

## ผลการใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าหลังการผ่าตัดย้ายเส้นประสาท ในกลุ่มผู้ป่วยชายประสาทส่วนแขนขาดเจ็บ: การวิจัยแบบสุ่ม และมีกลุ่มควบคุม

รุ่งทิพย์ โชคไพโรสิน พ.บ., ว.ว. เวชศาสตร์ฟื้นฟู

\*กลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลเลิดสิน กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

### ABSTRACT

Effect of electrical stimulation after nerve transfer in  
brachial plexus injury: a randomized control trial

Chokpraisin R.

\*Rehabilitation Medicine Division, Lerdsin General  
Hospital, Department of Health Service, Ministry of  
Public Health

**Objective:** To compare the effect of electrical stimulation  
(ES) after nerve transfer in patients with brachial plexus  
injury (BPI) at root level.

**Study design:** Randomized control trial

**Setting:** Rehabilitation Medicine Division, Lerdsin General  
Hospital

**Subjects:** Thirty two BPI patients, with total arm type at  
root level, whom were operated either by nerve transfer  
from phrenic by sural nerve graft or ulnar nerve to  
musculocutaneous nerve.

**Methods:** By block randomization, each group had 16  
patients. An ES group was treated with range of motion  
and strengthening exercise and ES 15 minutes twice a  
day for 90 days while a control or non-ES group had only  
exercise. For the ES group, they applied ES at home and  
were monitored by telephone daily. Strength of biceps  
brachii muscle was measured with EMG biofeedback,  
circumference of mid arm was measured in centimeters,  
and degree of denervation signs by needle EMG was  
assessed at 2.5 and 9 months post operation.

**Results:** Comparing between measurements at 2.5 and  
9 months after surgery, voltages of biceps brachii  
muscle were increased to 31.75  $\mu$ V in both ES and  
non-ES groups ( $p = 0.002$ ). Mid arm difference  
circumferences of non-ES group was 0.34 cm. ( $p = 0.016$ )  
while the ES group was 0.09 cm. ( $p = 0.509$ ). Mid arm  
circumferences difference in control group was 0.34  
cms which was larger than of the trial group (0.09 cms)

( $p = 0.19$ ). Denervation signs were similar in both groups,  
profound (4+) at 2.5 months and decreased to 3+ at 9  
months.

**Conclusion:** After nerve transfer in patients with complete  
and incomplete total arm type brachial plexus injury  
at root level, adding electrical stimulation at biceps  
brachii muscle gave no difference in muscle mass,  
strength and degree of denervation as exercise only.

**Keyword:** brachial plexus injury, nerve transfer, electrical  
stimulation, muscle recovery

J Thai Rehabil Med 2011; 21(1): 7-12

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เปรียบเทียบผลการใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าหลัง  
การผ่าตัดย้ายเส้นประสาทในกลุ่มผู้ป่วยที่ขาดประสาทส่วน  
แขนขาดเจ็บทั้งหมดและขาดเจ็บบางส่วนที่ระดับรากประสาท

**รูปแบบการวิจัย:** การศึกษาเชิงการทดลอง

**สถานที่ทำการวิจัย:** กลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาล  
เลิดสิน

**กลุ่มที่ทำการวิจัย:** กลุ่มผู้ป่วยที่ขาดประสาทส่วนแขนขาดเจ็บ  
ที่ระดับรากประสาท จำนวน 32 ราย ชนิดขาดเจ็บทั้งหมดและ  
ขาดเจ็บบางส่วน อย่างละ 16 ราย ซึ่งได้ทำการผ่าตัดย้ายเส้น  
ประสาทจากเส้นประสาทฟรีนิก (phrenic) โดยซุรอลกราฟท์  
(sural nerve graft) หรือ อัลนาร์ (ulnar) ไปยังเส้นประสาทมัดคู  
โลคิวเทเนียส (musculocutaneous) ซึ่งเลี้ยงกล้ามเนื้อข้อศอก  
(biceps brachii)

**วิธีการศึกษา:** แบ่งผู้ป่วยเป็น 2 กลุ่ม โดยวิธีสุ่มแบบ block  
randomization สอนการขยับข้อแขนและการออกแรงเกร็ง  
กล้ามเนื้อให้ทุกราย กลุ่มทดลองได้รับการกระตุ้นไฟฟ้า  
2 ครั้ง/วัน ห่างกัน 6 ชั่วโมง นานครั้งละ 15 นาที เป็นเวลา 90  
วันด้วยเครื่องกระตุ้นไฟฟ้ารุ่นเลิดสิน 2 โดยให้ยืมเครื่องไปทำที่  
บ้านและมีตารางตรวจสอบติดตามทางโทรศัพท์ทุกวัน ส่วน  
กลุ่มควบคุมไม่มีการใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า รวบรวมข้อมูลการ  
ฟื้นตัวของกล้ามเนื้อข้อศอก โดยเครื่อง EMG biofeedback,  
เส้นรอบวงต้นแขน และลักษณะคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่บ่งชี้

**Correspondence to:** Dr. Rungtip Chokpraisin, Rehabilitation  
Medicine Division, Lerdsin General Hospital, Silom road, Bangrak,  
Bangkok, 10500. E-mail address: rchokpraisin@yahoo.com

การขาดเส้นประสาทเลี้ยง (denervation signs) ที่ระยะเวลา 2.5 และ 9 เดือน

**ผลการศึกษา:** การศึกษาเปรียบเทียบภายในกลุ่มในช่วงเวลา 2.5 และ 9 เดือนหลังการผ่าตัดพบว่า ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมต่างก็มีค่าศักย์ไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นเท่ากันคือ 31.75 ไมโครโวลท์ ( $p = 0.002$ ) เส้นรอบวงต้นแขนมีขนาดเฉลี่ยใหญ่ขึ้นโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในกลุ่มควบคุมคือ ขนาดเฉลี่ยใหญ่ขึ้น 0.34 ซม. ( $p = 0.016$ ) ส่วนกลุ่มทดลองนั้น มีขนาดเฉลี่ยใหญ่ขึ้น 0.09 ซม. ( $p = 0.509$ ) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่เวลา 9 เดือน ค่าศักย์ไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากันคือ 31.75 ไมโครโวลท์ ส่วนเส้นรอบวงต้นแขนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองใหญ่ขึ้นเท่ากับ 0.09 ซม. ส่วนกลุ่มควบคุมใหญ่ขึ้นเท่ากับ 0.34 ซม. ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p$ -value = 0.19) และพบว่าลักษณะคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่บ่งชี้การขาดเส้นประสาทเลี้ยงนั้นลดลงจากระดับ 4 (มากที่สุด) ที่เวลา 2.5 เดือน เหลืออยู่ระดับ 3 (มาก) ที่เวลา 9 เดือน ทุกรายทั้งสองกลุ่ม

**สรุป:** การกระตุ้นไฟฟ้าหลังการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทในกลุ่มผู้ป่วยที่ถ่ายประสาทส่วนแขนขาและขาและขาและขาบางส่วนที่ระดับรากประสาท ให้ผลไม่ต่างจากการบำบัดด้วยการทำกายบริหารอย่างเดียว

**คำสำคัญ:** ถ่ายประสาทส่วนแขนขาและขา, การผ่าตัดย้ายเส้นประสาท, การกระตุ้นไฟฟ้า, การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ

เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร 2554; 21(1): 7-12

## บทนำ

การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า (electrical stimulation, ES) เป็นการบำบัดโดยใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นผ่านใยกล้ามเนื้อและเส้นประสาท ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวและชะลอการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อ ผลการรักษาโดยเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าบริเวณเส้นประสาทและกล้ามเนื้อมีหลากหลาย เช่นการเพิ่มขึ้นของใยประสาทเยื่อหุ้มใยประสาท ขนาดของเส้นประสาท จำนวนหลอดเลือดที่เลี้ยงเส้นประสาท การเร่งการงอกของใยประสาท (peripheral axon regeneration) และกำลังความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หลังจากมีภาวะเส้นประสาทได้รับบาดเจ็บ<sup>(1,2,3,4,5,6,7,8)</sup> แต่การศึกษาถึงผลหลังการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทยังพบได้น้อยและมีรายละเอียดไม่มากนัก

มีการศึกษาถึงการฝัง ES หลังการผ่าตัดย้ายเส้นประสาท sternothyroid ซึ่งเป็นแขนงของเส้นประสาท ansa cervicalis ไปยังเส้นประสาท recurrent laryngeal ในกลุ่มสุนัขที่มีเสียงหนึ่งข้างเป็นอัมพาต พบว่ากลุ่มที่มีการฝัง ES ร่วมด้วยนั้นมีประสิทธิภาพของเสียงและการฟื้นกลับของมวลกล้ามเนื้ออกเสียงดีกว่ากลุ่มที่ไม่มีการฝัง ES อย่างมีนัยสำคัญ<sup>(9)</sup>

ส่วนการศึกษาเรื่องการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทระหว่างซี่โครง (intercostal) ไปยังเส้นประสาทกะบังลม (phrenic) ในกลุ่มที่กระดูกคอระดับ C3-C5 ได้รับบาดเจ็บและมีปัญหาการหายใจบกพร่อง โดยมีการฝัง ES ร่วมด้วยนั้น พบว่ากะบังลมหดตัวดีขึ้นทุกรายที่ระยะเวลาเฉลี่ย 9 เดือน<sup>(10)</sup> ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าหลังการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บถ่ายประสาทส่วนแขนขาที่ระดับรากประสาท

## วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์โรงพยาบาลเลิดสิน ผู้ป่วยทุกรายได้รับการชี้แจงและลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมก่อนเข้าร่วมการวิจัย

### กลุ่มประชากร

ผู้ป่วยที่ถ่ายประสาทส่วนแขนขาและขาและขาและขาบางส่วนตรงระดับรากประสาทจำนวน 32 ราย และได้ทำการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทจากเส้นประสาทฟรินิค (phrenic) โดยซุรอลกราฟท์ (sural nerve graft) หรือ อัลนาร์ (ulnar) ไปยังเส้นประสาท มัสคิวโลคิวเทเนียส (musculocutaneous) ซึ่งเลี้ยงกล้ามเนื้อข้อศอก (biceps brachii) โดยทีมจลศัลยกรรมศุนย์การแพทย์เฉพาะทางด้านออร์โธปิดิกส์ โรงพยาบาลเลิดสิน

- เกณฑ์การคัดเข้า**
- ได้รับการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยก่อนเข้ารับการผ่าตัด
  - มีกำลังศักย์ไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อข้อศอกเป็น 0 และไม่ปรากฏว่ามีการทำงานของกล้ามเนื้อ

### เกณฑ์การคัดออก

- มีโรคประจำตัวร้ายแรง

### วัสดุและอุปกรณ์

- เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าใช้รุ่นโรงพยาบาลเลิดสิน 2
- เครื่องตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย รุ่น Synergy T5EP
- เข็มตรวจคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อชนิดชั่วคราว ยี่ห้อ TECA
- เครื่อง EMG biofeedback ของบริษัท Noraxon ใช้โปรแกรม Myoresearch version 1.06.69

### ขั้นตอนการวิจัย

1. แยกผู้ป่วยเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่มแบบ block randomization แต่ละกลุ่มประกอบด้วยชนิดบาดเจ็บทั้งหมดและบาดเจ็บบางส่วน อย่างละ 8 ราย รวมเป็นกลุ่มที่ใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า (ES) 16 ราย และไม่ใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า (non-ES) 16 ราย

2. หลังผ่าตัด 15 วัน ผู้ป่วยทุกรายได้รับการสอนให้ออกกำลังกายพื้นฐานคือ การขยับข้อแขนและการออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อข้อแขน

3. ใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า กระตุ้นกล้ามเนื้อข้อศอก ที่ความ

ที่ 5 รอบต่อวินาที ลักษณะไฟฟ้าที่กระตุ้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความยาวช่วงคลื่นกว้าง 1 มิลลิวินาที ปรับความแรงให้กล้ามเนื้อ มีการกระตุ้นที่พอเห็นได้ด้วยตาเปล่า กระตุ้น 2 ครั้ง/วัน ห่างกันอย่างน้อย 6 ชั่วโมง นานครั้งละ 15 นาที เป็นเวลา 90 วัน ติดแผ่นขั้วลบเหนือต่อข้อศอกประมาณ 1 ฝ่ามือ ส่วนขั้วบวกติดเหนือต่อขั้วลบ 5 ซม. โดยให้ผู้ป่วยนำเครื่องไปกระตุ้นเองที่บ้าน และผู้วิจัยโทรศัพท์สอบถามผู้ป่วยทุกวัน

4. กลุ่ม non-ES ให้ออกกำลังกายพื้นฐานอย่างเดียวน้อยวันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น ครั้งละ 15 นาที

5. วัดการเปลี่ยนแปลงกำลังกล้ามเนื้อของข้อศอกด้วยเครื่อง EMG biofeedback โดยมีหน่วยเป็นไมโครโวลต์<sup>(11,12,13)</sup>

6. วัดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อต้นแขนตรงกึ่งกลาง หน่วยเป็นเซนติเมตร โดยใช้สายวัดที่มีความละเอียด 10 มิลลิเมตร

7. ประเมินภาวะการขาดเส้นประสาทเลี้ยงด้วยเครื่องตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย โดยใช้เข็มตรวจคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อชนิดขั้วเดียว ความยาว 27 หรือ 35 มิลลิเมตร แทะผ่านผิวหนังไปยังกล้ามเนื้อ biceps brachii ภายใต้เทคนิคปลอดเชื้อ ติดขั้วไฟฟ้าอ้างอิงเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตรห่างจากเข็ม 2 เซนติเมตร โดยผู้ป่วยอยู่ในท่าพักนอนหงาย ไม่ออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อเลย<sup>(14)</sup> รายงานภาวะการขาดเส้นประสาทเลี้ยงเป็นระดับ<sup>(15,16)</sup> ดังนี้

- ระดับ 1 คือน้อย ตรวจพบภาวะการขาดเส้นประสาทไปเลี้ยงเพียง 1 ตำแหน่ง
- ระดับ 2 คือปานกลาง ตรวจพบภาวะการขาดเส้นประสาทไปเลี้ยง มากกว่า 2 ตำแหน่ง แต่ไม่พบในทุกตำแหน่ง
- ระดับ 3 คือมาก ตรวจพบภาวะการขาดเส้นประสาทไปเลี้ยงในทุกตำแหน่งแต่ไม่มาก
- ระดับ 4 คือมากที่สุด ตรวจพบภาวะการขาดเส้นประสาทไปเลี้ยงในทุกตำแหน่งมาก

ทั้งนี้ การตรวจประเมินทั้งสามอย่างดังกล่าวข้างต้น กระทำในเดือนที่ 2.5 และ 9 หลังการผ่าตัด

#### การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบกำลังกล้ามเนื้อและเส้นรอบวงว่ามีความแตกต่างระหว่างเดือนที่ 2.5 และ 9 หลังการผ่าตัด ในแต่ละกลุ่มโดย paired/t-test และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง (ES) และกลุ่มควบคุม (non-ES) โดย independent t-test ที่เดือนที่ 9 หลังการผ่าตัด

#### ผลการศึกษา

กลุ่มประชากรที่เข้าร่วมการศึกษามีจำนวน 32 ราย เป็นชาย 30 ราย และหญิง 2 ราย อายุระหว่าง 15-62 ปี อายุเฉลี่ย 27.09 ปี ส่วนใหญ่มีสาเหตุการบาดเจ็บมาจากอุบัติเหตุมอเตอร์ไซด์ ได้รับบาดเจ็บด้านซ้ายและไม่มีโรคประจำตัว มีอายุและช่วงเวลาก่อนการผ่าตัดเฉลี่ยใกล้เคียงกันทั้งสองกลุ่ม ดังตารางที่ 1

การศึกษาเปรียบเทียบภายในกลุ่มที่ช่วงเวลา 2.5 และ 9 เดือนหลังการผ่าตัดพบว่า ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมต่างก็มีค่าศักย์ไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเท่ากันคือ 31.75 ไมโครโวลต์ ( $p = 0.002$ ) เส้นรอบวงต้นแขนมีขนาดเฉลี่ยใหญ่ขึ้นโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มควบคุมมีขนาดเฉลี่ยใหญ่ขึ้น 0.34 ซม. ( $p = 0.016$ ) ส่วนในกลุ่มทดลองนั้นมีขนาดเฉลี่ยใหญ่ขึ้น 0.09 ซม. ( $p = 0.509$ ) (ดังตารางที่ 2)

ส่วนการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่เวลา 9 เดือนหลังการผ่าตัดพบว่า ค่าศักย์ไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อของทั้งสองกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากันคือ 31.75 ไมโครโวลต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ( $p = 1.00$ ) ส่วนเส้นรอบวงต้นแขนของกลุ่มทดลองมีขนาดเฉลี่ยใหญ่ขึ้น 0.09 ซม. และกลุ่มควบคุมใหญ่ขึ้น 0.34 ซม. ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p = 0.19$ ) ดังตารางที่ 3

สำหรับลักษณะคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่บ่งชี้ภาวะการขาดเส้นประสาทเลี้ยงนั้นลดลงจากระดับมากที่สุด (ระดับ 4) ที่เวลา 2.5 เดือน เหลืออยู่ระดับมากที่สุด (ระดับ 3) ที่เวลา 9 เดือนทุกรายทั้งสองกลุ่มดังตารางที่ 4

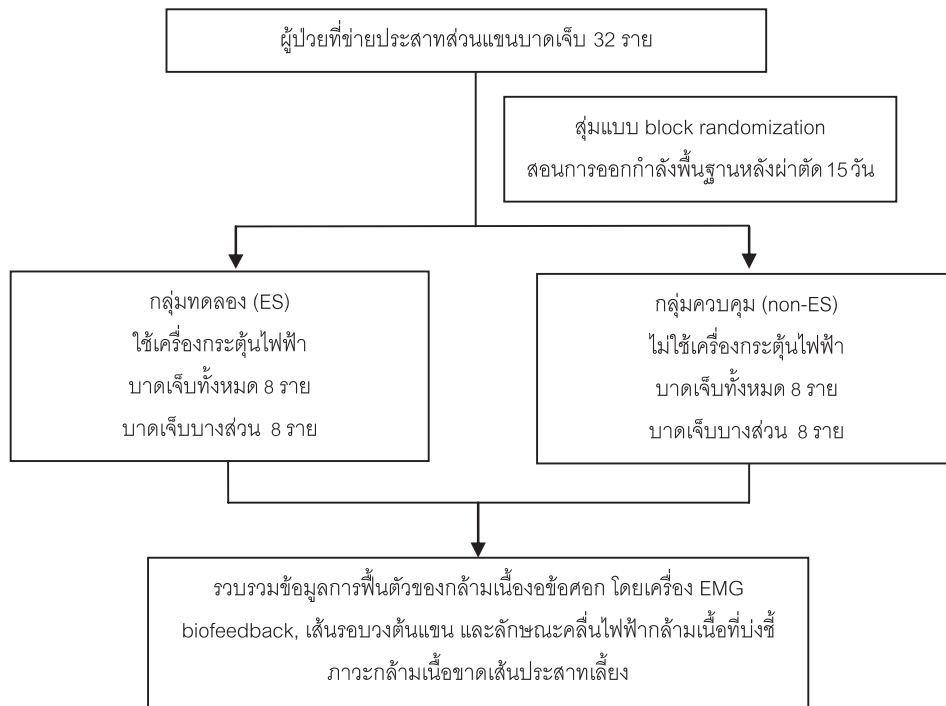
ผลการติดตามทางโทรศัพท์นั้นพบว่าผู้ป่วยในกลุ่มทดลอง (ES) มีการปฏิบัติตามที่กำหนด 15 ราย คิดเป็นร้อยละ 93.75 และไม่ปฏิบัติตามที่กำหนด 1 ราย สาเหตุเนื่องจากเดินทางไปต่างจังหวัดเป็นเวลา 1 สัปดาห์และไม่ได้นำเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าไปด้วย ส่วนกลุ่มควบคุมปฏิบัติตามที่กำหนดทุกราย

#### บทวิจารณ์

ผลการศึกษาพบว่าที่ระยะเวลา 9 เดือนหลังการผ่าตัดมีการเปลี่ยนแปลงกำลังของกล้ามเนื้อของข้อศอกที่ดีขึ้นเล็กน้อยทั้งในกลุ่มที่กระตุ้นด้วยไฟฟ้าร่วมกับการทำกายบริหารและกลุ่มที่ทำกายบริหารเพียงอย่างเดียว โดยค่าเปลี่ยนแปลงที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทั้งสอง แสดงว่าการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าไม่ได้ช่วยให้มีการงอกของเส้นประสาทหลังการผ่าตัดที่จะส่งผลให้กำลังการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อดีขึ้นตามมา

การศึกษานี้ให้ผลที่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Green (ค.ศ. 1990)<sup>(9)</sup> ที่พบว่าการฝังตัวกระตุ้นไฟฟ้าในกลุ่มสุนัขที่ได้รับการผ่าตัดย้ายเส้นประสาท sternothyroid ซึ่งเป็นแขนงของเส้นประสาท ansa cervicalis ไปยังเส้นประสาท recurrent laryngeal ในกลุ่มสุนัขที่มีภาวะอัมพาตของเส้นเสียงหนึ่งข้าง พบว่ากลุ่มที่มีการฝังตัวกระตุ้นไฟฟ้าร่วมด้วยมีประสิทธิภาพของเสียงและการฟื้นกลับของมวลกล้ามเนื้อกล่องเสียงดีกว่าในกลุ่มที่ไม่มีการฝังตัวกระตุ้นไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญที่ 6 เดือน โดยการศึกษาที่ใช้ Harvard electrode model S2LH ความถี่ 70-80 Hz กระแสไฟฟ้า 0.5-2 มิลลิแอมป์ ความยาวช่วงคลื่น 1.5 มิลลิวินาที

ส่วนการศึกษาของ Krieger (ค.ศ. 2000)<sup>(10)</sup> ซึ่งศึกษาการ



รูปที่ 1 แผนผังการทำวิจัย

ปัจจัย	กลุ่ม ES (n=16)	กลุ่ม non-ES (n=16)
เพศ (ชาย:หญิง)	14:2	16:0
อายุเฉลี่ย, ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	28.44 (12.24)	25.75 (8.57)
เวลาเฉลี่ยที่มาพบแพทย์, เดือน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	3.62 (3.20)	2.91 (1.73)
เวลาเฉลี่ยก่อนผ่าตัด, เดือน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	6.50 (3.02)	6.00 (2.45)

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มทดลอง (ES) และกลุ่มควบคุม (non-ES)

กลุ่ม	กำลังกล้ามเนื้อเฉลี่ย (ไม่โครโวลท์) (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)		Mean difference (SEM)	P-value	เส้นรอบวงเฉลี่ย (เซนติเมตร) (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)		Mean difference (SEM)	P-value
	2.5 เดือน	9 เดือน			2.5 เดือน	9 เดือน		
	ES	0 (0)			31.75 (33.64)	31.75 (8.41)		
Non-ES	0 (0)	31.75 (34.02)	31.75 (8.50)	0.002	21.50 (2.32)	21.84 (2.25)	0.34 (0.13)	0.016*

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบกำลังกล้ามเนื้อข้อศอกและเส้นรอบวงต้นแขนที่ 2.5 และ 9 เดือนหลังผ่าตัด ภายในกลุ่มทดลอง (ES) และกลุ่มควบคุม (non-ES)

ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงระหว่างเดือนที่ 2.5 และ 9	ES (n=16)	Non-ES (n=16)	Mean difference (SEM)	P-value
การฟื้นตัวเฉลี่ย (ไม่โครโวลท์) (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	31.75 (33.64)	31.75 (34.01)	0 (11.96)	1.00
เส้นรอบวงเฉลี่ย (เซนติเมตร) (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	0.09 (0.55)	0.34 (0.51)	0.25 (0.19)	0.19

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง (ES) และกลุ่มควบคุม (non-ES) ที่ช่วงเวลา 2.5 และ 9 เดือน

กลุ่ม	ระดับการขาดเส้นประสาทไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ	
	2.5 เดือน	9 เดือน
ES	4	3
Non-ES	4	3

**ตารางที่ 4** แสดงผลการเปรียบเทียบระดับการขาดเส้นประสาทไปเลี้ยงกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มทดลอง (ES) และกลุ่มควบคุม (non-ES) ที่ช่วงเวลา 2.5 และ 9 เดือน

ผ่าตัดย้ายเส้นประสาทระหว่างซี่โครง (intercostal) ไปยังเส้นประสาทพรีนิก (phrenic) ที่เลี้ยงกะบังลม ในกลุ่มที่กระดูกคอระดับ C3-C5 ได้รับความเจ็บและมีปัญหาการหายใจบกพร่อง โดยฝังตัวกระตุ้นไฟฟ้าร่วมกับด้วยนั้น พบว่าการทำงานของกะบังลมดีขึ้นทุกรายที่ระยะเวลาเฉลี่ย 9 เดือน โดยการศึกษานี้ได้ใช้ตัวกระตุ้นไฟฟ้าของเส้นประสาท phrenic ของ Avery laboratories, นิวยอร์ก ซึ่งองค์การอาหารและยา (FDA) ของประเทศสหรัฐอเมริกาให้การรับรองแล้ว แต่ไม่ได้บอกชนิดคลื่นไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้น ระยะเวลาและความแรงของกระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้น

มีการศึกษาหลากหลายที่น่าสนใจอื่น ๆ อีกดังนี้ การศึกษาของ Al-Majed<sup>(4)</sup> ที่พบว่าการใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นด้วยความถี่ต่ำ ๆ ช่วยเร่งการงอกของใยประสาท (axon) หลังเส้นประสาทได้รับบาดเจ็บ ส่วน English<sup>(3)</sup> พบว่าหลังจากฝังตัวกระตุ้นไฟฟ้าในกล้ามเนื้อที่เส้นประสาทที่เลี้ยงถูกตัด มีสาร neuronal neurotrophin ที่กระตุ้นให้เส้นประสาทงอกเพิ่มมากขึ้น

หนึ่ง ผลที่ได้จากการศึกษาดังกล่าว ไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ อาจเนื่องด้วยความแตกต่างกันของลักษณะและความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้น อีกทั้งมีการฝังตัวกระตุ้นไฟฟ้าเข้าไปในร่างกายใกล้กับตำแหน่งที่มีการผ่าตัดย้ายเส้นประสาท ส่วนการศึกษานี้ใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าที่บริเวณผิวหนังบริเวณกล้ามเนื้อข้อศอก

ส่วนการใช้เครื่อง EMG biofeedback เพื่อวัดค่าศักย์ไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่ต้นต้นนั้น อาจมีข้อบกพร่องเช่น อาจบันทึกไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อมัดอื่นที่ยังทำงานได้เช่นกล้ามเนื้อเหยียดข้อศอก (triceps) ด้วย ซึ่งในการศึกษานี้มีผู้ป่วย 16 ราย คิดเป็นร้อยละ 50 ที่กล้ามเนื้อเหยียดข้อศอกยังทำงานได้ และเนื่องด้วยข้อบ่งชี้ของการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทในกลุ่มผู้ป่วยที่มีชายประสาทส่วนแขนบาดเจ็บนั้นมีหลายอย่าง ตั้งแต่ลักษณะการบาดเจ็บ/ขาดของเส้นประสาททั้งห้าเส้น เส้นประสาทพรีนิกและซุรอลที่นำมาปลูกถ่าย ดังนั้น ผลการศึกษาที่ได้จึงอาจไม่ได้ผลดังที่คาดหวังไว้

เป็นที่น่าสังเกตว่า เส้นรอบวงกล้ามเนื้อข้อศอกที่ใหญ่ขึ้นโดยกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่กระตุ้นด้วยไฟฟ้า แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญระหว่างสองกลุ่มนั้น การวัดแบบนี้อาจไม่เหมาะสม เพราะการวัดเส้นรอบวงต้นแขนนั้นวัดทั้งกล้ามเนื้อและเหยียดข้อศอกเข้าไปด้วย และการศึกษาที่มีผู้ป่วย 16 รายที่กล้ามเนื้อเหยียดข้อศอกยังทำงานได้ ส่งผลให้ความยาวเส้นรอบวงที่วัดได้ไม่มีความเที่ยงตรง การวัดขนาดกล้ามเนื้อข้อศอกที่เหมาะสมน่าจะเป็นการใช้การถ่ายภาพทางรังสี MRI มากกว่า<sup>(17,18,19)</sup> ซึ่งไม่ได้ทำในการศึกษานี้

ส่วนการประเมินภาวะการขาดเส้นประสาทไปเลี้ยงกล้ามเนื้อนั้นอาจไม่ไวและละเอียดพอที่จะบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างสองกลุ่ม เพราะผลการประเมินของทั้งสองกลุ่มที่ 2.5 เดือน อยู่ที่ระดับมากที่สุดคือระดับ 4 มีภาวะการขาดเส้นประสาทไปเลี้ยงในทุกตำแหน่งอย่างมากและลดลงเหลือระดับมากที่สุดคือระดับ 3 มีภาวะการขาดเส้นประสาทไปเลี้ยงในทุกตำแหน่งแต่ไม่มากในทุกรายที่ 9 เดือนทั้งสองกลุ่ม

ข้อจำกัดอื่นของการศึกษานี้ นอกเหนือจากที่กล่าวแล้ว ยังมีขนาดตัวอย่างที่น้อยเกินไป และความร่วมมือของผู้ป่วย ในการใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าเองที่บ้านไม่แน่นอน ซึ่งแก้ไขโดยการโทรศัพท์ติดตามทุกวันซึ่งเป็นการแก้ปัญหาที่ที่ไม่สามารถกระทำได้ทุก ราย เนื่องจากผู้ป่วยอยู่ต่างจังหวัดเป็นส่วนใหญ่ รวมถึงปัจจัยทางเทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการผ่าตัดในแต่ละราย ลักษณะการบริหารกล้ามเนื้อของแต่ละคน เหล่านี้เป็นปัจจัยที่อาจจะทำให้ผลการศึกษาได้ผลที่ไม่ค่อยแม่นยำนัก ซึ่งทางผู้วิจัยได้พยายามขจัดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเหล่านี้อย่างเต็มที่ แต่ปฏิเสธไม่ได้ว่า จะยังคงมีปัจจัยเหล่านี้มารบกวนค่าตัวแปรที่ได้อยู่

## สรุป

หลังการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บของชายประสาทส่วนแขน การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าผ่านผิวหนังให้ผลไม่แตกต่างกับการบริหารข้อและกล้ามเนื้อเพียงอย่างเดียว ทั้งด้านการฟื้นตัวและขนาดของกล้ามเนื้อ

## กิตติกรรมประกาศ

กรรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ที่สนับสนุนทุนการวิจัย เลขที่โครงการ 52/2550

## เอกสารอ้างอิง

- English AW, Schwartz G, Meador W, Sabatier MJ, Mulligan A. Electrical stimulation promotes peripheral axon regeneration by enhanced neuronal neurotrophin signaling. *J Neurobiol* 2006;1-14.

2. Lu MC, Tsai CC, Chen SC, Tsai FJ, Yao CH, Chen YS. Use of electrical stimulation at different current levels to promote recovery after peripheral nerve injury in rats. *J Trauma* 2009; 67(5): 1066-72.
3. Pinillaa EA, Udinaa E, Jaramilloa J, Navarro X. Electrical stimulation combined with exercise increase axonal regeneration after peripheral nerve injury. *Exp Neurol* 2009; 219(1): 258-65.
4. Wang WJ, Zhu H, Li F, Wan LD, Li HC, Ding WL. Electrical stimulation promotes motor nerve regeneration selectivity regardless of end organ connection. *J Neurotraum* 2009; 26(4): 641-49.
5. Zanotti E, Felicetti G, Maini M, Fracchia C. Peripheral muscle strength training in bed-bound patients with COPD Receiving mechanical ventilation effect of electrical stimulation. *Chest* 2003; 124(1): 292-6.
6. Cheng WL, Lin CC. The effects of different electrical stimulation protocols on nerve regeneration through silicone conduits. *J Trauma* 2004; 56(6): 1241-1246.
7. Al-Majed AA, Neumann CM, Brushart TM, Gordon T. Brief electrical stimulation promotes the speed and accuracy of motor axonal regeneration. *J Neurosci* 2000; 20: 2602-8.
8. Yambe T, Nitta S, Eicher JC, Wolf JE, Imachi K. Low frequency electrical stimulation increases muscle strength and improves blood supply in patients with chronic heart failure. *Circ J* 2006; 70: 75-82.
9. Green DC, Berke GS, Graves MC. A functional evaluation of ansa cervicalis nerve transfer for unilateral vocal cord paralysis: Future directions for laryngeal reinnervation. *Oto-laryngol head neck surg* 1991; 104: 453-66.
10. Krieger LM, Krieger AJ. The intercostal to phrenic nerve transfer: an effective means of reanimating the diaphragm in patients with high cervical spine injury. *Plast Reconstr Surg* 2000; 105: 1255-61.
11. Damirchi A, Jalali M, Rahmaninia F, Mohebbi H. Comparison of EMG activity of knee extensor muscles in knee extension and leg press. *Journal of Movement Sciences* 2008; 5(1): 7-12.
12. DeMont RG, Lephart SM, Giraldo JL, Swanik B, Fu FH. Muscle preactivity of anterior cruciate ligament deficient and reconstructed females during functional activities. *J Athl Training* 1999; 34(2): 115-120.
13. Ekstrom RA, Donatelli RA, Soderberg GL. Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003; 33(5): 247-58.
14. Chu A J, Johnson RJ. *Electrodiagnosis an anatomical and clinical approach*. Philadelphia: J.B. Lippincott company; 1986.
15. Delagi EF, Perotto A, Iazzetti J, Morrison D. *Anatomic guide for the electromyographer*. Springfield Illinois U.S.A.: Charles c Thomas publisher; 1980.
16. Dumitru D. *Instrumentation*. In: Dumitru D, editors. *Electrodiagnosis Medicine*. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc; 1995: 57-73.
17. Ronald A, Meyer M, Barry M. *Functional magnetic resonance imaging of muscle*. *Exercise and sport sciences reviews* 2000; 28(2): 89-92.
18. Nordez A, Jolivet E, Sudhoff I, Bonneau D, De Guise JA, Skalli W. Comparison of methods to assess quadriceps muscle volume using magnetic resonance imaging. *J Magn Reson Imaging* 2009; 30(5): 1161-23.
19. Zoabli G, Mathieu PA, Aubin CE. Magnetic resonance imaging of the erector spinae muscles in Duchenne muscular dystrophy: implication for scoliotic deformities. *Scoliosis* 2008; 3:1-11.