บทที่ 4
วิจารณ์ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการกระตุ้นไฟฟ้าด้วย TENS และ TES ในการกระตุ้นให้ร่างกายตอบสนองทางสรีรวิทยาและหลั่งสารเอนดอร์ฟิน โดยทำการศึกษาในผู้เข้าร่วมการวิจัยสุขภาพดี ผลการวิจัยพบว่า การกระตุ้นไฟฟ้าทุกแบบที่ใช้ในการวิจัยนี้เมื่อมีผลต่อความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจเพียงเล็กน้อย ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามรูปแบบของการกระตุ้นไฟฟ้าและเพศของผู้เข้าร่วมการวิจัย แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มต่อการหลั่งสารเอนดอร์ฟิน

ในภาพรวมพบว่าการกระตุ้นไฟฟ้าทุกแบบนาน 30 นาทีมีผลช่วยลดค่า systolic blood pressure ได้ภายในแต่ละวัน การลดลงของค่า systolic blood pressure ในวันแรกของการกระตุ้นไฟฟ้าด้วย TENS จาก 116 ± 11.2 mmHg เป็น 111.6 ± 9.8 mmHg นี้สอดคล้องกับงานวิจัยด้วย TENS เป็นเวลานาน 30 นาที ที่แสดงการลดลงเล็กน้อยของ systolic blood pressure จาก 114 ± 2.1 mmHg เป็น 112 ± 2.8 mmHg (Hughes et al., 1984) ทั้งนี้ไม่มีข้อมูลในอดีตเกี่ยวกับผลของการกระตุ้นด้วย TES ต่อค่า systolic blood pressure นอกจากนี้ยังพบว่าการกระตุ้นไฟฟ้ามีผลต่อเนื่องข้ามวันในการลดค่า systolic blood pressure ณ นาทีที่ 0 ก่อนการกระตุ้นไฟฟ้าวันถัดไปด้วย เมื่อพิจารณารูปแบบการตอบสนองของ systolic blood pressure เปรียบเทียบระหว่างเพศ งานวิจัยนี้พบรูปแบบการตอบสนองที่แตกต่างกันระหว่างเพศหญิงและเพศชายในบางประเด็น กล่าวคือ เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะค่าเฉลี่ย ณ นาทีที่ 0 ก่อนเริ่มการกระตุ้นไฟฟ้าระหว่างผลวันที่ 1 และวันที่ 2 พบว่า การกระตุ้นไฟฟ้าทั้งสี่แบบในวันแรกมีผลต่อเนื่องในการช่วยลด systolic blood pressure ก่อนเริ่มการกระตุ้นไฟฟ้าในวันที่ 2 ในเพศหญิง (รูปที่ 8) ในขณะที่ในเพศชายพบมีเพียงการกระตุ้นด้วย TENS ในวันแรกเท่านั้นที่มีผลต่อเนื่องช่วยลด systolic blood pressure ก่อนเริ่มการกระตุ้นไฟฟ้าในวันที่ 2 และแสดงผลลดลงต่อเนื่องจนกระทั่งถึงวันที่ 6 ซึ่งแตกต่างจากเพศหญิงที่มีเพียงการกระตุ้นด้วย TES และ placebo TES เท่านั้นที่มีผลต่อเนื่องในการลด systolic blood pressure ได้จนถึงวันที่ 6 ดังนั้น ในการเลือกใช้เทคนิคการกระตุ้นไฟฟ้าต่อค่า systolic blood pressure จึงควรพิจารณาเพศของผู้รับการกระตุ้นประกอบด้วย

โดยการลดลงของค่า systolic blood pressure ส่วนใหญ่นี้เกิดขึ้นใน 15 นาทีแรกของการกระตุ้น คือ ค่า systolic blood pressure เฉลี่ยของทุกกลุ่ม ณ นาทีที่ 0 ในวันแรก 116.2 ± 12.5 mmHg ลดลงเป็น 112.4 ± 11.2 mmHg ณ นาทีที่ 15 ของวันเดียวกัน แต่เมื่อพิจารณาค่า systolic blood pressure หลังนาทีที่ 15 จนถึงนาทีที่ 30 ของทุกวันกลับพบการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นก็มีรูปแบบที่ไม่แน่นอน นั่นคือ บางครั้งก็สูงขึ้น ในขณะที่บางครั้งก็ต่ำลง เหตุการณ์นี้อาจแสดงว่าเราอาจไม่จำเป็นต้องทำการกระตุ้นไฟฟ้านานกว่า 15 นาทีเพื่อหวังผลต่อค่า systolic blood pressure นอกจากนี้ การไม่พบความแตกต่างของค่า systolic blood pressure ระหว่างกลุ่มที่ทำการวิจัยอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ณ ทุกช่วงเวลาที่ทำการเปรียบเทียบกันในงานวิจัยนี้อาจแสดงว่า การกระตุ้นไฟฟ้าทั้ง 2 เทคนิคมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน และความแรงของการกระตุ้นไม่ใช่ปัจจัยที่กำหนดระดับการตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับค่า systolic blood pressure อย่างไรก็ตาม ขนาดการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยประมาณ 3-4 mmHg ที่เกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 6 ซึ่งแม้จะมีนัยสำคัญทางสถิติอาจมีนัยสำคัญทางคลินิกเล็กน้อยสำหรับผู้เข้าร่วมงานวิจัยสุขภาพดี

การศึกษานี้พบมีการเปลี่ยนแปลงค่า diastolic blood pressure น้อยมาก (รูปที่ 8 และ 9) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีตภายหลังการกระตุ้นด้วย TENS บนกล้ามเนื้อน่องในอาสาสมัครสุขภาพดีด้วยกระแสไฟฟ้าลักษณะเดียวกันเป็นเวลานาน 30 นาที ที่แสดงการลดลงเล็กน้อยของ diastolic blood pressure จาก 71 ± 2.5 mmHg เป็น 70 ± 2.3 mmHg (Hughes et al., 1984) ในส่วนของการกระตุ้นด้วย TES และ placebo TES นั้นไม่พบมีการรายงานผลด้านความดันโลหิตที่สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกับผลงานวิจัยในปัจจุบันได้

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ละกลุ่มมีการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจลดลงทันทีใน 15 นาทีแรก พบได้ภายหลังการกระตุ้นด้วย TENS และ placebo TENS ตลอดทั้งหกวัน (รูปที่ 10) แต่ไม่พบปรากฏการณ์นี้ในกลุ่มที่กระตุ้นด้วย TES และ placebo TES ทั้งนี้ แม้ต่อจากนั้นอัตราการเต้นของหัวใจจะขึ้นลงบ้างก็ยังปรากฏในภาพรวมว่า การกระตุ้นด้วย TENS นาน 30 นาทีในวันแรกทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการกระตุ้นไฟฟ้า นั่นคือ จาก 76.0 ± 10.2 ครั้งต่อนาที ลดลงเป็น 73.1 ± 10.0 ครั้งต่อนาที และกลุ่ม placebo TENS จาก 75.1 ± 15.0 ครั้งต่อนาที ลดลงเป็น 72.6 ± 12.5 ครั้งต่อนาที ซึ่งตรงกับผลการวิจัยในอดีตที่พบการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการกระตุ้นด้วย TENS เช่นกัน กล่าวคือ จาก 64.8 ± 3.4 ครั้งต่อนาที เป็น 64.5 ± 3.5 ครั้งต่อนาที (Hughes et al., 1984)

งานวิจัยไม่นานนี้เสนอว่า การกระตุ้นประสาทรับความรู้สึกผ่านทาง somatosensory impulse ดังเช่นที่พบใน TENS นั้นอาจลดการทำงานของ sympathetic nervous system พร้อมกับเพิ่มการทำงานของ parasympathetic nervous system (Stein et al., 2011) แล้วช่วยเพิ่มระดับ baroreflex sensitivity (Gademan et al., 2011) และทำให้หัวใจเต้นช้าลงได้ มีสิ่งที่น่าสนใจคือ การพบมีการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจในกลุ่ม placebo TENS ด้วย น่าจะบ่งบอกว่า ความแรงของการกระตุ้นแม้ไม่ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ แต่น่าจะเพียงพอต่อการกระตุ้นให้เกิด somatosensory impulse ที่มีอิทธิพลต่อระบบประสาทของร่างกายได้ ในทางตรงกันข้าม ในกลุ่มกระตุ้นด้วย TES และ placebo TES ที่แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจเช่นกัน แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลากหลายและไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน ทำให้ไม่สามารถอธิบายผลได้ด้วยกลไกเดียวกันกับ TENS

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงขนาดของการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจจะพบว่าไม่เกินสี่ครั้งต่อนาที ซึ่งอาจไม่มีนัยสำคัญทางคลินิก และยิ่งไปกว่านั้น การลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจที่

เกิดขึ้นในกลุ่ม TENS และ placebo TENS มีผลไม่ยั่งยืนถึงวันต่อไป ทำให้ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ณ นาทีที่ 0 ของวันที่ 6 มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ ณ นาทีที่ 0 ของวันแรก ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะผู้เข้าร่วมงานวิจัยในการศึกษานี้เป็นผู้มีสุขภาพดี การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจที่เกิดขึ้นเพราะสิ่งเร้าภายนอกจากการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าจึงมีผลเพียงชั่วคราว และภาวะร่างกายจะพยายามปรับตัวเข้าสู่ภาวะปกติเมื่อขาดสิ่งเร้าหรือหยุดการกระตุ้น

เมื่อพิจารณาถึงกลไกที่สามารถใช้อธิบายการลดลงของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจในงานวิจัยนี้ อาจเป็นผลมาจากอิทธิพลจากแรงกดของขั้วกระตุ้นไฟฟ้าที่ถูกติดไว้บนจุดของร่างกาย โดยขั้วกระตุ้นไฟฟ้าเหล่านี้จะให้แรงกดอย่างต่อเนื่องบนร่างกายในลักษณะที่คล้ายคลึงกันกับการรักษาด้วยการกดจุดหรือการฝังเข็ม โดยงานวิจัยที่ทำการกดบนจุดต่างๆ ของร่างกายของอาสาสมัครสุขภาพดี (Felhendler and Lisander, 1999) พบว่า สามารถทำให้ค่า systolic และ diastolic blood pressure ลดลงได้เฉลี่ยประมาณ 6 mmHg (systolic blood pressure จาก 130 mmHg เป็น 124 mmHg และ diastolic blood pressure จาก 75 mmHg เป็น 68 mmHg) รวมทั้งทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยลดลงจาก 65 ครั้งต่อนาที เป็น 58 ครั้งต่อนาที เป็นเวลานานถึง 30 นาที ถ้าการกดจุดกระทำด้วยแรงที่มากพอจะทำให้อาสาสมัครเริ่มรู้สึกเจ็บปวด แต่ถ้าให้แรงกดในระดับที่ไม่มากจะส่งผลให้ค่าความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจเปลี่ยนแปลงน้อยลง เพราะเหตุนี้ งานวิจัยที่ใช้แรงกระตุ้นไฟฟ้าในระดับที่ไม่ทำให้เกิดความเจ็บปวดเช่นงานวิจัยนี้จึงไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจในปริมาณมาก และแสดงได้เพียงแนวโน้มการลดต่ำลงของตัวแปรดังกล่าวเท่านั้น ซึ่งหากงานวิจัยในอนาคตทำการกระตุ้นไฟฟ้าด้วยความแรงที่เพิ่มมากขึ้นจนสามารถกระตุ้นเส้นประสาทรับความเจ็บปวด หรือศึกษาในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ผู้วิจัยอาจพบการลดลงของตัวแปรเหล่านี้อย่างมีนัยสำคัญทางคลินิก หรืออาจพบมีการให้ผลการลดลงของตัวแปรเหล่านี้ค้างนานกว่าที่พบในงานวิจัยนี้ได้

แม้งานวิจัยนี้จะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอัตราการหายใจระหว่างกลุ่มกระตุ้นไฟฟ้าถึงสามคู่ (ตารางที่ 12) แต่ความแตกต่างนี้เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ไม่สัมพันธ์กัน และเมื่อพิจารณาขนาดของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะพบความแตกต่างประมาณสองครั้งต่อนาที ร่วมกับการไม่พบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาอื่นอีก ทำให้ผลด้านอัตราการหายใจนี้อาจไม่มีนัยสำคัญทางคลินิก อีกทั้งงานวิจัยในอดีตไม่เคยมีการรายงานผลของการกระตุ้นไฟฟ้าต่ออัตราการหายใจในอาสาสมัครสุขภาพดีในสภาพปกติ จึงทำให้ไม่มีข้อมูลเชิงเปรียบเทียบเพื่อวิจารณ์ผลการวิจัยนี้

อนึ่ง เมื่อพิจารณาระดับ beta-endorphin ในกระแสเลือด งานวิจัยนี้กลับไม่พบสิ่งบ่งชี้ถึงการมี beta-endorphin ในตัวอย่างเลือดจากผู้เข้าร่วมการวิจัย 50 คน (ตัวอย่างเลือดจากผู้เข้าร่วมการวิจัยอีก 69 คน เสียหายขณะเก็บรักษาเพื่อเตรียมวัดปริมาณโปรตีนด้วยเทคนิค MALDI-TOF) กล่าวคือ ไม่พบโปรตีนขนาดมวลเฉลี่ยเท่ากับ 3465.4 Da ซึ่งเป็นขนาดมวลของ beta-endorphin (Liu and Schey, 2005)

และเมื่อทำการค้นหาสารโปรตีนขนาดเล็กชนิดอื่นที่พบได้ในผู้เข้าร่วมวิจัยส่วนใหญ่ (ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป) ที่อาจเกิดขึ้นขณะทำการกระตุ้นไฟฟ้า พบว่า ปริมาณของสารโปรตีนเหล่านั้นเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีรูปแบบที่ชัดเจนเพียงพอที่จะจัดกลุ่มหาความสัมพันธ์กับกลุ่มการกระตุ้นไฟฟ้าที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับ

การไม่พบ beta-endorphin ในตัวอย่างเลือดจากผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นสิ่งที่เกินการคาดการณ์ของผู้วิจัย ด้วยการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการกระตุ้นไฟฟ้าด้วย TES และ TENS หลายงานวิจัยต่างแสดงว่า การกระตุ้นไฟฟ้าทั้งสองนี้ช่วยทำให้ระดับ beta-endorphin ในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้น (Hughes et al., 1984; Gabis et al., 2003; Lebadev et al., 2002b; Markina and Kratinova, 2004) กอปรกับคำอธิบายกลไกการลดปวดด้วยการกระตุ้นไฟฟ้าแบบ TES และ TENS ที่เป็นที่ยอมรับทั่วไปว่า เกิดได้โดยผ่านกลไกการหลั่งสารเอ็นดอร์ฟิน (Cameron, 2009; Prentice, 2011) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงกระบวนการหลั่ง beta-endorphin ซึ่งเป็น endogenous neuropeptides ชนิดหนึ่งที่เกิดจากสารตั้งต้นชื่อ pro-opiomelanocortin (POMC) (Bender et al., 2007) ที่เมื่อปรากฏในกระแสเลือดแล้วจะมี half life เฉลี่ยสั้นเพียง 37 นาที (Foley et al., 1979) และสลายตัวไปได้อย่างรวดเร็ว จึงอาจเป็นไปได้ที่งานวิจัยนี้จะไม่สามารถตรวจพบ beta-endorphin ที่มีอยู่ได้ แม้กระนั้นก็ตาม การเติมสาร protease inhibitor cocktail ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเลือดก็น่าจะช่วยยับยั้งการสลายตัวของ beta-endorphin ในงานวิจัยนี้ได้เป็นอย่างดี ดังนั้น การไม่พบ beta-endorphin จึงน่าจะมีสาเหตุมาจากเทคนิคที่ใช้การวัดปริมาณ beta-endorphin ที่ต้องปรับปรุงต่อไป

นอกจากนี้เป็นที่ยอมรับกันว่า แม้จะสามารถกระตุ้นให้เกิดการหลั่ง beta-endorphin ได้ในภาวะปกติ แต่ beta-endorphin จะหลั่งในปริมาณมากเมื่อร่างกายอยู่ในภาวะเครียด เช่น มีการบาดเจ็บ มีอาการเจ็บปวด หรือขณะออกกำลังกายอย่างหนัก เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนเป็นผู้มีสุขภาพดี และไม่มีภาวะการบาดเจ็บหรือความเจ็บปวดใดๆ รวมทั้งความแรงของการกระตุ้นไฟฟ้าอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวดด้วย จึงเป็นไปได้ว่า องค์ประกอบของการวิจัยเหล่านี้ไม่เอื้ออำนวยให้เกิดการหลั่ง beta-endorphin และทำให้เราไม่สามารถตรวจพบ beta-endorphin ในตัวอย่างเลือดได้