

นิพนธ์ฉบับ

ผลของความเร็วในการปั่นจักรยานวัดงานต่อปริมาณน้ำตาลกลูโคส และกรดแลคติกในเลือดหลังออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒

จิตานันท์ เหล่าศิริไพศาล*, พรธชา อมรมงคล**, ปภาวี ชูภาระ***, วิภาวี จันทรัตน์****

บทคัดย่อ

- บทนำ:** การออกกำลังกายเป็นหนึ่งใน การรักษาสำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ อย่างไรก็ตามระดับน้ำตาลในเลือดที่ต่ำลงกว่าปกติเป็นอาการไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นได้หลังออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวาน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การเพิ่มระดับแลคเตตผ่านทางหลอดเลือดช่วยให้ระดับน้ำตาลในเลือดหลังออกกำลังกายมีระดับที่เหมาะสม การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาล และกรดแลคติกในเลือดหลังออกกำลังกาย ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวระหว่างการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่สองความเร็ว
- วิธีการศึกษา:** ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ จำนวน ๓๐ คน ทำการทดสอบด้วยการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนัก ๔๐ วัตต์ ที่ความเร็ว ๔๐ หรือ ๘๐ รอบต่อนาที เป็นเวลา ๒๐ นาที โดยทำการวัดระดับน้ำตาล และกรดแลคติกในเลือด ก่อน ระหว่าง และหลังหยุดออกกำลังกายทั้งหมด ๖ ครั้ง ค่าการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับน้ำตาลในเลือดและระดับกรดแลคติกคำนวณโดยใช้ค่าหลังออกกำลังกายที่ต่างจากค่าก่อนเริ่มออกกำลังกายมากที่สุด และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ระหว่างการออกกำลังกายสองความเร็วโดยวิธีการทางสถิติ
- ผลการศึกษา:** ค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับน้ำตาลในเลือดหลังออกกำลังกายระหว่างความเร็ว ๔๐ รอบต่อนาที และความเร็ว ๘๐ รอบต่อนาที มีค่าใกล้เคียงกัน (ร้อยละ -๑๙.๗ ± ๒.๘ และร้อยละ -๒๑.๖ ± ๑.๘ ตามลำดับ; ค่า $t = 0.6$) ในส่วนของค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับกรดแลคติกในเลือดหลังออกกำลังกายนั้น การปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๘๐ รอบต่อนาที (ร้อยละ ๒๔๑.๒๘ ± ๔๕.๓) มีแนวโน้มที่ระดับกรดแลคติกในเลือดหลังออกกำลังกายมีค่าสูงกว่าความเร็ว ๔๐ รอบต่อนาที (ร้อยละ ๑๓๒.๖๘ ± ๒๒.๑) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $t > 0.05$)
- วิจารณ์ และสรุปผลการศึกษา:** ระดับกรดแลคติกในเลือดหลังออกกำลังกายที่มีแนวโน้มแตกต่างกันไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดหลังออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาที่กรดแลคติกในเลือดสูงขึ้นหลังออกกำลังกายไม่นานเพียงพอที่ทำให้เห็นบทบาทของกรดแลคติกในด้านการเป็นแหล่งพลังงานได้อย่างชัดเจน
- คำสำคัญ:** ความเร็วในการปั่นจักรยานวัดงาน, เบาหวานชนิดที่ ๒, น้ำตาลในเลือด, กรดแลคติกในเลือด

วันที่รับบทความ: ๑๓ สิงหาคม ๒๕๕๗

วันที่อนุญาตให้ตีพิมพ์: ๑๖ มกราคม ๒๕๕๘

* ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

** ไคโรเธลท์ แบงคอก

*** โรงพยาบาลชลบุรี

**** โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์

บทนำ

โรคเบาหวานชนิดที่ ๒ เป็นโรคที่ผู้ป่วยมีระดับน้ำตาลในเลือดสูง โดยมีสาเหตุมาจากการที่ร่างกายไม่สามารถตอบสนองต่อฮอร์โมนอินซูลินได้ตามปกติ เรียกว่าภาวะดื้ออินซูลิน (insulin resistance) จากความผิดปกติดังกล่าวทำให้ผู้ป่วยมีความเสี่ยงในการเกิดภาวะหรือโรคแทรกซ้อนต่างๆ ตามมา เช่น โรคหลอดเลือดขนาดเล็ก (microvascular diseases) โรคหลอดเลือดขนาดใหญ่ (macrovascular diseases) โรคเกี่ยวกับระบบประสาท (neuropathies) เป็นต้น

เป้าหมายการรักษาที่สำคัญในผู้ป่วยเบาหวานคือการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด โดยการรักษาประกอบด้วยการรักษาทางยา การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิต โดยเฉพาะเรื่องของการควบคุมอาหาร และการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ นั้น นอกจากช่วยในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดแล้ว การออกกำลังกายเป็นประจำยังถูกหลักการยังช่วยควบคุมน้ำหนักตัว การที่ระดับไขมันในร่างกายลดลงยังส่งผลช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมองอีกด้วย อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ มีข้อควรระวังในเรื่องการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ (hypoglycemia) ทั้งขณะและหลังหยุดออกกำลังกาย สาเหตุของการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำนี้เกิดจากการเพิ่มการทำงานของกระบวนการขนส่งน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อที่มากขึ้นขณะออกกำลังกาย^๑ จากการศึกษาของ Oguri M. และคณะ ในปี ค.ศ. ๒๐๐๙ พบว่าการออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ ทำให้การขนส่งน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นภายใน ๑๕ นาทีหลังจากเริ่มออกกำลังกายและยังคงเพิ่มอยู่หลังหยุดออกกำลังกายไปแล้วเป็นเวลานานกว่า ๑๕ นาที โดยการขนส่งกลูโคสจากเลือดเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานจะยิ่งเพิ่มมากขึ้นในผู้ป่วยที่มีดัชนีมวลกาย ระดับไขมันในร่างกายมากและผู้ที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดี^๒ ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงถึงความเสี่ยงในการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำขณะออกกำลังกายจากการเร่งขนส่งน้ำตาลกลูโคสจากเลือดเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นในผู้ป่วยเบาหวาน โดยเฉพาะในผู้ป่วยรายที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อความรุนแรงของโรคได้

ดังนั้นโปรแกรมการออกกำลังกายที่ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้โดยไม่ทำให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำนั้นจะช่วยให้ผู้ป่วยเบาหวานได้รับประโยชน์จากการออกกำลังกาย

อย่างเต็มที่โดยมีผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์จากการออกกำลังกายน้อยที่สุด

จากการศึกษาของ Miller B.F. และคณะ ในปี ค.ศ. ๒๐๐๒ พบว่า การเพิ่มขึ้นของระดับแลคเตตโดยการให้ผ่านทางหลอดเลือดขณะออกกำลังกายที่ความหนักระดับปานกลางช่วยรักษาระดับของกลูโคสในเลือดขณะออกกำลังกายทำให้ระดับน้ำตาลกลูโคสขณะออกกำลังกายไม่ลดลงมากนัก^๓ การที่ร่างกายสามารถรักษาระดับของกลูโคสในเลือดขณะออกกำลังกายได้ดีเมื่อได้รับแลคเตตจากภายนอก (exogenous lactate) เข้าไปนั้นอาจเกิดจากการที่แลคเตตเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการผลิตกลูโคสโดยผ่านกระบวนการ gluconeogenesis ผ่านทาง Cori cycle

ในทางปฏิบัตินั้นการให้แลคเตตผ่านทางหลอดเลือดขณะออกกำลังกายอาจทำได้ยาก ดังนั้นการพิจารณาถึงวิธีการออกกำลังกายที่ทำให้มีระดับกรดแลคติกขณะออกกำลังกายเกิดขึ้นมากน่าจะช่วยให้ร่างกายมีแหล่งของสารตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการผลิตกลูโคสขณะออกกำลังกายมากขึ้น ซึ่งอาจช่วยลดการเกิดภาวะน้ำตาลกลูโคสในเลือดต่ำขณะออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานได้

การออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานเป็นวิธีที่นิยมใช้เป็นส่วนหนึ่งในการออกกำลังกายเพื่อการรักษาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ เนื่องจากเป็นการออกกำลังกายที่ไม่หนัก มีแรงกระแทกต่ำ และมีการลงน้ำหนักที่ให้น้อยกว่าการออกกำลังกายด้วยการเดินเร็วหรือวิ่ง ทำให้ช่วยลดการเกิดผลข้างเคียงอันไม่พึงประสงค์จากการออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวาน เช่น การบาดเจ็บของเอ็นรอบข้อเท้า การเกิดแผลที่เท้า เป็นต้น

ระดับความหนักในการออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงานคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Power output} = \text{Force (resistance)} \times \text{Velocity (speed)}$$

การออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานวัดงานที่ power output เดียวกันนั้นสามารถออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายได้อย่างน้อยสองรูปแบบคือ ๑) ความเร็วในการปั่นมาก โดยในกรณีนี้แรงต้านจะน้อย หรือ ๒) ความเร็วในการปั่นน้อย ในกรณีนี้แรงต้านขณะปั่นจะมากกว่าในกรณีแรก โดยรูปแบบการออกกำลังกายทั้งสองแบบนี้ส่งผลให้การใช้พลังงานขณะออกกำลังกายและอัตราการไหลของเลือดบริเวณกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายแตกต่างกัน

จากการศึกษาของ Kang และคณะ ในปี ค.ศ. ๒๐๐๔ พบว่า เมื่อออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ power output เดียวกันนั้น ความเร็วในการปั่นที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้มีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น โดยเป็นการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตมากกว่าการใช้พลังงานจากไขมัน^๕ นอกจากนี้ ความเร็วในการปั่นจักรยานวัดงานที่แตกต่างกันยังส่งผลให้ไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อลดลงหลังออกกำลังกายแตกต่างกันด้วย^๕

ในส่วนของอัตราการไหลของเลือดที่ผ่านบริเวณกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายนั้น เมื่อปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วที่มากขึ้นส่งผลให้อัตราการไหลของเลือดผ่านบริเวณกล้ามเนื้อลดลง^๖ การที่กล้ามเนื้อมีความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นขณะปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วที่มากขึ้นโดยที่อัตราการไหลของเลือดผ่านกล้ามเนื้อลดลงนั้นน่าจะส่งผลให้ร่างกายต้องปรับเปลี่ยนการผลิตพลังงานเป็นระบบผลิตพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic system) เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดกรดแลคติกจากการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย การออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานโดยเลือกใช้ความเร็วที่มากและมีแรงต้านน้อยน่าจะช่วยให้ร่างกายสามารถรักษาระดับน้ำตาลกลูโคสขณะออกกำลังกายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ดีกว่าการเลือกใช้ความเร็วที่น้อยแต่แรงต้านขณะปั่นมาก เนื่องมาจากระดับกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นขณะออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นนี้อาจช่วยเพิ่มสารตั้งต้นในการผลิตกลูโคสผ่านกระบวนการ gluconeogenesis ผ่าน Cori cycle ที่ตับ

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลกลูโคสและกรดแลคติกในเลือดหลังออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ ระหว่างการออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๔๐ และ ๘๐ รอบต่อนาที

วิธีการศึกษา

ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ ที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ โดยไม่มีภาวะแทรกซ้อนที่อาจทำให้เกิดอันตรายจากการออกกำลังกาย เช่น ภาวะกระดูกหักหลุดลอก เป็นต้น และไม่มีการออกกำลังกายเป็นประจำ จำนวน ๓๐ คน การศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาและรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชุดที่ ๒

ผู้เข้าร่วมการวิจัย ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้า โดยการทำแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว กิจกรรมทางกาย

รวมถึงอาการและอาการแสดงที่เกี่ยวข้องกับโรคหัวใจและโรคทางระบบหายใจ

เกณฑ์การรับอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ

- ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒
- อายุ ๓๐ - ๖๕ ปี

เกณฑ์การไม่รับอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ

- ออกกำลังกายในระดับความหนักปานกลาง (ร้อยละ ๔๐ - ๖๐ ของอัตราการเต้นของหัวใจสำหรับ) มากกว่า ๓ วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลาติดต่อกันมานานกว่า ๓ เดือน
- มีโรคเกี่ยวกับระบบหัวใจ หลอดเลือด และทางเดินหายใจ เช่น โรคภูมิแพ้ หอบหืด โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ เป็นต้น
- มีภาวะแทรกซ้อนจากโรคเบาหวานที่อาจทำให้เกิดอันตรายจากการออกกำลังกายได้ เช่น มีการหลุดลอกของกระจกตา เป็นต้น
- มีความผิดปกติอื่นๆ ที่เป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัย

การเตรียมความพร้อมผู้เข้าร่วมการวิจัย

- ผู้ทำวิจัยอธิบายวัตถุประสงค์และวิธีการวิจัย จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเซ็นชื่อ ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
- ผู้เข้าร่วมการวิจัยกรอกแบบสอบถามเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและเป็นเกณฑ์ในการคัดเข้าร่วมการวิจัย

วิธีการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยจะทำการทดสอบด้วยการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานวัดงานที่ระดับความหนัก ๔๐ วัตต์ โดยแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยเป็น ๒ กลุ่มคือ

- ๑) กลุ่มที่ ๑ ปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๔๐ รอบต่อนาที แรงต้าน ๑ กิโลปอนด์
- ๒) กลุ่มที่ ๒ ปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๘๐ รอบต่อนาที แรงต้าน ๐.๕ กิโลปอนด์

ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะทำการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็วใดความเร็วหนึ่ง โดยความเร็วของการปั่นจักรยานวัดงานที่ผู้เข้าร่วมวิจัยจะทำการทดสอบเป็นไปโดยการสุ่ม ก่อนเริ่มออกกำลังกายผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการตรวจวัดระดับน้ำตาลกลูโคสและกรดแลคติกในเลือดด้วยวิธีการเจาะเลือดจากปลายนิ้ว โดยระดับน้ำตาลกลูโคสก่อนออกกำลังกายต้องไม่ต่ำกว่า ๗๐ มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และต้องไม่มากกว่า ๒๕๐ มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

ก่อนเริ่มปั่นจักรยานตามความเร็วที่สุ่มเลือกโดยการจับฉลากได้ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะทำการอบอุ่นร่างกายด้วย

การปั่นจักรยานวัดงานโดยไม่มีแรงต้าน ที่ความเร็วเดียวกับที่ ต้องทำการทดสอบเป็นเวลา ๕ นาที โดยปรับระดับความสูง ของเบาะจักรยานวัดงาน ให้มีความสูงเท่ากับระดับ greater trochanter ของผู้เข้าร่วมการวิจัยและขณะทำการปั่นจะทำให้เขา เหยียดมากที่สุดแล้วอยู่ในท่าประมาณ ๑๐ องศา หลังจาก นั้นทำการทดสอบด้วยการปั่นจักรยานวัดงานตามความเร็ว ที่สุ่มเลือกได้เป็นเวลา ๒๐ นาที โดยทำการวัดระดับน้ำตาล กลูโคสในเลือดและกรดแลคติกในเลือดหลังเริ่มออกกำลังกาย ไปแล้ว ๑๐ นาที และหลังหยุดออกกำลังกายทำการวัด ระดับน้ำตาลกลูโคสและกรดแลคติกในเลือดด้วยวิธีการเดิม อีกครั้ง โดยทำการวัดหลังหยุดออกกำลังกายทันที นาทีที่ ๕ นาทีที่ ๑๐ และหลังหยุดออกกำลังกายไปแล้วนาน ๑๕ นาที ทั้งนี้เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือดและ เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดระดับกรดแลคติกในเลือดจะได้รับการ ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำในการวัดโดยทำการตรวจ วัดกับน้ำยาตรวจสอบคุณภาพ (control solution) ก่อนใช้ในการ ตรวจวัดกับผู้เข้าร่วมการวิจัย

ร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับของน้ำตาล กลูโคสในเลือดหลังออกกำลังกายคำนวณจากการเปรียบเทียบ ระหว่างค่าดังกล่าวก่อนออกกำลังกายกับค่าที่น้อยที่สุดหลัง ออกกำลังกายในส่วนของการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของ ระดับกรดแลคติกในเลือดหลังออกกำลังกายคำนวณจากการ เปรียบเทียบระหว่างค่าดังกล่าวก่อนออกกำลังกายกับค่าที่ มากที่สุดหลังออกกำลังกายขณะทำการทดสอบผู้เข้าร่วมการ วิจัยจะได้รับการประเมินอัตราการเต้นของหัวใจ คลื่นไฟฟ้า หัวใจ รวมทั้งสอบถามอาการ หรือความผิดปกติจากผู้วิจัย โดยเกณฑ์การยุติการวิจัยมีดังต่อไปนี้

- คลื่นไฟฟ้าหัวใจแสดงลักษณะที่ผิดปกติ ดังต่อไปนี้
 - ๑) พบการเลื่อนขึ้นหรือลงของ ST segments ไป จากก่อนเริ่มทำการทดสอบมากกว่า ๒ มิลลิเมตร
 - ๒) มีคลื่นไฟฟ้าหัวใจลักษณะ premature ventricular contraction (PVC) เกิดขึ้นติดกันตั้งแต่ ๓ คลื่นขึ้นไป
- มีอาการเจ็บแน่นหน้าอก หายใจลำบาก
- ผู้เข้าร่วมการวิจัยขอยุติการเข้าร่วมด้วยตนเอง
- มีอาการผิดปกติอื่นๆ ที่ไม่สามารถทำการทดสอบ ต่อได้
- ไม่สามารถคงความเร็วของการปั่นจักรยานวัดงาน ได้ตลอดการทดสอบ

- มีอาการเหนื่อยหอบอย่างรุนแรง วิงเวียน หน้ามืด เขียว หน้าซีด

- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยไม่สามารถทำตามขั้นตอนของ งานวิจัยที่ตั้งไว้ได้

- มีอาการปวดกล้ามเนื้อขาหรือบาดเจ็บจน ไม่สามารถทำการทดสอบต่อไปได้

อุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย

- นาฬิกาจับเวลา
- จักรยานวัดงาน (bicycle ergometer) Monark รุ่น 818 E

- เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ
- แถบวัดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด
- แถบวัดระดับกรดแลคติกในเลือด
- เข็มสำหรับเจาะเลือดจากปลายนิ้ว
- เครื่องวัดระดับน้ำตาลในเลือด
- เครื่องวัดกรดแลคติกในเลือด

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

วิเคราะห์ความแตกต่างของร้อยละการเปลี่ยนแปลง สูงสุดของระดับน้ำตาลกลูโคส และระดับกรดแลคติกในเลือด หลังการออกกำลังกายเปรียบเทียบระหว่างสองความเร็วโดย ใช้สถิติ unpaired t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับค่าพีเท่ากับ ๐.๐๕

ผลการศึกษา

ลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยเป็น โรคเบาหวานชนิดที่ ๒ จำนวน ๓๐ คน ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้า โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยในกลุ่มที่ ๑ (ปั่นจักรยานที่ความเร็ว ๔๐ รอบต่อนาที) มีจำนวน ๑๒ คน ที่สามารถทำการทดสอบ ได้ครบตามที่กำหนด ในส่วนของผู้เข้าร่วมการวิจัยในกลุ่มที่ ๒ (ปั่นจักรยานที่ความเร็ว ๘๐ รอบต่อนาที) มีจำนวน ๑๘ คนที่ สามารถทำการทดสอบได้ครบตามที่กำหนด โดยตารางที่ ๑ แสดงค่าเฉลี่ยของอายุ ดัชนีมวลกาย ระดับน้ำตาลสะสม (HbA_{1c}) ของผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสองกลุ่ม โดยข้อมูลแสดง ในรูปแบบ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ SEM)

ตารางที่ ๑ ลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย

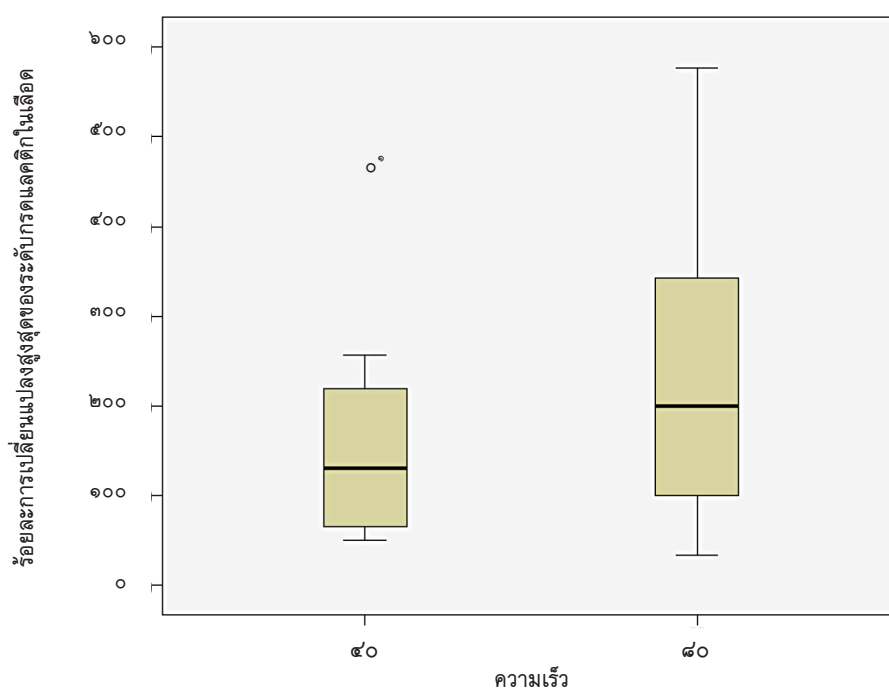
ตัวแปร	ความเร็วในการปั่นจักรยานวัดงาน (รอบต่อนาที)		ค่าพี*
	๔๐	๘๐	
เพศ ชาย (คน)	๕	๗	
หญิง (คน)	๖	๗	
อายุ (ปี)	๕๗.๓ ± ๑.๖	๕๔.๘ ± ๑.๐	๐.๒
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	๒๔.๒ ± ๑.๔	๒๔.๖ ± ๐.๙	๐.๘
HbA _{1c} (ร้อยละ)	๗.๒ ± ๐.๔	๗.๒ ± ๐.๓	๐.๙

* มีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี unpaired t-test ที่ p-value ≤ ๐.๐๕

ค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับกรดแลคติก ในเลือดหลังการปั่นจักรยานวัดงาน

ในส่วนของการร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับกรดแลคติกในเลือดหลังการปั่นจักรยานนั้นค่าของตัวแปรดังกล่าวของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มที่ทดสอบด้วยความเร็ว ๔๐ รอบต่อนาที จำนวน ๑ คน มีค่าแตกต่างจากผู้เข้าร่วมคนอื่นๆ

ดังแสดงในรูปที่ ๑ ดังนั้นข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับกรดแลคติกในเลือดหลังการปั่นจักรยานวัดงาน จึงมีจำนวน ๑๑ คน และ ๑๔ คน ในกลุ่มที่ทดสอบด้วยความเร็ว ๔๐ และ ๘๐ รอบต่อนาทีตามลำดับ



รูปที่ ๑ การกระจายตัวของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับกรดแลคติกในเลือด หลังการปั่นจักรยานวัดงาน

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของกรดแลคติกในเลือดหลังการปั่นจักรยานวัดงานพบว่า หลังออกกำลังกายที่ความเร็ว

๘๐ รอบต่อนาที มีแนวโน้มที่ระดับของกรดแลคติกในเลือดมากกว่าหลังออกกำลังกายที่ความเร็ว ๔๐ รอบต่อนาที แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ ๒)

ตารางที่ ๒ ค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับกรดแลคติกในเลือดหลังออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๔๐ รอบต่อนาที และ ๘๐ รอบต่อนาที

ตัวแปร	ความเร็ว (รอบต่อนาที)	๔๐ (n = ๑๑)	๘๐ (n = ๑๔)	ค่าพี*
ค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับกรดแลคติกในเลือด		๑๓๒.๖๘ ± ๒๒.๑	๒๔๑.๒๘ ± ๔๕.๓	๐.๐๖

* มีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี unpaired t-test ที่ p-value ≤ ๐.๐๕

ค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดหลังการปั่นจักรยานวัดงาน
จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลง

สูงสุดของระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดหลังการปั่นจักรยานทั้งสองความเร็วไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ ๓)

ตารางที่ ๓ ค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับน้ำตาลในเลือดหลังออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๔๐ รอบต่อนาที และ ๘๐ รอบต่อนาที

ตัวแปร	ความเร็ว (รอบต่อนาที)	๔๐ (n = ๑๑)	๘๐ (n = ๑๔)	ค่าพี*
ค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด		-๑๙.๗ ± ๒.๘	-๒๑.๖ ± ๑.๘	๐.๖

* มีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี unpaired t-test ที่ p-value ≤ ๐.๐๕

วิจารณ์ และสรุปผลการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การตัดเข้าเพื่อให้ประชากรที่เข้าร่วมการวิจัยมีคุณลักษณะทั่วไปใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสองกลุ่มมีจำนวนผู้เข้าร่วมที่เป็นเพศชายและเพศหญิงใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ตัวแปรอื่น ได้แก่ อายุ ค่าดัชนีมวลกาย และค่า HbA_{1c} ของทั้งสองกลุ่มนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่าพี > ๐.๐๕)

ค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับกรดแลคติกในเลือดหลังการปั่นจักรยานวัดงาน

จากผลการวิจัยพบว่าระดับกรดแลคติกในเลือดหลังการปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๘๐ รอบต่อนาที มี

แนวโน้มของค่าดังกล่าวสูงกว่าการปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๔๐ รอบต่อนาที ทั้งนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากตารางที่ ๒ ผลวิจัยดังกล่าวอาจเกิดจากการที่ความเร็วในการปั่นจักรยานวัดงานที่เพิ่มขึ้นทำให้การใช้พลังงานขณะออกกำลังกายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของกรดแลคติกซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการผลิตพลังงานมีระดับเพิ่มขึ้นไปด้วย การศึกษาที่สนับสนุนกลไกดังกล่าวได้แก่ การศึกษาของ Kang และคณะ^๔ ในปี ค.ศ. ๒๐๐๔ ที่พบว่า การปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๘๐ รอบต่อนาทีที่มีการใช้พลังงานมากกว่าการปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๔๐ รอบต่อนาทีที่ระดับ power output เดียวกัน นอกจากนี้การปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็วเพิ่มขึ้นนั้นยังส่งผลให้เลือดไปยังบริเวณ

กล้ามเนื้อที่กำลังใช้งานน้อยลง เนื่องมาจากการหดตัวที่ถี่ขึ้น ทำให้เลือดไหลผ่านไปยังบริเวณดังกล่าวได้น้อยลง^๖ ส่งผลให้กล้ามเนื้อต้องใช้แหล่งพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งกระบวนการผลิตพลังงานดังกล่าวทำให้มีการผลิตกรดแลคติกขณะออกกำลังกายเพิ่มขึ้น

ระดับของกรดแลคติกขณะออกกำลังกายที่ความเร็ว ๘๐ รอบต่อนาทีที่สูงกว่านั้นอาจส่งผลให้ผู้ป่วยเกิดอาการล้าขณะออกกำลังกายเร็วกว่าการออกกำลังกายที่ความเร็ว ๔๐ รอบต่อนาที ซึ่งโปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ ที่ช่วยให้กล้ามเนื้อตอบสนองต่ออินซูลินได้ดีขึ้นควรเป็นการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลาสั้นกว่า ๓๐ นาที^๗ ดังนั้นระดับของกรดแลคติกในเลือดซึ่งมีผลต่อความทนทานในการออกกำลังกายของผู้ป่วยจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควรใช้ประกอบการพิจารณาเลือกโปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับประโยชน์จากการออกกำลังกายสูงสุด

อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของกรดแลคติกที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมน้ำตาลในเลือดโดยผ่านทางการทำงานของไฮโปทาลามัส โดยในการศึกษาดังกล่าวพบว่าระดับของกรดแลคติกในบริเวณไฮโปทาลามัสที่สูงขึ้นส่งผลต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดในหนูทดลองที่ดื้อต่ออินซูลิน^๘

คำเฉลี่ยวรอยละการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดหลังการปั่นจักรยานวัดงาน

จากผลการวิจัยพบว่า หลังออกกำลังกายทั้งสองความเร็วมีการลดลงของระดับน้ำตาลในเลือด โดยกลไกที่อธิบายผลดังกล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของการดึงน้ำตาลกลูโคสในเลือดเข้าสู่กล้ามเนื้อที่กำลังใช้งานในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับขณะพัก ระดับของน้ำตาลกลูโคสที่ถูกดึงเข้าสู่กล้ามเนื้อเพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นขณะออกกำลังกายนี้เกิดขึ้นจากกลไกอย่างน้อยสองกลไก คือ ๑) การขนส่งน้ำตาลกลูโคสไปยังบริเวณกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการที่การไหลของเลือดไปยังบริเวณกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นประมาณ ๑๐ เท่า เมื่อเทียบกับขณะพัก^{๙, ๑๐} ๒) การเพิ่มขึ้นของตัวขนส่งกลูโคส หรือ glucose transporter-4 (GLUT-4) บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ ขณะออกกำลังกาย^{๑๑, ๑๒} ส่งผลให้การขนส่งกลูโคสเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น

จากการศึกษานี้พบว่า การลดลงของระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดหลังออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานทั้งสองความเร็วไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ (ค่า $p > 0.05$) น่าจะเป็นผลจากการออกกำลังกายทั้งสองความเร็วมีระดับความหนักของการออกกำลังกายที่เท่ากันคือ ๔๐ วัตต์

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับกรดแลคติกและน้ำตาลกลูโคสในเลือดหลังออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า การปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนัก ๔๐ วัตต์ ความเร็วในการปั่นที่ ๔๐ รอบต่อนาที หรือ ๘๐ รอบต่อนาที ส่งผลต่อการลดลงของระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดหลังออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน ถึงแม้ระดับของกรดแลคติกในเลือดหลังการปั่นที่ความเร็ว ๘๐ รอบต่อนาทีจะมีระดับของกรดแลคติกที่ค่อนข้างสูงกว่าก็ตาม ผลการวิจัยดังกล่าวไม่เป็นไปตามการศึกษาของ Miller B.F. และคณะ^{๑๓} ที่พบว่า การให้แลคเตตผ่านทางหลอดเลือดก่อนและขณะออกกำลังกายซึ่งทำให้ระดับของแลคเตตในเลือดเพิ่มขึ้นช่วยทำให้ร่างกายสามารถรักษาระดับของน้ำตาลกลูโคสหลังออกกำลังกายได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการออกกำลังกายปกติที่ระดับความหนักที่เท่ากัน จากการศึกษาดังกล่าวพบว่า ระดับของแลคเตตในเลือดที่เพิ่มขึ้นนั้น ทำให้สัดส่วนของแลคเตตที่นำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้น และยังส่งผลให้ร่างกายใช้น้ำตาลกลูโคสในเลือดเป็นแหล่งพลังงานลดน้อยลง ส่งผลให้ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดหลังออกกำลังกายไม่ลดลงมากเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการให้แลคเตตผ่านทางหลอดเลือด ผลการศึกษาที่พบแตกต่างกันนี้อาจเกิดเนื่องมาจากระยะเวลาที่ระดับของแลคเตตหรือกรดแลคติกในเลือดสูงขึ้น และสามารถเป็นแหล่งพลังงานหลักที่ร่างกายใช้ขณะออกกำลังกายในสองการศึกษาแตกต่างกัน โดยการศึกษาของ Miller B.F. และคณะ มีการให้แลคเตตผ่านทางหลอดเลือดตั้งแต่ก่อนเริ่มออกกำลังกาย และให้ตลอดระยะเวลาการออกกำลังกาย นอกจากนี้ระยะเวลาในการออกกำลังกายของการวิจัยครั้งนี้และการวิจัยของ Miller B.F. และคณะ นั้นแตกต่างกัน โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ทำการทดสอบด้วยการออกกำลังกายเพียง ๒๐ นาที ในขณะที่การศึกษาของ Miller B.F. ทำการทดสอบทั้งสิ้น ๔๐ นาที ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายที่มากกว่าทำให้ความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย บทบาทของแลคเตตในการเป็นแหล่งพลังงานจึงเห็นได้เด่นชัด

จากผลการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดหลังออกกำลังกายระหว่างสองความเร็วไม่มีความแตกต่างกัน ถึงแม้ระดับของกรดแลคติกหลังออกกำลังกายที่ความเร็ว ๘๐ รอบต่อนาทีจะมีแนวโน้มสูงกว่าก็ตาม

ข้อจำกัดในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ ระยะเวลาที่ระดับของกรดแลคติกเพิ่มขึ้นอาจยังไม่นานเพียงพอที่ทำให้เห็นบทบาท

ของกรดแลคติกในการเป็นแหล่งพลังงานขณะออกกำลังกายได้เด่นชัดนัก การศึกษาต่อไปควรเพิ่มระยะเวลาออกกำลังกายเพื่อให้เห็นผลดังกล่าวยิ่งขึ้น นอกจากนี้การศึกษถึงผลของปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นจากการออกกำลังกายในระยะยาวจะนำมาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ ๒ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๕ ทางผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ได้สละเวลาเข้าร่วมการศึกษาร่วมนี้ โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ และภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์สำหรับอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

๑. Kennedy JW, Hirshman MF, Gervino EV, Ocel JV, Forse RA, Hoenig SJ, et al. Acute exercise induces GLUT4 translocation in skeletal muscle of normal human subjects and subjects with type 2 diabetes. *Diabetes* 1999;48:1192-7.
๒. Oguri M, Adachi H, Ohno T, Oshima S, Kurabayashi M. Effect of a single bout of moderate exercise on glucose uptake in type 2 diabetes mellitus. *J Cardiol* 2009;53:8-14.
๓. Miller BF, Fattor JA, Jacobs KA, Horning MA, Navazio F, Lindinger MI, et al. Lactate and glucose interactions during rest and exercise in men: effect of exogenous lactate infusion. *J Physio* 2002;544:963-75.
๔. Kang J, Hoffman JR, Wendell M, Walker H, Hebert M. Effect of contraction frequency on energy expenditure and substrate utilisation during upper and lower body exercise. *Br J Sports Med* 2004;38:31-5.
๕. Ahlquist LE, Bassett DR Jr, Sufit R, Nagle FJ, Thomas DP. The effect of pedaling frequency on glycogen depletion rates in type I and type II quadriceps muscle fibers during submaximal cycling exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;65:360-4.
๖. Hoelting BD, Scheuermann BW, Barstow TJ. Effect of contraction frequency on leg blood flow during knee extension exercise in humans. *J Appl Physiol* 2001;91:671-9.
๗. Chari M, Lam CK, Wang PY, Lam TK. Activation of central lactate metabolism lowers glucose production in uncontrolled diabetes and diet-induced insulin resistance. *Diabetes* 2008;57:836-40.
๘. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care* 2010;33:e147-67.
๙. Andersen P, Saltin B. Maximal perfusion of skeletal muscle in man. *J Physiol* 1985;366:233-49.
๑๐. Hespel P, Vergauwen L, Vandenbergh K, Richter EA. Important role of insulin and flow in stimulating glucose uptake in contracting skeletal muscle. *Diabetes* 1995;44:210-5.
๑๑. Brozinick JT Jr, Etgen GJ Jr, Yaspelkis BB 3rd, Kang HY, Ivy JL. Effects of exercise training on muscle GLUT-4 protein content and translocation in obese Zucker rats. *Am J Physiol* 1993;265:E419-27.
๑๒. Goodyear LJ, Hirshman MF, Valyou PM, Horton ES. Glucose transporter number, function, and subcellular distribution in rat skeletal muscle after exercise training. *Diabetes* 1992;41:1091-9.
๑๓. Kern M, Wells JA, Stephens JM, Elton CW, Friedman JE, Tapscott EB, et al. Insulin responsiveness in skeletal muscle is determined by glucose transporter (Glut4) protein level. *Biochem J* 1990;270:397-400.
๑๔. Miller BF, Fattor JA, Jacobs KA, Horning MA, Suh SH, Navazio F, et al. Metabolic and cardiorespiratory responses to "the lactate clamp". *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002;283:E889-98.

Abstract

Effects of pedaling speed on blood glucose and lactate after exercise in patients with type 2 diabetes mellitus

Jitanan Laosiripisan*, Phansa Amornmongkol**, Papavee Chupara***, Wipavee Chantararat****

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

** Chirohealth, Bangkok

*** Klung Hospital

**** Bumrungrad Hospital

Introduction: Exercise is one of a therapeutic intervention for blood glucose control in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM). However, hypoglycemia after exercise may be an adverse effect of exercise in such patients. Some studies showed the effect of lactic acid as carbohydrate source. The increase of blood lactate by blood infusion results in the reduction of blood glucose contribution as energy source after exercise. This study aimed to compare the changes in blood glucose and blood lactic acid after exercise between two pedaling speed in patients with T2DM.

Method: Thirty patients with T2DM were requested to perform either speed of bicycle ergometer-exercise; 1) 40 round per minute (rpm) or 2) 80 rpm for 20 minutes. The resistance during exercise was adjusted to yield the power output equal to 40 watts in both conditions. Blood glucose and blood lactic acid were measured 6 times; Percent maximum changes of blood glucose and blood lactic acid were calculated using the value that was greatest different from the baseline value. Percent maximum changes of blood glucose and blood lactic acid were compared between two pedaling speed using statistical analysis.

Result: Percent maximum changes of blood glucose between two speeds of 40 rpm and 80 rpm were not statistically significant different ($-19.7 \pm 2.8\%$ and $-21.6 \pm 1.8\%$ respectively; $p = 0.6$). Although, percent maximum changes of blood lactic acid after exercise at 80 rpm ($241.28 \pm 45.3\%$) tend to higher than that after 40 rpm-exercise ($132.68 \pm 22.1\%$), this could not reach the statistically significant difference ($p > 0.05$).

Discussion and Conclusion: The increase in blood lactic acid after exercise at 80 rpm did not exert effect on blood glucose spare after exercise in patients with T2DM. The unclear effect of blood lactic acid on blood glucose in this study might be from the insufficient duration of exercise.

Key words: Pedaling speed, Type 2 diabetes mellitus, Blood glucose, Blood lactic acid