capacitance circulation in man *Circulation.* 1981;64:146-152.
9. Anderson EA, Mark A. Flow mediated and reflex changes in large peripheral artery tone in humans. *Circulation.* 1989;79:93-100.
10. Arosia P, Arcaro G, Priane F, Montesi G, Zannoni M, Lechi A. Effects of long term nicardipine treatment on haemodynamics of large treatment on haemodynamics of large arteries in essential hypertension. *cardiovasc Drugs Ther.* 1989;3:85-89.
11. Wong DH, Watson T, Gordon I. Comparison of changes in transit time ultrasound, esophageal Doppler, and thermodilution cardiac output after changes in preload, afterload, and contractility in pigs. *Anesth Analg.* 1991;72:584-58.

12. Gordon S, Anne J, Rebecca S, Petra B. Body position and cardio-respiratory variables in older people. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2009.
13. Yoshizaki H, Yoshida A, Hayashi H, and Fuguda Y. Effect of posture change on control of ventilation. *Japanese Journal of physiology*. 1998;48:267-273.
14. Martin BJ, Weil JV. CO₂ and exercise tidal volume. *J Appl Physiol*. 1979 Feb;46(2):322-325.
15. Aviado DM, Jr., Schmidt CF. Cardiovascular and respiratory reflexes from the left side of the heart. *Am J Physiol*. 1959 Apr;196(4):726-730.
16. Brunner MJ, Sussman MS, Greene AS, Kallman CH, Shoukas AA. Carotid sinus baroreceptor reflex control of respiration. *Circ Res*. 1982 Nov;51(5):624-636.
17. Kostreva DR, Hopp FA, Zuperku EJ, Kampine JP. Apnea, tachypnea, and hypotension elicited by cardiac vagal afferents. *J Appl Physiol*. 1979 Aug;47(2):312-318.
18. Behrakis PK, Baydur A, Jaeger MJ, Milic-Emili J. Lung mechanics in sitting and horizontal body positions. *Chest*. 1983 Apr;83(4):643-646.
19. Sasaki H, Hida W, Takishima T. Influence of body position on dynamic compliance in young subjects. *J Appl Physiol*. 1977 May;42(5):706-710.
20. Coonan TJ, Hope CE. Cardio-respiratory effects of change of body position. *Can Anaesth Soc J*. 1983 Jul;30(4):424-438.
21. Wong DH, Tremper KK, Zaccari J, Hajduczek J, Konchigeri HN, Hufstedler SM. Acute cardiovascular response to passive leg raising. *Crit Care Med*. 1988 Feb;16(2):123-125.

EFFECT OF DIFFERENT RECOVERY POSTURES ON METABOLIC, HEMODYNAMIC AND VENTILATORY RESPONSES TO HIGH-INTENSITY EXERCISE

Haruthai PETVISET, Metta PINTHONG, Rungchai CHUANCHAIYAKUL

College of Sports Science and Technology, Mahidol University, 999 Phuttamonthon 4 Road, Salaya,
Nakhon Pathom 73170, Thailand.

ABSTRACT

This aim of the study was to investigate and compare the effects of recovery postures, upright-seated position and 45 degree leg raising, on ventilation and hemodynamic and metabolism responses after high-intensity exercise. Eleven male volunteers (mean $\pm$ SD: age, 20.18 ± 0.70 yr) completed the 45 min high-intensity intermittent exercise on a treadmill. Immediately after exercise, each subject was assigned to recover in a seated or leg-raised position for 15 min in a randomized order. Each subject then performed two experimental trials separated by at least 1 week. Minute ventilation (V_E), tidal volume (V_T), breathing frequency (BF), oxygen consumption (VO_2), carbon dioxide production (VCO_2), respiratory exchange ratio (RER), rate pressure product (RPP) and heart rate (HR) were monitored via a portable metabolic test system (Oxycon Mobile, Germany) and telemetry heart rate monitor (Polar, Finland). V_E , V_T , BF, VO_2 , VCO_2 , RER, HR, and arterial blood pressure variables at baseline rest and during exercise were not different between upright-seated and leg raising recovery trials. Post-exercise systolic blood pressure ($p < 0.05$) and arterial pulse pressure ($P < 0.01$) were greater for the leg raising recovery compared with the seated recovery. The change in heart rate after high-intensity intermittent exercise was less in the leg raising recovery ($p < 0.05$) and the heart rate was lower compared with the seated condition ($p < 0.01$). During recovery, VO_2 , respiratory discomfort, and BF were higher in leg raising position when compared with upright-seated position but V_T in leg raising position was lower than upright-seated position ($p < 0.05$). However, V_E , diastolic, mean arterial blood pressure, VCO_2 , RER and RPP were not influenced by the tested recovery postures ($p > 0.05$). In conclusion, these data show a greater benefit of recovery in 45 degree leg raising position compared with upright-seated position for reducing cardiovascular strains after high-intensity intermittent exercise. However, a higher respiratory discomfort was observed in leg raising position.

(J. Sports Sci. Technol 2011; 11 (2): 91–105)

Key words: hemodynamic/ventilation/metabolism/ recovery postures.