นิพนธ์ต้นฉบับ

# ผลของการฟื้นตัวชนิดแอคทีฟต่อสมรรถภาพทางกายและอัตราการเต้นของหัวใจในผู้เข้าร่วมวิจัยชายสุขภาพดีอายุระหว่าง ๑๘ – ๒๕ ปี

พิสิฐ สุวรรณนิมิตร, กำพล อยู่เมือง, สิทธิชัย ศรีจรูญพู่ทอง,
ศรัณย์ วงศ์วิลาสนุรักษ์, ธนวัฒน์ กิจสุขสันต์

## บทคัดย่อ

**บทนำ:** แรงหดตัวของกล้ามเนื้อลดลงมักเกิดจากการล้าสะสมซึ่งส่งผลทำให้ระดับสมรรถภาพทางกายลดลงได้ การฟื้นตัวที่มีประสิทธิภาพจึงมีส่วนสำคัญต่อสมรรถภาพทางการกีฬา โดยการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการฟื้นตัวแบบแอคทีฟโดยการปั่นจักรยานด้วยความหนักระดับต่ำต่อสมรรถภาพทางกายและอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัว

**วิธีการศึกษา:** ชายสุขภาพดีจำนวน ๘ คน ถูกสุ่มเข้ากลุ่มฟื้นตัวแบบแอคทีฟและแบบพาสซีฟ ได้รับการทดสอบวินเกทจำนวน ๒ ครั้ง โดยพักระหว่างการทดสอบ ๑๕ นาที ในระหว่างฟื้นตัวกลุ่มแอคทีฟจะปั่นจักรยานด้วยความหนักระดับต่ำและกลุ่มพาสซีฟจะนั่งพักบนจักรยาน โดยตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ค่ากำลังสูงสุด ค่าเฉลี่ยงาน และอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการฟื้นตัวในนาทีที่ ๑, ๓, ๖, ๙, ๑๒ และ ๑๕ ตามลำดับ

**ผลการศึกษา:** กลุ่มพาสซีฟมีค่ากำลังสูงสุดและค่าเฉลี่ยงานลดลง แต่กลุ่มแอคทีฟพบว่ามีค่ากำลังสูงสุดและค่าเฉลี่ยงานสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มพาสซีฟในการปั่นจักรยานวัดงานครั้งที่ ๒ ($p < 0.05$) และอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยตลอดการฟื้นตัวของกลุ่มแอคทีฟมีค่าสูงกว่ากลุ่มพาสซีฟโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในนาทีที่ ๓ เป็นต้นไป ($p < 0.05$)

**วิจารณ์ และ สรุปผลการศึกษา:** การฟื้นตัวแบบแอคทีฟโดยใช้ความหนักระดับต่ำมีประสิทธิภาพในการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อโดยจะช่วยคงระดับสมรรถภาพของการปั่นจักรยานได้ ด้วยอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัวใกล้เคียงกับระดับแอนแอโรบิคเทรชโฮลถึงแม้ว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะสูงกว่าการฟื้นตัวแบบพาสซีฟก็ตาม

**คำสำคัญ:** การฟื้นตัว, สมรรถภาพทางกาย, การทดสอบวินเกท

**วันที่รับบทความ: ๑๙ มกราคม ๒๕๖๑** **วันที่อนุญาตให้ตีพิมพ์: ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๖๑**

ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

## บทนำ

การฟื้นตัวเป็นปัจจัยที่สำคัญระหว่างการแข่งขัน เนื่องจากสมรรถภาพทางการกีฬาจะขึ้นอยู่กับการคงระดับความเร็วและความแรงจากการหดตัวของกล้ามเนื้อซ้ำๆ หากกล้ามเนื้อเกิดอาการล้าจะทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้แรงลดลง และส่งผลต่อกำลังกล้ามเนื้อ[๑] ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการจำกัดการไหลเวียนของเลือด การคั่งค้างของกรดแลคติค การสะสมของไฮโดรเจนไอออน การลดลงของเอทีพี รวมทั้งการลดลงของครีเอทีนฟอสเฟส[๒] สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อในระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน[๓,๔] การฟื้นตัวสู่สภาวะปกติของร่างกาย (Recovery) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการวัดสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา[๕] อาจประเมินได้จากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ หรือกระบวนการสร้างและการสลายของแลคเตทในเลือดและในกล้ามเนื้อขณะกลับเข้าสู่สภาวะพัก เป็นต้น[๖] โดยการฟื้นตัวแบบแอคทีฟด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนักระดับต่ำพบว่าช่วยลดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย[๗] รวมทั้งช่วยเพิ่มอัตราการไหลเวียนเลือด และช่วยกำจัดแลคเตทออกจากเลือด[๗] ส่วนการฟื้นตัวแบบพาสซีฟมีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเต้นของหัวใจกลับสู่สภาวะพัก และมีส่วนช่วยในกระบวนการสร้างครีเอทีนฟอสเฟสใหม่[๘] โดยความแตกต่างทางสรีรวิทยาระหว่างวิธีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และวิธีใช้ระดับกั้นทางด้านแอนแอโรบิคหรือตำแหน่งของแอนแอโรบิคเทรชโฮล เช่น การวัดระดับแลคเตทในเลือดเพื่อใช้ในการฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อนั้นจะเน้นถึงระบบที่แตกต่างกัน กล่าวคือ วิธีวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ความหนักของการฝึกจะถูกตัดสินด้วยความเครียดที่มีต่อระบบหัวใจและระบบหายใจแต่วิธีที่ใช้ระดับกั้นทางด้านแอนแอโรบิคจะเป็นการวัดความเครียดที่มีต่อระบบเมแทบอลิซึมของกล้ามเนื้อลาย[๙] เมื่อความหนักของการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้น (อัตราการเต้นของหัวใจ) จะพบว่าระดับแลคเตทในร่างกายจะสูงขึ้นเช่นเดียวกัน[๑๐] ในทางการกีฬาจึงพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับแลคเตทในเลือดรวมทั้งความหนักของการออกกำลังกายล้วนเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญในการเฝ้าสังเกตการตอบสนองของนักกีฬาในระหว่างการฝึกขณะพัก รวมทั้งการฟื้นตัว ซึ่งผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทางด้านการกีฬาสามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ทางด้านกีฬาตามที่กำหนด[๑๑] แต่ในบางครั้งอาจเกิดข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่ อุปกรณ์ หรือตัวผู้ประเมินจึงทำให้ไม่สามารถวัดระดับแลคเตทในเลือดได้ในทุกสถานการณ์ การฟื้นตัวสู่สภาวะปรกติของร่างกายจึงอาจต้องใช้การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจเพราะเป็นวิธีการที่สะดวกและไม่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ (Noninvasive)[๑๒] ซึ่งพบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดได้ศึกษาอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัวในช่วงเวลา ๑๕ นาที ด้วยความหนักของการปั่นจักรยานวัดงานที่ ๑๐๐ วัตต์ ความเร็ว ๕๐ รอบต่อนาที ระหว่างการทดสอบวินเกทซ้ำๆ มาก่อน จึงได้ถูกนำมากำหนดเป็นเงื่อนไขของการฟื้นตัวในการศึกษาครั้งนี้

โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการฟื้นตัวแบบแอคทีฟด้วยความหนักระดับต่ำต่อสมรรถภาพในการปั่นจักรยานวัดงานและการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัว

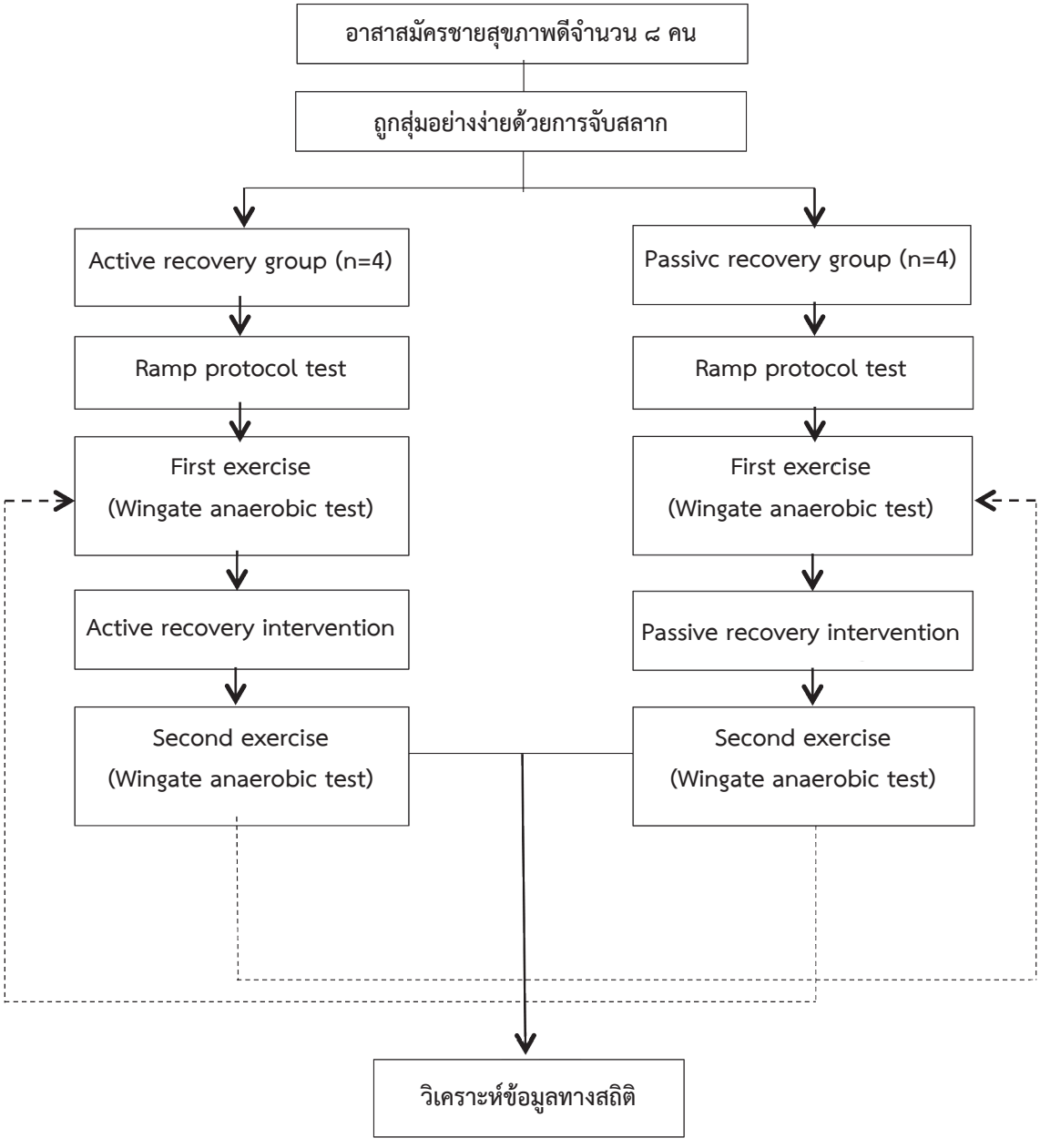
## วิธีการศึกษา

**ผู้เข้าร่วมวิจัย**

ผู้เข้าร่วมวิจัยเพศชาย อายุระหว่าง ๑๘ - ๒๕ ปี ที่ศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จำนวน ๘ คน ที่ผ่านเกณฑ์จากการตอบแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบสอบถามข้อมูลสุขภาพ และแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q) ซึ่งเป็นแบบประเมินหลักเพื่อใช้คัดกรองในกรณีที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสมควรได้รับคำแนะนำจากแพทย์ก่อนการออกกำลังกายหรือไม่ซึ่งในการตอบแบบสอบถามของผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องไม่มีหรือไม่เคยในทุกข้อคำถามจึงจะสามารถเข้าร่วมทดสอบสมรรถภาพทางกายได้ ไม่ได้ออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในช่วง ๖ เดือนที่ผ่านมา ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย เข้าใจและสามารถปฏิบัติตามได้ ส่วนเกณฑ์การคัดออก คือ มีปัญหาระบบกระดูกและกล้ามเนื้อภายในระยะเวลา ๖ เดือนที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน ไม่ผ่านการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกายด้วยแบบสอบถาม และเกณฑ์การยุติ คือ ผู้เข้าร่วมวิจัยขอยุติ ซึ่งการศึกษานี้ผ่านการรับรองด้านจริยธรรมจากคณะกรรมการการวิจัยและจริยธรรมวิจัย คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (รหัสโครงการ ๒๕/๒๕๕๗)

**ขั้นตอนการศึกษา**

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบข้าม (Cross Over Experimental Study) จากผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน ๘ คน โดยผู้เข้าร่วมวิจัย ๔ คนแรกจะเริ่มต้นด้วยการฟื้นตัวแบบแอคทีฟ และอีก ๔ คนที่เหลือจะเริ่มจากการฟื้นตัวแบบพาสซีฟ ซึ่งขั้นตอนการศึกษาจะแบ่งออกเป็น ๔ วัน โดยเว้นระยะห่างทุกหนึ่งสัปดาห์ วันที่ ๑ จะทำการคัดเข้าผู้เข้าร่วมวิจัยด้วยแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบสอบถามข้อมูลสุขภาพ และแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย วันที่ ๒ จะทำการแบ่งกลุ่มและทดสอบสมรรถภาพทางกายด้วยการปั่นจักรยานเพื่อสร้างความคุ้นเคยเครื่องมือให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัย แบ่งการฟื้นตัวออกเป็น ๒ กลุ่ม คือ การฟื้นตัวแบบแอคทีฟและการฟื้นตัวแบบพาสซีฟ โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก จากนั้นทำการทดสอบสมรรถภาพร่างกายเพื่อหาระดับอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดโดยใช้วิธีการปั่นจักรยานวัดงานที่ ๒๕ วัตต์ / ๒ นาที (Ramp test) ด้วยจักรยานวัดงานยี่ห้อ Monark รุ่น 818E ประเทศสวีเดน ซึ่งขั้นตอนแรกผู้เข้าร่วมวิจัยจะอบอุ่นร่างกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ปรับความสูงของที่นั่งเท่ากับระดับกระดูก Greater trochanter แบบไม่มีแรงต้านที่ความเร็ว ๕๐ รอบต่อนาที เป็นเวลา ๓ นาที จากนั้นเริ่มการทดสอบด้วยการปั่นจักรยานแบบมีแรงต้านที่ ๒๕ วัตต์ และเพิ่มขึ้น ๒๕ วัตต์ ทุกๆ ๒ นาที โดยให้คงความเร็วที่ ๕๐ รอบต่อนาที ในระหว่างนี้จะบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกๆ ๓๐ วินาที โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจยี่ห้อ Polar Electro รุ่น RS100 ประเทศฟินแลนด์ จนกว่าผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่สามารถคงความเร็วไว้ที่ ๕๐ รอบต่อนาทีได้ จึงบันทึกความหนักสูงสุด (วัตต์) และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้งต่อนาที) ของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนไว้เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการฟื้นตัวในวันถัดไป จากนั้นปั่นจักรยานวัดงานแบบไม่มีแรงต้านที่ความเร็ว ๕๐ รอบต่อนาที เป็นเวลา ๕ นาที เพื่อเป็นการคลายอุ่นและสิ้นสุดการหาความหนักของการฟื้นตัวและอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด วันที่ ๓ ทดสอบประสิทธิภาพการฟื้นตัวโดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะเริ่มต้นด้วยการยืดกล้ามเนื้อเพื่อป้องกันการบาดเจ็บ ทำการยืดเฉพาะขาทั้ง ๒ ข้าง ใช้เวลา ๑๕ วินาที/ครั้ง ทำทั้งหมด ๓ ครั้ง ซึ่งมีทั้งหมด ๔ กลุ่มกล้ามเนื้อได้แก่ กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง กล้ามเนื้อน่อง และกล้ามเนื้อหุบสะโพก เมื่อยืดกล้ามเนื้อเสร็จทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานแบบไม่มีแรงต้านที่ความเร็ว ๕๐ รอบต่อนาที เป็นเวลา ๓ นาที จากนั้นเข้าสู่การทดสอบ Wingate anaerobic test (1st exercise) ด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ปรับความสูงของที่นั่งเท่ากับระดับกระดูก Greater trochanter และปรับแรงต้านตามน้ำหนักตัวของผู้เข้าร่วมวิจัย คือ ๐.๐๗๕ กิโลปอนด์/กิโลกรัมของน้ำหนักตัว เป็นเวลา ๓๐ วินาที ด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่สามารถทำได้ ในระหว่างนี้จะทำการบันทึกค่ากำลังสูงสุดและค่าเฉลี่ยงาน จากนั้นจะเข้าสู่ช่วงของการฟื้นตัว โดยผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มฟื้นตัวแบบแอคทีฟทำการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนักระดับต่ำ (แรงต้าน) ที่ระดับ ๑๐๐ วัตต์ ความเร็ว ๕๐ รอบต่อนาที โดยปกติจะเป็นความหนักที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ประมาณ 60% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดในผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนที่ได้มาจากการทดสอบในวันที่สอง และใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจยี่ห้อ Polar Electro รุ่น RS100 ประเทศฟินแลนด์ วัดค่าในนาทีที่ ๑, ๓, ๖, ๙, ๑๒ และ ๑๕ เพื่อบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัว ส่วนผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มฟื้นตัวแบบพาสซีฟจะนั่งพักบนจักรยานวัดงานเป็นเวลา ๑๕ นาที และวัดอัตราการเต้นของหัวใจเช่นเดียวกัน เมื่อสิ้นสุดการฟื้นตัว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะทำการทดสอบ Wingate anaerobic test (2nd exercise) ซ้ำอีกครั้ง บันทึกค่ากำลังสูงสุดและค่าเฉลี่ยงานเพื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฟื้นตัว จากนั้นปั่นจักรยานวัดงานแบบไม่มีแรงต้านที่ความเร็ว ๕๐ รอบต่อนาที เป็นเวลา ๕ นาที และยืดกล้ามเนื้อซ้ำอีกครั้งเหมือนก่อนการทดสอบ ในวันสุดท้ายของการศึกษา (วันที่ ๔) ผู้เข้าร่วมวิจัยในแต่ละกลุ่มจะสลับวิธีการทดลองเป็นแบบข้าม (Crossover trial) โดยมีขั้นตอนการศึกษาคล้ายคลึงวันที่ ๓ แต่เปลี่ยนรูปแบบของการฟื้นตัว โดยรูปที่ ๑ แสดงสรุปขั้นตอนการศึกษา




**รูปที่ ๑** แสดงสรุปขั้นตอนการศึกษา

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

แสดงผลในรูปของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้สถิติ Shapirowilk test เพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล ใช้สถิตินอนพาราเมตริก (nonparametric statistics) คือ Friedman test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่ากำลังสูงสุด ค่าเฉลี่ยงาน และอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มขณะทดสอบซ้ำด้วยวินเกทในครั้งที่ ๑ และครั้งที่ ๒ หากพบความแตกต่างจะทำการทดสอบเป็นรายคู่ต่อไปด้วย Wilcoxon's signed rank tests โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ๐.๐๕ และใช้โปรแกรม SPSS Version ๑๙ ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

## ผลการศึกษา

ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการทดสอบครบทั้งหมด ๘ คน ตลอดช่วงระยะการวิจัยทั้งหมด ๒ รูปแบบ ได้แก่ การฟื้นตัวแบบแอคทีฟและการฟื้นตัวแบบพาสซีฟ จากการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกายด้วยแบบสอบถาม (PAR-Q) พบว่า ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนไม่มีหรือไม่เคยในทุกข้อคำถามของแบบสอบถามซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนสามารถเข้าร่วมการทดสอบสมรรถภาพทางกายได้ โดยลักษณะข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการวิจัยแสดงในตารางที่ ๑ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มในการปั่นจักรยานครั้งที่ ๑ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่ากำลังสูงสุด และค่าเฉลี่ยงาน ($p > 0.05$) แต่ในการปั่นจักรยานครั้งที่ ๒ พบว่าในกลุ่มพาสซีฟมีค่ากำลังสูงสุดและค่าเฉลี่ยงานลดลง โดยที่กลุ่มแอคทีฟพบว่ามีค่าเฉลี่ยงานเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับครั้งที่ ๑ ($p < 0.05$) การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มในการปั่นจักรยานครั้งที่ ๒ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่ากำลังสูงสุด และค่าเฉลี่ยงาน ($p < 0.05$) (ตารางที่ ๒) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยระหว่างการฟื้นตัวของทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันตลอดช่วงระยะของการฟื้นตัว โดยพบว่าการฟื้นตัวแบบแอคทีฟมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่ากลุ่มพาสซีฟ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในนาทีที่ ๓ เป็นต้นไป ($p < 0.05$) (ตารางที่ ๓)

**ตารางที่ ๑** ลักษณะข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการศึกษา

| ข้อมูล | ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 8) |
|---|---|
| อายุ (ปี) | ๒๑.๑๓ ± ๑.๒๕ |
| น้ำหนัก (กิโลกรัม) | ๖๓.๑๓ ± ๗.๓๐ |
| ส่วนสูง (เมตร) | ๑.๗๒ ± ๐.๐๕ |
| BMI (กิโลกรัม/เมตร$^{๒}$) | ๒๑.๓๗ ± ๑.๕๒ |

**ตารางที่ ๒** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรกำลังสูงสุด และค่าเฉลี่ยงาน

| ตัวแปร | การประเมิน | การฟื้นตัวแบบแอคทีฟ | การฟื้นตัวแบบพาสซีฟ |
|---|---|---|---|
| Peak Power (watt.kg-1) | (ครั้งที่ ๑) | ๙.๖๘ ± ๑.๑๗ | ๙.๖๗ ± ๐.๙๐ |
| | (ครั้งที่ ๒) | ๙.๗๙ ± ๐.๙๔ | ๘.๘๗ ± ๑.๒๔*‡ |
| Average Work (J.kg-1) | (ครั้งที่ ๑) | ๒๒๒.๘๖ ± ๒๔.๖๒ | ๒๒๔.๒๗ ± ๑๘.๖๗ |
| | (ครั้งที่ ๒) | ๒๓๑.๐๗ ± ๒๓.๑๙* | ๒๑๑.๕๘ ± ๑๙.๔๐*‡ |

* มีความแตกต่างระหว่างครั้งที่ ๑ และ ครั้งที่ ๒ ของการปั่นจักรยานวัดงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $p < 0.05$)

‡ มีความแตกต่างระหว่างการฟื้นตัวแบบแอคทีฟและแบบพาสซีฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $p < 0.05$)

**ตารางที่ ๓** การเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัว

| นาทีที่ | อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที) | |
|---|---|---|
| | การฟื้นตัวแบบแอคทีฟ | การฟื้นตัวแบบพาสซีฟ |
| พัก | ๗๘.๓๘ ± ๑๑.๙๘ | ๗๔.๗๕ ± ๑๐.๖๕ |
| ๑ | ๑๓๘.๘๘ ± ๘.๕๔ | ๑๓๗.๗๕ ± ๑๐.๗๖ |
| ๓ | ๑๓๐.๖๓ ± ๗.๐๙ | ๑๑๓.๖๙ ± ๑๑.๑๘* |
| ๖ | ๑๒๓.๒๕ ± ๗.๓๐ | ๑๐๑.๑๐ ± ๑๐.๐๕* |
| ๙ | ๑๒๐.๗๕ ± ๙.๗๗ | ๙๕.๘๓ ± ๑๐.๑๙* |
| ๑๒ | ๑๑๙.๕๐ ± ๗.๔๓ | ๙๒.๙๔ ± ๑๐.๙๗* |
| ๑๕ | ๑๑๙.๐๐ ± ๘.๘๒ | ๙๐.๘๓ ± ๑๑.๓๕* |

* มีความแตกต่างระหว่างการฟื้นตัวแบบแอคทีฟและแบบพาสซีฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $p < 0.05$)

## วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้พบว่า สมรรถภาพทางกายในการปั่นจักรยานครั้งที่ ๒ ของชายสุขภาพดีอายุระหว่าง ๑๘ - ๒๕ ปี มีความแตกต่างกันภายหลังการฟื้นตัวระหว่างการฟื้นตัวแบบแอคทีฟและแบบพาสซีฟ การเปรียบเทียบค่ากำลังสูงสุดของกลุ่มแอคทีฟไม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการทดสอบวินเกททั้งสองครั้ง แต่พบว่าค่ากำลังสูงสุดมีค่าสูงขึ้นในอาสาสมัครบางคน ในขณะที่อาสาสมัครบางคนมีค่าเฉลี่ยคงเดิมซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฟื้นตัวแบบแอคทีฟสามารถคงระดับสมรรถภาพทางกายได้ สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ค่ากำลังสูงสุดไม่มีความแตกต่างระหว่างการทดสอบวินเกททั้งสองครั้งหลังการฟื้นตัวแบบแอคทีฟ[๑๓, ๑๔] แต่พบว่าในกลุ่มแบบพาสซีฟ มีค่ากำลังสูงสุดและค่าเฉลี่ยงานลดลง ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการนั่งพักบนจักรยานทำให้เกิดการคั่งค้างของแลคเตทในเลือดในอัตราที่มากกว่าการจำกัดทิ้ง เนื่องจากการนั่งพักในท่าตั้งตรงจะมีแรงดึงดูดของโลกส่งผลกระทบต่อการกระจายตัวของโลหิตภายในร่างกายโดยเฉพาะรยางค์ขา[๑๕] ส่งผลทำให้การเคลื่อนย้ายแลคเตทออกจากบริเวณกล้ามเนื้อลดลงทำให้กล้ามเนื้อเกิดอาการล้าขึ้นจากการไหลเวียนเลือดที่น้อยกว่าการฟื้นตัวด้วยการนั่งปั่นจักรยาน[๒, ๑๖] การปั่นจักรยานที่ความหนักระดับต่ำถึงปานกลางสามารถเพิ่มค่าเฉลี่ยงานได้จึงพบว่าในกลุ่มแอคทีฟมีค่าเฉลี่ยงานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ[๓, ๔, ๑๓, ๑๗] ซึ่งเป็นผลจากความหนักระดับดังกล่าวทำให้กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นในระดับต่ำ กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวและคลายตัว และทำให้เกิดการไหลเวียนเลือดที่ดีขึ้นโดยแลคเตทจะถูกเคลื่อนย้ายออกจากบริเวณกล้ามเนื้อที่ถูกใช้งานและถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลกลูโคสที่ตับเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานใหม่อีกครั้ง[๑๘] ซึ่งจะช่วยลดความเป็นกรดภายในกล้ามเนื้อและทำให้มีการสังเคราะห์สร้างฟอสโฟครีเอทีนขึ้นมาใหม่เพื่อให้กล้ามเนื้อมีสารพลังงานสูงสำรองไว้ใช้ได้ทันทีสำหรับการปั่นจักรยานในรอบถัดไป[๑๕, ๑๙] การคงระดับสมรรถภาพทางกายจึงเกิดจากที่ร่างกายสามารถสร้างสารพลังงานสูงทดแทนของเดิมที่ถูกนำออกมาใช้ในการปั่นจักรยานวัดงานครั้งแรก[๒๐] ร่วมกับการปรับสมดุลให้กล้ามเนื้อมีความเป็นกรดลดลงผ่านการไหลเวียนเลือดที่ดีขึ้น[๒๑] ซึ่งแลคเตทจะมีการคั่งค้างสูงสุดในเลือดภายหลังการปั่นจักรยานอย่างหนักสิ้นสุด ๓ นาที[๒๒] โดยแลคเตทในเลือดที่เพิ่มขึ้นเป็นกลไกหลักที่ขัดขวางสมรรถภาพของร่างกาย เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของไฮโดรเจนไอออนมีผลทำให้กระบวนการไกลโคไลซิสเกิดช้าลง โดยจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อ[๕] การไหลเวียนเลือดที่ดีขึ้นจากการฟื้นตัวแบบแอคทีฟที่มีการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อจึงเป็นกลไกที่ช่วยส่งเสริมการกำจัดแลคเตทในเลือด[๑๕, ๒๓] การที่ค่ากำลังสูงสุด และค่าเฉลี่ยงานของการปั่นจักรยานครั้งที่ ๑ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง ๒ วิธี แสดงให้เห็นว่าไม่มีผลคงค้างจากการทดสอบก่อนหน้า ซึ่งอาสาสมัครทุกคนมีระดับสมรรถภาพทางกายจากการทดสอบด้วยจักรยานวัดงานในวันที่ ๒ ได้ใกล้เคียงกันก่อนเข้าสู่ขั้นตอนของการฟื้นตัว และสมรรถภาพทางกายในขณะปั่นจักรยานครั้งที่ ๒ จึงเป็นอิทธิพลมาจากรูปแบบของการฟื้นตัว

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจในกลุ่มฟื้นตัวแบบแอคทีฟมีค่าสูงกว่ากลุ่มพาสซีฟ ซึ่งเป็นกลไกหลักที่แสดงให้เห็นว่าร่างกายสามารถเพิ่มการไหลเวียนเลือดและช่วยนำแลคเตทออกจากกล้ามเนื้อเข้าสู่การไหลเวียนของหลอดเลือดดำกลับเข้าสู่หัวใจและที่ตับได้ดีขึ้นผ่านการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวในขณะปั่นจักรยาน[๑๖] ขณะที่การฟื้นตัวแบบพาสซีฟจะช่วยทำให้อัตราการเต้นของหัวใจกลับเข้าสู่สภาวะพักได้เร็วกว่าซึ่งการศึกษาในครั้งนี้พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัวของกลุ่มพาสซีฟมีค่าต่ำกว่าภายหลังการฟื้นตัวในนาทีที่ ๓ เป็นต้นไป แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเต้นของหัวใจที่ลดลงในกลุ่มพาสซีฟไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการฟื้นตัวที่มีประสิทธิภาพต่อการปั่นจักรยานในครั้งที่ ๒ โดยความหนักระดับต่ำที่ ๑๐๐ วัตต์ ความเร็ว ๕๐ รอบต่อนาที สำหรับการฟื้นตัวในระยะเวลา ๑๕ นาที ด้วยการปั่นจักรยานวัดงานทันทีหลังการทดสอบวินเกทสิ้นสุดนั้นพบว่าอัตราการเต้นหัวใจของอาสาสมัครในกลุ่มแอคทีฟทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยประมาณ 60% - 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (ประมาณ ๑๒๐ - ๑๔๐ ครั้งต่อนาที) ตลอดช่วงการฟื้นตัวโดยเฉพาะในช่วงหลัง ๖ นาทีเป็นต้นไป อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยประมาณ ๑๒๐ ครั้งต่อนาที ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจระหว่าง 60% - 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นช่วงที่ใกล้เคียงกับค่าแอนแอโรบิคเทรชโฮลของบุคคลทั่วไปที่ไม่ใช่นักกีฬาซึ่งมีอายุประมาณ ๒๐ ปี[๒๔] ซึ่งการศึกษาก่อนหน้าพบว่า ระดับความหนักที่ใช้ในการฟื้นตัวแบบแอคทีฟจะส่งผลโดยตรงต่อระยะเวลาในการกำจัดแลคเตทในเลือดได้อย่างมีประสิทธิภาพหากใช้ความหนักระดับ 60% - 100% ของค่าแอนแอโรบิคเทรชโฮล เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ความหนักระดับต่ำที่ 40% ของค่าแอนแอโรบิคเทรชโฮล โดยพบว่าความหนักที่ 80% ขึ้นไปเป็นความหนักที่ใช้เวลาน้อยที่สุดในการจำกัดแลคเตท การฟื้นตัวแบบแอคทีฟที่เหมาะสมมากที่สุดจึงควรใช้ความหนักที่ใกล้เคียงกับค่าแอนแอโรบิคเทรชโฮล[๒๐, ๒๕] ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำหนักถ่วงขณะฟื้นตัวด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนักระดับต่ำแต่ยังสามารถทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัวคงอยู่ใกล้เคียงกับค่าแอนแอโรบิคเทรชโฮล คือประมาณ ๑๒๐ - ๑๔๐ ครั้งต่อนาที ซึ่งพบว่าในกลุ่มพาสซีฟมีอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัวไม่แตกต่างจากกลุ่มแอคทีฟเฉพาะในช่วง ๓ นาทีแรกเท่านั้น จึงอาจอนุมานได้ว่าในช่วงหลังจากนาทีที่ ๓ ของกลุ่มพาสซีฟเป็นต้นไปนั้น โดยเฉพาะในนาทีที่ ๖ ขึ้นไปอัตราการเต้นของหัวใจได้ช้าลงและเริ่มห่างจากตำแหน่งแอนแอโรบิคเทรชโฮลมากกว่ากลุ่มแอคทีฟ คือ เริ่มต่ำกว่า ๑๒๐ ครั้งต่อนาที จึงพบว่าการทำให้อัตราการเต้นของหัวใจใกล้เคียงหรือต่ำกว่าค่าแอนแอโรบิคเทรชโฮลจะทำให้ร่างกายสามารถฟื้นคืนสู่สภาวะปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งต้องอาศัยการฟื้นตัวแบบแอคทีฟ

การศึกษาผลของการฟื้นตัวแบบแอคทีฟต่อสมรรถภาพทางกายและอัตราการเต้นของหัวใจในชายสุขภาพดีอายุระหว่าง ๑๘ - ๒๕ ปี โดยใช้ความหนักระดับต่ำด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ ๑๐๐ วัตต์ ความเร็ว ๕๐ รอบต่อนาที ซึ่งใช้เวลาในการฟื้นตัว ๑๕ นาที และอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัวใกล้เคียงกับค่าแอนแอโรบิคเทรชโฮลนั้นมีประสิทธิภาพในการฟื้นตัวของร่างกายเพื่อเตรียมพร้อมให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้เร็วและแรงอย่างหนักอีกครั้งได้ดีกว่าการฟื้นตัวแบบพาสซีฟถึงแม้ว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะสูงกว่าการฟื้นตัวด้วยการนั่งพักบนจักรยานก็ตาม ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ลดลงในขณะพักนั้นไม่ได้สะท้อนถึงการฟื้นคืนสภาพของร่างกายเสมอไปโดยเฉพาะในระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัด คือ ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาตำแหน่งของค่าแอนแอโรบิคเทรชโฮลด้วยการวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนแต่ได้ใช้การประมาณค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจากการทดสอบสมรรถภาพทางกายด้วยความหนักเกือบสูงสุดแทน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ในการอนุเคราะห์สถานที่สำหรับเก็บวิจัย และอุปกรณ์การวิจัย และขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

## เอกสารอ้างอิง

๑. Guyton A, Hall J. Cardiac output, venous return, and their regulation. Textbook of medical physiology 8th ed Philadelphia: WB Saunders, 1991: 221-33.

๒. Ferreira J, Da Silva Carvalho R, Barroso T, Szmuchrowski L, Śledziewski D. Effect of different types of recovery on blood lactate removal after maximum exercise. Pol. J. Sport Tourism. 2011; 18(2):105-11.

๓. Bogdanis GC, Nevill ME, Boobis LH, Lakomy HKA, Nevill AM. Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. J Physiol. 1995;482(2): 467-80.

๔. Bogdanis GC, Nevill ME, Lakomy HKA, Boobis LH. Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. Acta Physiol Scand. 1998;163:261-72.

๕. Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. Physiol Rev 1994;74(1):49-94.

๖. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2004;287(3): R502-16.

๗. Galy O, Hue O, Boussana A, Peyreigne C, Couret I, Le Gallais D, et al. Effects of the order of running and cycling of similar intensity and duration on pulmonary diffusing capacity in triathletes. Eur J Appl Physiol. 2003;90(5-6):489-95.

๘. Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C, Duffield R. Metabolism and performance in repeated cycle sprints: active versus passive recovery. Med Sci Sports Exerc. 2006;38(8): 1492-99.

๙. นฤมล ลีลายุวัฒน์. สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2553.

๑๐. Ohkuwa T, Tsukamoto K, Yamai K, Itoh H, Yamazaki Y, Tsuda T. The Relationship between Exercise Intensity and Lactate Concentration on the Skin Surface. Int J Biomed Sci. 2009;5(1):23-7.

๑๑. Grigore V, Stanescu M, Paunescu M. Correlative aspects between heart rate, lactic acid and exercise intensity in the training of water polo players-Junior III. ICPESK 2015 -5th International Congress on Physical Education, Sport and Kinetotherapy; 2015 June 10 – 13; Bucharest – Romania. United Kingdom: Future Academy; 2016.

๑๒. Ghosh AK. Anaerobic threshold: its concept and role in endurance sport. Malays J Med Sci. 2004;11(1):24-36.

๑๓. Spencer M, Dawson B, Goodman C, Dascombe B, Bishop D. Performance and metabolism in repeated sprint exercise: effect of recovery intensity. Eur J Appl Physiol. 2008; 103(5): 545-52.

๑๔. Naghibi S. Effect of active and passive recovery after wingate test in athletes. Ann Biol Res. 2012;3(5):2517-19.

๑๕. Larson LM, Smeltzer RM, Petrella JK, and Jung AP. The effect of active vs. supine recovery on heart rate, power output, and recovery time. Int J Exerc Sci. 2013;6(3):180-87.

๑๖. Mika A, Mika P, Fernhall B, Unnithan VB. Comparison of recovery strategies on muscle performance after fatiguing exercise. Am J Phys Med Rehabil. 2007;86(6):474-81.

๑๗. Koizumi K, Fujita Y, Muramatsu S, Manabe M, Ito M, Nomura J. Active recovery effects on local oxygenation level during intensive cycling bouts. J Sports Sci. 2011;29(9):919-26.

๑๘. Vaile J, Halson S, Graham S. Recovery review – science vs. practice. J Aust Strength Cond. 2010;Supplement 2:5-21.

๑๙. 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;93(5-6): 694-700.

๒๐. Devlin J, Paton B, Poole L, Sun W, Ferguson C, Kemi O, et al. Blood lactate clearance after maximal exercise depends on active recovery intensity. J Sports Med Phys Fitness. 2014;54(3): 271-78.

๒๑. Jubrias SA, Crowther GJ, Shankland EG, Gronka RK, Conley KE. Acidosis inhibits oxidative phosphorylation in contracting human skeletal muscle in vivo. J Physiol. 2003;553(Pt 2):589-99.

๒๒. Gupta S, Goswami A, Sadhukhan AK, Mathur DN. Comparative study of lactate removal in short term massage of extremities, active recovery and a passive recovery period after supramaximal exercise sessions. Int J Sports Med. 1996; 17(2): 106-10.

๒๓. Öztürk M, Özer K, Gökce E. Evaluation of blood lactate in young men after wingate anaerobic power test. East J Med. 1998;3(1):13-6.

๒๔. Galligan F. Advanced PE for Edexcel: Heinemann Educational;2000.

๒๕. Menzies P, Menzies C, McIntyre L, Paterson P, Wilson J, Kemi OJ. Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery. J Sports Sci. 2010;28(9):975-82.

## Abstract

**Effects of active recovery on physical performance and heart rate in healthy male aged 18 - 25 years**

**Pisit Suwannimit, Kampol Yoomuang, Sitichai Srijaroonputong, Sarun Wongwilatnurak, Thanawat Kitsuksan**

Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University

**Introduction:** Declines in force output during physical performances were due to accumulate fatigue and therefore highly effective recovery techniques would enhance athlete performance. This study aims to determine the effects of light-active recovery on physical performance and heart rate recovery during cycling.

**Method:** Eight healthy male university students were randomly allocated to active and passive recovery. Participants performed a 30 s wingate test (1st Exercise) followed by a 15-min recovery interval in which participants were either performed light intensity cycling or sitting then again underwent a 30 s wingate test (2nd Exercise). Peak power and average work were recorded from 1st and 2nd exercises. Heart rate recovery was recorded at 1st, 3rd, 6th, 9th, 12th and 15th minute during recovery interval.

**Result:** Peak power and average work of passive recovery was lower whereas peak power and average work of active recovery was higher in the 2nd exercise compared with passive recovery ($p < 0.05$). Heart rate during recovery was higher in active compared with passive recovery started from the 3rd minute of recovery interval ($p < 0.05$).

**Discussion and Conclusions:** Study findings suggest that light-active recovery would manage to maintain the physical performance after strenuous cycling via heart rate during recovery closest to the anaerobic threshold although heart rate was higher than passive recovery.

**Key words:** Sport recovery, Physical performance, Wingate test