

การประเมินผลของการผ่าตัดของผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน ในโรงพยาบาลราชบุรี

Assessing the Clinical Outcomes of Brachial Plexus Injury Surgery at Ratchaburi Hospital

อรรถพล ไพรัชเวชภัณฑ์, พ.บ.

Atthapon Phairatwetchaphan, M.D.

Abstract

Background: Brachial plexus injury is the injury of the primary nerves branching from the spinal cord at the neck region (C5-T1). Currently, surgery for this condition takes a considerable amount of time. Therefore, the researcher initiated the nerve surgery at Ratchaburi Hospital.

Objective: To study the preoperative and postoperative outcomes of nerve transfer or nerve repair surgery in patients with brachial plexus injuries and to compare the treatment outcomes among the groups of BPI total arm type, BPI upper arm, and extended upper arm type, and open brachial plexus injury.

Materials and Methods: This retrospective descriptive study included ten patients over 18 years old with brachial plexus injury who underwent neurotization surgery or brachial plexus repair at Ratchaburi Hospital between 2016 and 2023. Data were analyzed using descriptive statistics.

Results: Among the ten patients who underwent surgery for brachial plexus injury, the comparison of postoperative shoulder and elbow range of motion (ROM) at 24 months showed the best ROM in the open brachial plexus injury group. Additionally, when

evaluating muscle strength outcomes between the BPI total arm, BPI upper arm, and Open BPI groups, it was found that over 50% of the patients in all three groups achieved M2 level shoulder and elbow strength at 24 months post-surgery. Furthermore, it was found that the Visual Analog Scale (VAS) pain levels in the Open BPI group decreased the most at 24 months post-surgery—nonetheless, there was a difference in VAS pain levels among the three groups.

Conclusions: Nerve transfer surgery (Neurotization) and brachial plexus repair in patients with brachial plexus injuries who did not experience spontaneous recovery improved pain relief and improved shoulder abduction and elbow flexion within 6-12 months post-surgery. This marks a promising beginning for nerve transfer surgeries at Ratchaburi Hospital.

Keywords: Brachial plexus injury, Operative treatment, Ratchaburi hospital

บทคัดย่อ

ความเป็นมา: ภาวะการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน (Brachial plexus injury) เป็นภาวะที่เกิดจากการบาดเจ็บของเส้นประสาทส่วนต้นที่แตกออกมาจากเส้นประสาทไขสันหลังบริเวณคอ (C5-T1) ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียการทำงานของแขนและมือ ผู้ป่วยที่ไม่มีการฟื้นคืนของร้าวแหประสาทแขนนั้นจำเป็นต้องได้รับการรักษาโดยการผ่าตัดเส้นประสาทเพื่อฟื้นฟูการทำงานของแขนและมือให้กลับมาใกล้เคียงปกติ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลลัพธ์ก่อนและหลังผ่าตัดของการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทหรือการซ่อมแซมเส้นประสาทในผู้ป่วยที่มีภาวะการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน และเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์การรักษาระหว่างกลุ่ม Brachial plexus injuries total arm type (BPI total arm type), Brachial plexus injuries upper arm and Extend upper arm type (BPI upper arm

วันที่รับ (received) 8 กรกฎาคม 2567

วันที่แก้ไขเสร็จ (revised) 13 กันยายน 2567

วันที่ตอบรับ (accepted) 16 กันยายน 2567

Published online ahead of print 5 พฤศจิกายน 2567

กลุ่มงานออร์โธปิดิกส์ โรงพยาบาลราชบุรี จังหวัดราชบุรี

Department of Orthopaedics, Ratchaburi Hospital, Ratchaburi

Corresponding Author: อรรถพล ไพรัชเวชภัณฑ์

กลุ่มงานออร์โธปิดิกส์ โรงพยาบาลราชบุรี จังหวัดราชบุรี

Email: Bankkrub911@gmail.com

doi:

and Extend upper arm type) และ Open Brachial Plexus Injury (Open BPI)

วัสดุและวิธีการ: เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบย้อนหลัง (Retrospective Descriptive study) ศึกษาในผู้ป่วยอายุมากกว่า 18 ปี ที่มีการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน (Brachial plexus injury) และได้รับการรักษาโดยการผ่าตัดย้ายเส้นประสาท (Neurotization) หรือเย็บซ่อมเส้นประสาท (Brachial plexus repair) ในโรงพยาบาลราชบุรี ระหว่างปี พ.ศ. 2559 – 2566 ซึ่งมีทั้งสิ้น 10 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา

ผลการศึกษา: พบว่ามีผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขนที่เข้ารับการผ่าตัด จำนวน 10 ราย เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์การผ่าตัดมุมในการขยับของข้อไหล่และข้อศอก (ROM shoulder and ROM elbow) หลังผ่านไป 24 เดือนพบว่ามุมในการขยับของ Open Brachial Plexus Injury ของข้อไหล่ดีที่สุด และเมื่อประเมินผลลัพธ์การผ่าตัดของการประเมินกำลังของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่ม BPI total arm type, BPI upper arm and Extend upper arm type และ Open Brachial Plexus Injury พบว่า ในส่วน Shoulder และ Elbow หลังผ่าตัดเมื่อติดตามไปในระยะเวลา 24 เดือน พบว่าทั้ง 3 กลุ่ม มีการเปลี่ยนแปลงไปสู่ระดับ M2 มากกว่าร้อยละ 50 นอกจากนี้ยังพบว่าระดับความเจ็บปวด (VAS) ของ Open Brachial Plexus Injury จะมีการลดลงมากที่สุดหลังผ่าตัดเมื่อติดตามไปในระยะเวลา 24 เดือน

สรุปผล: การผ่าตัดย้ายเส้นประสาท (Neurotization) และการเย็บซ่อมเส้นประสาท (Brachial plexus repair) ในผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขนและไม่ฟื้นคืน ทำให้ผู้ป่วยมีอาการปวดที่ดีขึ้น มีโอกาสที่ ความสามารถในการยกไหล่ (Shoulder abduction) และการงอข้อศอก (Elbow flexion) ที่ดีขึ้นเมื่อเวลา ผ่านไป 6-12 เดือน

คำสำคัญ: การบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน, การรักษาแบบผ่าตัด, โรงพยาบาลราชบุรี

บทนำ

ภาวะการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน (Brachial plexus injury (BPI)) คือการบาดเจ็บของเส้นประสาทส่วนต้นที่แตกออกมาจากเส้นประสาทไขสันหลังบริเวณคอ (C5-T1) ทำให้มีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้ออย่างคั่น และไม่มีความรู้สึกถือเป็นภาวะบาดเจ็บที่รุนแรงและส่งผลถึงภาวะทุพพลภาพทั้งทางร่างกายและจิตใจ¹ ซึ่งมักพบการบาดเจ็บชนิดนี้ ในกลุ่มวัยรุ่นและอาจเกิดจากอุบัติเหตุจราจร การถูกทำร้ายร่างกาย และเหตุการณ์บาดเจ็บอื่นๆ² การรักษามีตั้งแต่การกายภาพบำบัด การรักษาด้วยยา ไปจนถึงการผ่าตัด³ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถกลับมาใช้ชีวิตประจำวันได้

อีกครั้ง การศึกษาในอดีตพบว่าระยะเวลาการคอยการผ่าตัดเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลต่อผลลัพธ์ของการผ่าตัด⁴ แต่การผ่าตัดในผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขนนั้นมีความซับซ้อนและใช้เวลานาน มักต้องการ การใช้สหสาขาในการผ่าตัดและการทำกายภาพบำบัดร่วมด้วย ดังนั้น การผ่าตัดย้ายเส้นประสาทจึงมักจะทำในโรงพยาบาลขนาดใหญ่ ระดับตติยภูมิขึ้นไป ทำให้อาจมีปัญหาระยะเวลารอคอยการผ่าตัดที่ใช้เวลานาน ทำให้ผู้ป่วยสูญเสียโอกาสในการฟื้นฟูเส้นประสาท⁴ สำหรับปัจจัยพยากรณ์อื่นๆที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ของการรักษาภาวะการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน เช่น ความรุนแรงของการบาดเจ็บ, ประเภทของการบาดเจ็บ (BPI total arm type, BPI upper arm type, หรือ Open BPI type) ล้วนมีผลต่อการฟื้นฟูเส้นประสาท⁵ การศึกษาที่ผ่านมาได้แสดงผลลัพธ์ที่แตกต่างกันอาทิเช่น ผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บ BPI total arm type มักต้องใช้เวลาดำเนินการฟื้นฟูที่นานกว่าผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บ Upper arm type⁶ การซ่อมแซมเส้นประสาท (Repair nerve) มักจะได้ผลดีกว่าการผ่าตัดย้ายเส้นประสาท (Neurotization)³ เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้เป็นการรายงานผลการรักษา ซึ่งจะเป็น การนำเสนอภาพรวมของการรักษาและเพื่อศึกษาผลลัพธ์ของการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทในผู้ป่วยที่มีภาวะการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน และเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์การรักษา ระหว่างกลุ่ม BPI total arm type, BPI upper arm and Extend upper arm type และ Open Brachial Plexus Injury ด้วยการผ่าตัดในโรงพยาบาลราชบุรี

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลัก

เพื่อศึกษาผลลัพธ์ได้แก่ มุมในการขยับ ของ ข้อไหล่ และ ข้อศอก (ROM shoulder and ROM elbow) การประเมินกำลังของกล้ามเนื้อ (Medical Research Council method) และคะแนนความเจ็บปวด (VAS score) ก่อนการผ่าตัดและหลังผ่าตัดย้ายเส้นประสาทในผู้ป่วยที่มีภาวะการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน โดยเปรียบเทียบการรักษาระหว่างกลุ่ม BPI total arm type, BPI upper arm and Extend upper arm type และ Open Brachial Plexus Injury

วัตถุประสงค์รอง

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการผ่าตัดแต่ละวิธีในการฟื้นฟูการกางไหล่ (ROM shoulder abduction) และการงอข้อศอก (ROM elbow flexion)
2. เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เส้นประสาทเริ่มมีการฟื้นตัวหลังการผ่าตัด

วิธีการศึกษา

รูปแบบการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบย้อนหลัง (Retrospective Descriptive study)

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย เดือนธันวาคม 2566–มีนาคม 2567

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ป่วยอายุมากกว่า 18 ปี ได้รับการวินิจฉัยจากการตรวจร่างกายและตรวจคลื่นกระแสไฟฟ้าเส้นประสาท (EMG) ว่ามีการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน (Brachial plexus injury) และได้รับการรักษาโดยการผ่าตัดย้ายเส้นประสาท (Neurotization) หรือ เย็บซ่อมเส้นประสาท (Brachial plexus repair) ในโรงพยาบาลราชบุรี ระหว่างปี พ.ศ. 2559–2566

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)

- ผู้ป่วยอายุมากกว่า 18 ปี ที่มีการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน (Brachial plexus injury) และได้รับการรักษาโดยการผ่าตัดย้ายเส้นประสาท (Neurotization) หรือ เย็บซ่อมเส้นประสาท (Brachial plexus repair) ในโรงพยาบาลราชบุรี

เกณฑ์การคัดออกผู้เข้าร่วมการวิจัย (Exclusion criteria)

- ผู้ป่วยที่ไม่ได้เข้ารับการรักษอย่างต่อเนื่อง (Loss follow up)
- ผู้ที่ไม่สมัครใจยินยอมเปิดเผยข้อมูลส่วนตัว

การประเมินผลการรักษา

ติดตามและประเมินผู้ป่วยก่อนการผ่าตัด หลังการผ่าตัด 3 เดือน, 6 เดือน, 12 เดือน และ 24 เดือน โดยแพทย์ผู้ทำการผ่าตัด ในเรื่องดังต่อไปนี้

- มุมในการขยับของข้อไหล่ และข้อศอก (ROM shoulder and ROM elbow)

- การประเมินกำลังของกล้ามเนื้อซึ่งแบ่งเป็น 6 ระดับ (0-5)

อิงระบบ Medical Research Council (MRC) method⁷

0= no contraction

1= flicker or trace contraction

2= active movement, with gravity eliminated

3= active movement against gravity

4= active movement against gravity and resistance

5= normal power

- อาการปวดก่อน และหลังการผ่าตัด ประเมินโดยคะแนนประเมินความปวด (VAS Score)⁸

วิธีการเก็บข้อมูล

ใช้แบบบันทึกข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อพยากรณ์โรค (Prognostic factor) ได้แก่ เพศ, อายุ, ค่าดัชนีมวลกาย(BMI), โรคประจำตัว, Associated injury, กลไกการบาดเจ็บ, ชนิดการบาดเจ็บ, ระยะเวลาในการผ่าตัด, ระยะเวลาที่รอคอยการผ่าตัด, Technique ในการผ่าตัดย้ายเส้นประสาท, Nerve Graft และผลข้างเคียงของการผ่าตัด โดยติดตามผู้ป่วยก่อนการผ่าตัด หลังการผ่าตัด 3 เดือน, 6 เดือน, 12 เดือน และ 24 เดือน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ใช้โปรแกรม STATA(StataCorp LLC,Texas, USA) ในการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ กรณีข้อมูลแจกแจงปกติใช้ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กรณีข้อมูลแจกแจงไม่ปกติใช้ ค่ามัธยฐาน (Inter quartile range; IQR)

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอโครงร่างการวิจัยเพื่อรับการพิจารณาคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากโรงพยาบาลราชบุรี สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข เลขที่ COA-RBHEC 014/2024 รับรอง ณ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2567

ผลการศึกษา

จากการศึกษาผู้ป่วยอายุมากกว่า 18 ปี ที่มีการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขน (Brachial plexus injury) และได้รับการรักษาโดยการผ่าตัดย้ายเส้นประสาท (Neurotization) หรือ เย็บซ่อมเส้นประสาท (Brachial plexus repair) ในโรงพยาบาลราชบุรี ระหว่างปี พ.ศ. 2559–2566 มีจำนวนทั้งหมด 10 ราย ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 90.0 มีอายุเฉลี่ย 32.4 ± 14.18 ปี ค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย 25.45 ± 4.58 ไม่มีโรคประจำตัว มีการบาดเจ็บที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Fracture rib 2 ราย (ร้อยละ 20.0), Fracture clavicle 2 ราย (ร้อยละ 20.0), Multiple long bone fracture with traumatic brain injury 1 ราย (ร้อยละ 10.0), Blunt abdomen 1 ราย (ร้อยละ 10.0), Acute subdural and epidural hematoma s/p craniectomy 1 ราย (ร้อยละ 10.0), Subclavian artery injury with thrombosis 1 ราย (ร้อยละ 10.0) และไม่มีบาดเจ็บส่วนอื่นเกี่ยวข้อง 2 ราย (ร้อยละ 20.0) สาเหตุของการบาดเจ็บร้อยละ 80 เกิดจากอุบัติเหตุมอเตอร์ไซด์ และเป็นการบาดเจ็บแบบไม่มีแผลเปิด (ร้อยละ 90) ดังตารางที่ 1

ผลการศึกษาข้อมูลการผ่าตัด พบว่า ชนิดของการบาดเจ็บ BPI total arm type จำนวน 5 ราย (ร้อยละ 50.0) BPI upper arm and Extend upper arm type จำนวน 4 ราย (ร้อยละ 40) และ Open BPI จำนวน 1 ราย (ร้อยละ 10.0) มีระยะเวลาการผ่าตัดเฉลี่ย 5.89 ± 1.66 ชั่วโมง ระยะเวลาที่รอคอยการผ่าตัดเฉลี่ย 7.83 ± 2.91 เดือน สำหรับเทคนิคของการผ่าตัด เป็นการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทเพื่อการยกไหล่ (Restore shoulder abduction) ทั้งหมด 6 ราย (ร้อยละ 60) ได้รับการย้ายเส้นประสาทจาก Spinal accessory nerve to suprascapular nerve (SAN to SSN) จำนวน 6 ราย (ร้อยละ 66.7) ได้รับการผ่าตัด Spinal accessory nerve to suprascapular nerve ที่รวมกับ Somsak Procedure จำนวน 2 ราย (ร้อยละ 33.3)

การผ่าตัดย้ายเส้นประสาทเพื่อการงอข้อศอก (Restore elbow flexion) ทั้งหมด 9 ราย (ร้อยละ 90) ได้รับการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทจาก Phrenic nerve to branch to bicep with sural nerve graft จำนวน 2 ราย (ร้อยละ 22.2) ได้รับการย้ายเส้นประสาทจาก Spinal accessory nerve to branch to bicep with sural nerve graft จำนวน 3 ราย (ร้อยละ 33.3) ได้รับ

การผ่าตัด Oberlin II จำนวน 4 ราย (ร้อยละ 44.5) และเป็นการผ่าตัดเย็บซ่อมเส้นประสาท 1 ราย (ร้อยละ 10) มีการใช้ Nerve Graft (Sural nerve graft) 5 ราย (ร้อยละ 50.0) และผู้ป่วยที่ไม่ได้ใช้ Nerve graft อยู่ที่ 5 ราย (ร้อยละ 50.0) โดยทั้งหมดอยู่ในกลุ่ม BPI upper arm type และ Open BPI injury ดังตารางที่ 1

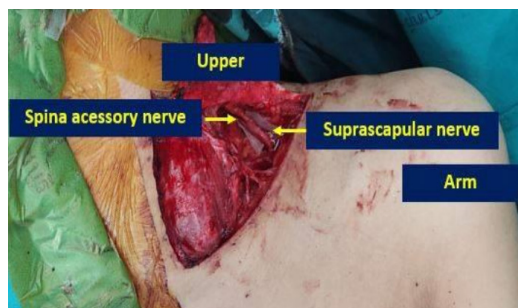
ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปผู้ป่วยที่ได้รับการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขนจำแนกตามชนิดของการบาดเจ็บ

ข้อมูลทั่วไป จำนวน (ร้อยละ)	Group 1 (n=5)	Group 2 (n=4)	Group 3 (n=1)	รวม
เพศ				
ชาย	5 (100.0)	3 (75.0)	1 (100.0)	9 (90.0)
หญิง	0 (0)	1 (25.0)	0 (0)	1 (10.0)
อายุ (mean±SD)	27.4±12.6	32.25±11.4	58.0±0	32.4±14.18
ค่าดัชนีมวลกาย (mean±SD)	27.9±4.1	23.95±3.7	19.1±0	25.45±4.58
โรคประจำตัว	0	0	0	0
Associated injury				
Fracture rib	0 (0)	2 (50.0)	0 (0)	2 (20.0)
Fracture clavicle	1 (20.0)	1 (25.0)	0 (0)	2 (20.0)
Multiple long bone fracture with traumatic brain injury	1 (20.0)	0 (0)	0 (0)	1 (10.0)
Blunt abdomen	1 (20.0)	0 (0)	0 (0)	1 (10.0)
Acute subdural and epidural hematoma s/p craniectomy	1 (20.0)	0 (0)	0 (0)	1 (10.0)
Subclavian artery injury	1 (20.0)	0 (0)	0 (0)	1 (10.0)
None	0 (0)	1 (25.0)	1 (100)	2 (20.0)
Mechanism of injury				
Motorcycle accident	4 (80.0)	4 (100.0)	0 (0)	8 (80.0)
Car accident	1 (20.0)	0 (0)	0 (0)	1 (10.0)
Stap wound	0 (0)	0 (0)	1 (10.0)	1 (10.0)
ประเภทของการบาดเจ็บ				
Closed injury	5 (100.0)	4 (100.0)	0 (0)	9 (90.0)
Open injury	0 (0)	0 (0)	1 (100.0)	1 (10.0)
ความรุนแรงของการบาดเจ็บ จากผลการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย (Exclude Open injury)				
Pre-ganglionic injury	0 (0)	4 (100.0)	-	4 (44.4)
Post-ganglionic injury	5 (100.0)	0 (0)	-	5 (55.6)
ข้อมูลการผ่าตัด				
ระยะเวลาการผ่าตัด (mean±SD)	5.91±1.74	6.59±0.93	3±0	5.89±1.66
ระยะเวลาที่รอคอยการผ่าตัด (เดือน) (mean±SD)	8.27±0.84	9.17±1.68	0.3	7.83±2.91
ชนิดของการผ่าตัด				
ย้ายเส้นประสาทเพื่อการยกไหล่ (Restore shoulder abduction) (N=6)				
Spinal accessory nerve to suprascapular nerve (SAN to SSN)	2 (40.0)	2 (50.0)	0 (0)	4 (66.7)
Spinal accessory nerve to suprascapular nerve combined with Somsak Procedure	0 (0)	2 (50.0)	0 (0)	2 (33.3)

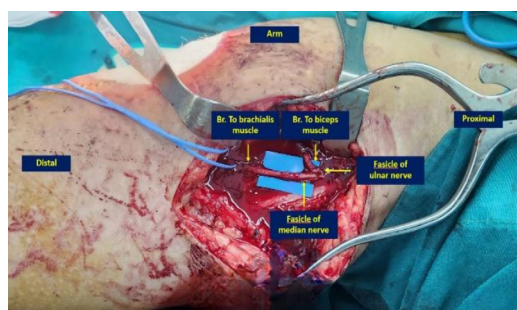
ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปผู้ป่วยที่ได้รับการบาดเจ็บร้าวประสาทแขนจำแนกตามชนิดของการบาดเจ็บ (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป จำนวน (ร้อยละ)	Group 1 (n=5)	Group 2 (n=4)	Group 3 (n=1)	รวม
ย้ายเส้นประสาทเพื่อการงอข้อศอก (Restore elbow flexion) (N=9)				
Phrenic nerve to Branch to bicep with sural nerve graft	2 (40.0)	0 (0)	0 (0)	2 (22.2)
Spinal accessory nerve to Branch to bicep with sural nerve graft	3 (60.0)	0 (0)	0 (0)	3 (33.3)
Oberlin II	0 (0)	4 (100.0)	0 (0)	4 (44.5)
Open repair Brachial Plexus	0 (0)	0 (0)	1 (100.0)	1 (10.0)
Nerve Graft				
Sural nerve graft	5 (100.0)	0	0	5 (50.0)
none	0	4 (100.0)	1 (100.0)	5 (50.0)

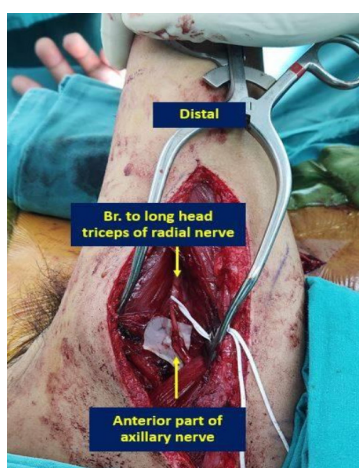
*Group 1 = Brachial Plexus Injury total arm type, Group 2= Brachial Plexus Injury upper arm type, Group 3 = Open Brachial Plexus Injury



ภาพที่ 1 Spinal accessory nerve transfer to suprascapular nerve



ภาพที่ 2 Oberlin II



ภาพที่ 3 Branch to long head triceps of radial nerve transfer to the anterior part of axillary nerve

จากการศึกษาผลลัพธ์การผ่าตัดตมในการขยับของข้อไหล่และข้อศอก (ROM shoulder and ROM elbow) โดยทำการศึกษาระหว่างกลุ่ม BPI total arm, BPI upper arm และ Open BPI วัดผลเมื่อติดตามครบ 24 เดือน พบว่า Shoulder's ROM กลุ่ม BPI total arm ค่ามัธยฐาน 0 (0-15) องศา กลุ่ม BPI upper arm ค่ามัธยฐาน 90 (45-180) องศา และกลุ่ม Open BPI เท่ากับ 170 องศา ดังตารางที่ 2 และ Elbow's ROM ในกลุ่ม BPI total arm ค่ามัธยฐาน 22.5 (0-72.5) องศา กลุ่ม BPI upper arm ค่ามัธยฐาน 120 (110-120) องศา และกลุ่ม Open BPI เท่ากับ 120 องศา เมื่อศึกษาผลลัพธ์ที่ 24 เดือน การผ่าตัด

ตมในการขยับของข้อไหล่และข้อศอก ROM Elbow flexion ระหว่าง 3 กลุ่ม พบว่า Oberlin II ค่ามัธยฐาน 120 (110-120) องศา, Phrenic nerve to musculocutaneous nerve with sural nerve graft เท่ากับ 0 องศา และ Spinal accessory nerve to musculocutaneous nerve with sural nerve graft ค่ามัธยฐาน 72.5 (22.5-110) องศา และ ROM shoulder abduction ระหว่าง 2 กลุ่ม พบว่า Spinal accessory to suprascapular nerve ค่ามัธยฐาน 30 (0-170) องศา และ Spinal accessory to suprascapular nerve combines with Somsak procedure เท่ากับ 90 องศา ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลลัพธ์การผ่าตัดตมในการขยับของข้อไหล่และข้อศอกระหว่างกลุ่มก่อนการผ่าตัดและหลังผ่าตัดที่ 24 เดือน

		Group 1 (n=5)	Group 2 (n=4)	Group 3 (n=1)
Before	Shoulder's ROM	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Follow-up				
3 months	Shoulder's ROM	0 (0)	0 (0-15)	0 (0)
6 months	Shoulder's ROM	0 (0)	45 (22.5-62.5)	0 (0)
12 months	Shoulder's ROM	0 (0-30)	75 (45-95)	90 (90-90)
24 months	Shoulder's ROM	0 (0-15)	90 (45-180)	170 (170-170)
Before	Elbow's ROM	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Follow-up				
3 months	Elbow's ROM	0 (0)	0 (0)	0 (0)
6 months	Elbow's ROM	0 (0)	30 (0-60)	0 (0)
12 months	Elbow's ROM	0 (0-30)	100 (85-110)	90 (90-90)
24 months	Elbow's ROM	22.5 (0-72.5)	120 (110-120)	120 (120-120)

*Group 1 = Brachial Plexus Injury total arm type, Group 2= Brachial Plexus Injury upper arm type, Group 3 = Open Brachial Plexus Injury

** รายงานค่ามัธยฐาน (Inter quartile range; IQR)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ 24 เดือน การผ่าตัดตมในการขยับของข้อไหล่และข้อศอก Respond Range of Motion Elbow flexion ระหว่าง 3 กลุ่ม และ Respond Range of Motion shoulder abduction ระหว่าง 2 กลุ่ม

Group	Median (IQR)
Group 1	
A (n=4)	30 (0-170)
B (n=2)	90 (90-90)
Group 2	
C (n=4)	120 (110-120)
D (n=2)	0 (0-0)
E (n=3)	72.5 (22.5-110)

*A = Spinal accessory to suprascapular nerve, B = Spinal accessory to suprascapular nerve combines with somsak procedure, C= Oberlin II, D= Phrenic nerve to musculocutaneous nerve with sural nerve graft, E = Spinal accessory nerve to musculocutaneous nerve with sural nerve graft

**Group 1 = Range of Motion shoulder abduction, Group2 = Range of Motion Elbow flexion

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์เดือนที่ 3, 6, 12 และ 24 เดือน การผ่าตัดของการประเมินกำลังของกล้ามเนื้อซึ่งแบ่งเป็น 6 ระดับ (0-5) อิงระบบ Medical Research Council

(MRC) method ระหว่างกลุ่ม BPI total arm, BPI upper arm และ Open Brachial พบว่า ในส่วน Shoulder Abduction หลังผ่าตัดทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลลัพธ์เดือนที่ 3, 6, 12 และ 24 เดือน การผ่าตัดของการประเมินกำลังของกล้ามเนื้อซึ่งแบ่งเป็น 6 ระดับ (0-5) อิงระบบ Medical Research Council (MRC) Method

F/U time	ชนิดของ การบาดเจ็บ	Motor Grade จำนวน (ร้อยละ)					
		0	1	2	3	4	5
Shoulder Abduction							
3 months	total arm	5 (100)	0	0	0	0	0
	upper arm	0	3 (75.0)	1 (25.0)	0	0	0
	Open BPI	1(100.0)	0	0	0	0	0
6 months	total arm	3 (60.0)	2 (40.0)	0	0	0	0
	upper arm	0	1 (25.0)	0	3 (75.0)	0	0
	Open BPI	0	0	1(100.0)	0	0	0
12 months	total arm	3 (60.0)	2(40.0)	0	0	0	0
	upper arm	0	0	0	3 (75.0)	1 (25.0)	0
	Open BPI	0	0	0	1(100.0)	0	0
24 months	total arm	3(60.0)	0	2(40.0)	0	0	0
	upper arm	0	0	0	2 (50.0)	1 (25.0)	1 (25.0)
	Open BPI	0	0	0	0	1(100.0)	0
Elbow Flexion							
3 months	total arm	5 (100.0)	0	0	0	0	0
	upper arm	0	3 (75.0)	1 (25.0)	0	0	0
	Open BPI	1 (25.0)	0	0	0	0	0
6 months	total arm	3 (60.0)	2 (40.0)	0	0	0	0
	upper arm	0	1 (25.0)	0	3 (75.0)	0	0
	Open BPI	0	0	1 (100.0)	0	0	0
12 months	total arm	3 (60.0)	0	2 (40.0)	0	0	0
	upper arm	0	0	0	3 (75.0)	1 (25.0)	0
	Open BPI	0	0	0	1 (100.0)	0	0
24 months	total arm	2(40.0)	1 (20.0)	0	1 (20.0)	1 (20.0)	0
	upper arm	0	0	0	0	2 (50.0)	2 (50.0)
	Open BPI	0	0	0	0	0	1(100.0)

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์การผ่าตัดในการประเมินกำลังของกล้ามเนื้อไปสู่ M2 ทั้ง 10 ราย พบว่า ในส่วน Shoulder Abduction กลุ่มที่บาดเจ็บ BPI total arm จำนวน 5 ราย ส่วนใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวน 3 ราย มี

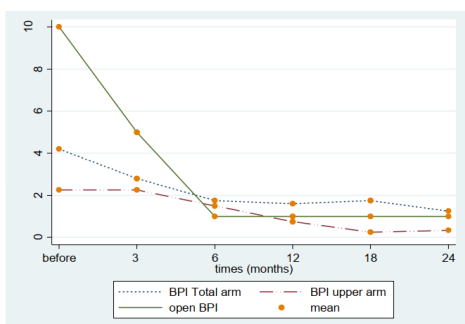
การเปลี่ยนแปลงไปสู่ M2 ในเดือนที่ 12 จำนวน 2 ราย และ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป M3 เลย ในกลุ่ม BPI upper arm จำนวน 4 ราย ส่วนใหญ่เปลี่ยนไปสู่ M2 ในเดือนที่ 6 จำนวน 2 ราย ในเดือนที่ 3 เดือนที่ 12 อย่างละ 1 ราย เปลี่ยนไปสู่ M3

ในเดือนที่ 6 จำนวน 3 ราย และเดือนที่ 12 จำนวน 1 ราย ในกลุ่ม Open BPI จำนวน 1 ราย ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปสู่ M2 ในเดือนที่ 6 และเปลี่ยนไปสู่ M3 ในเดือนที่ 12 ในส่วน Elbow flexion กลุ่มที่บาดเจ็บ BPI total arm จำนวน 5 ราย ส่วนใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง 3 ราย และมีการเปลี่ยนแปลงไปสู่ M2 ในเดือนที่ 12 จำนวน 1 ราย และในเดือนที่ 18 จำนวน 1 ราย เปลี่ยนไป M3 ในเดือนที่ 18 จำนวน 2 ราย ในกลุ่ม BPI upper arm จำนวน 4 ราย ส่วนใหญ่เปลี่ยนไปสู่ M2 ในเดือนที่ 6 จำนวน 3 ราย และเดือนที่ 12 จำนวน 1 ราย เปลี่ยนไปสู่ M3

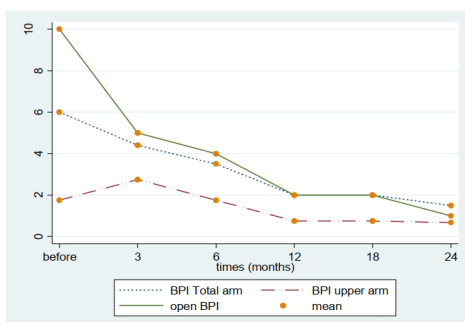
ในเดือนที่ 12 จำนวน 2 ราย และเดือนที่ 6 จำนวน 2 ราย ในกลุ่ม Open BPI จำนวน 1 ราย ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปสู่ M2 ในเดือนที่ 6 และเปลี่ยนไปสู่ M3 ในเดือนที่ 12 ดังตารางที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเจ็บปวดหลังการผ่าตัดที่ 24 เดือน พบว่าประชากรทั้ง 10 ราย กลุ่ม BPI total arm มีคะแนนความเจ็บปวดลดลงถึงร้อยละ 100 กลุ่ม BPI total arm มีคะแนนความเจ็บปวดลดลงร้อยละ 75 และกลุ่ม Open Brachial คะแนนความเจ็บปวดลดลงร้อยละ 100 ดังภาพที่ 4-5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงไปสู่ M2 และ M3 ของผลลัพธ์การผ่าตัดของการประเมินกำลังของกล้ามเนื้อ

คนที่	ชนิดของการบาดเจ็บ	Shoulder Abduction	Shoulder Abduction	Elbow Flexion	Elbow Flexion
		เดือนที่เปลี่ยนแปลงไปสู่ M2	เดือนที่เปลี่ยนแปลงไปสู่ M3	เดือนที่เปลี่ยนแปลงไปสู่ M2	เดือนที่เปลี่ยนแปลงไปสู่ M3
1	BPI total arm	เดือนที่ 12	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	BPI upper arm	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6	เดือนที่ 6	เดือนที่ 12
3	BPI total arm	เดือนที่ 12	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	เดือนที่ 18	เดือนที่ 18
4	BPI upper arm	เดือนที่ 12	เดือนที่ 12	เดือนที่ 12	เดือนที่ 12
5	BPI total arm	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	เดือนที่ 12	เดือนที่ 18
6	BPI upper arm	เดือนที่ 6	เดือนที่ 6	เดือนที่ 6	เดือนที่ 6
7	BPI upper arm	เดือนที่ 6	เดือนที่ 6	เดือนที่ 6	เดือนที่ 6
8	BPI total arm	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
9	BPI total arm	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
10	Open BPI	เดือนที่ 6	เดือนที่ 12	เดือนที่ 6	เดือนที่ 12



ภาพที่ 4 คะแนนความเจ็บปวดตอนกลางวัน



ภาพที่ 5 คะแนนความเจ็บปวดตอนกลางคืน

วิจารณ์

จากการศึกษา พบว่า ผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บร่างแหประสาทแขน ที่ได้รับการผ่าตัดในโรงพยาบาลราชบุรี ส่วนใหญ่ได้รับการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุมอเตอร์ไซด์แบบไม่มีผลเป็นส่วนใหญ่ (Closed traction injury) ซึ่งเป็นลักษณะที่พบได้บ่อยสุด สอดคล้องกับรายงานการบาดเจ็บที่พบเป็นลักษณะร่างแหประสาทแขนบางส่วน (Upper arm type) กับร่างแหประสาททั้งหมด (Total arm type)⁹

การรักษาโดยการผ่าตัดผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บร่างแหเส้นประสาท มักจะกำหนดเป้าหมายการฟื้นคืนความสามารถในการยกไหล่ (Shoulder Abduction) และความสามารถในการงอข้อศอก (Elbow Flexion) เป็นวัตถุประสงค์หลัก โดยใช้การผ่าตัดย้ายเส้นประสาท (Nerve Transfer) เป็นวิธีในการรักษาหลัก ในกลุ่มที่ ร่างแหเส้นประสาทไม่ฟื้นคืน¹⁰⁻¹² ระยะเวลาในการรอคอยการฟื้นคืนของเส้นประสาทนั้น เป็นปัจจัยที่สำคัญที่บอกถึงแนวโน้มผลสำเร็จของการผ่าตัดได้ โดยระยะเวลารอคอยขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการบาดเจ็บของเส้นประสาท สำหรับ

งานวิจัยฉบับนี้ ระยะเวลาการรอคอยในการตรวจคลื่นกระแสไฟฟ้าเส้นประสาท (EMG) เฉลี่ยอยู่ที่ 1.5 เดือน และระยะเวลาการรอคอยการผ่าตัดเฉลี่ยอยู่ที่ 7.83 ± 2.91 เดือน สาเหตุที่มีระยะเวลาการรอคอยนานมากกว่า 6 เดือน ส่วนใหญ่มาจากตารางการผ่าตัดที่มีความหนาแน่นระดับหนึ่ง บางส่วนต้องได้รับการรักษาการบาดเจ็บระบบอื่นที่มีความสำคัญก่อน ซึ่งมีงานวิจัยแสดงผลถึงการรอคอยสำหรับการผ่าตัดที่ยอมรับได้อยู่ที่ 6-9 เดือน¹³

ผลการผ่าตัดโดยรวม การฟื้นคืนของแรงกล้ามเนื้อในการผ่าตัดเส้นประสาท แบ่งเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มแรก เป็นกลุ่มที่ไม่มีการฟื้นคืนของเส้นประสาท (No recovery) พบทั้งหมด 2 ราย ซึ่งพบในผู้ป่วยที่บาดเจ็บร้าวแหประสาทแขนทั้งหมด (BPI total arm type) ซึ่งเป็นการบาดเจ็บที่รุนแรง โดยทั้ง 2 รายมีการบาดเจ็บทางสมองร่วมด้วย (Traumatic brain injury) กลุ่มที่สองมีการฟื้นคืนของเส้นประสาทบางส่วน (Partial recovery) พบทั้งหมด 7 ราย และกลุ่มสุดท้ายมีการฟื้นคืนของเส้นประสาททั้งหมด (Total recovery) พบ 1 ราย ซึ่งเป็นผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทในผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บเส้นประสาท บางส่วน (Upper arm type) สำหรับการผ่าตัดเย็บซ่อมเส้นประสาทในกลุ่มที่มีแผลเปิด (Open Brachial Plexus Injury) เป็นข้อบ่งชี้ในการรีบผ่าตัดเพื่อเย็บซ่อมเส้นประสาท เพื่อได้ผลที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับผลของการผ่าตัดในงานวิจัยฉบับนี้

การผ่าตัดย้ายเส้นประสาทเพื่อฟื้นคืนความสามารถในการยกไหล่ นั้น มีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมคือการย้ายเส้นประสาทสมองเส้นที่ 11 (Spinal accessory nerve) ต่อกับเส้นประสาทเหนือกระดูกสะบัก (Suprascapular nerve) หรือ SAN to SSN¹⁴⁻¹⁵ การศึกษาแบบวิเคราะห้ภูมิมาน (Meta-analysis) ได้ยืนยันถึงผลของการผ่าตัดที่ดี ในการย้าย Spinal accessory nerve transfer to Suprascapular nerve เพื่อฟื้นคืนความสามารถในการยกไหล่¹⁶ ได้มีการศึกษาถึงการย้ายเส้นประสาท Branch of long head triceps transfer to anterior part of Axillary nerve (Somsak procedure) ร่วมกับการย้ายเส้นประสาท Spinal accessory nerve transfer to Suprascapular nerve (SAN to SSN) พบว่า ความสามารถในการยกไหล่ (Shoulder Abduction) ของผู้ป่วยสามารถทำได้ดีขึ้น เมื่อเทียบกับ การย้าย Spinal accessory nerve transfer to Suprascapular nerve (SAN to SSN) เพียงอย่างเดียว ในผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บ ร้าวแหประสาทแขนบางส่วน (BPI C5-C6)¹⁷⁻¹⁸ ซึ่งผลงานวิจัยฉบับนี้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน

สำหรับการผ่าตัดย้ายเส้นประสาทเพื่อฟื้นคืนความสามารถในการงอข้อศอกนั้น (Elbow Flexion) วิธีที่นิยมสำหรับการบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขนบางส่วน (BPI C5-C6) คือการย้ายเส้นประสาท Fascicle of Median nerve ไปยัง Branch

to Brachialis muscle (Fasicle of median nerve to branch to Brachialis) และการย้ายเส้นประสาท Fascicle of ulnar nerve ไปยังเส้นประสาทที่เลี้ยง Branch to Biceps (Fasicle of ulnar nerve to branch to Biceps) ซึ่งเรียกวิธีการผ่าตัดแบบนี้ว่า Oberlin II procedure¹⁹⁻²⁰ สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บร้าวแหประสาททั้งหมด (BPI C5-T1) นั้น ไม่สามารถนำเส้นประสาทจากร่างแหประสาท (Intraplexus donor) มาใช้ได้ เนื่องจากได้รับบาดเจ็บทั้งหมด จึงพิจารณาใช้เส้นประสาทจากนอกร่างแหประสาทมาใช้ (Extraplexus donor) เพื่อมาฟื้นคืนความสามารถในการงอข้อศอก โดยได้เทคนิคการใช้เส้นประสาทสมองเส้นที่ 11 (Spinal accessory nerve) ไปต่อกับเส้นประสาทงอศอก (Musculocutaneous nerve) ซึ่งได้ผลดีเมื่อเทียบกับการใช้เส้นประสาทชายโครง (Intercostal nerve)^{16, 21} อีกเทคนิคหนึ่งที่นิยมใช้คือการใช้ Phrenic nerve ต่อกับเส้นประสาทงอศอก (Musculocutaneous nerve) ซึ่งได้ผลดีในการงอศอก²² จากผลการศึกษาของผู้วิจัยพบว่า มุมของการงอศอก (Elbow Flexion) ของผู้ป่วยฟื้นคืนดีที่สุด ในการผ่าตัดแบบ Oberlin II procedure อาจเป็นผลเนื่องมาจากการผ่าตัดต่อเส้นประสาทโดยตรง ต่างจากการผ่าตัดอีก 2 เทคนิคที่ใช้ Nerve Graft ทำให้ผลการผ่าตัดแบบ Oberlin II procedure มีการฟื้นคืนที่ดีกว่า เมื่อเทียบทั้ง 3 เทคนิคการผ่าตัด

โดยปกติ การฟื้นคืนของเส้นประสาทมีอัตราการฟื้นอยู่ที่วันละ 1 มิลลิเมตร หรือ 1 นิ้วต่อเดือน ทำให้การฟื้นของเส้นกล้ามเนื้ออย่างชัดเจนอาจใช้เวลาถึง 1 ปี¹ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยฉบับนี้ ที่มีการฟื้นของเส้นประสาทอย่างมีนัยสำคัญสำหรับในช่วงเวลา 6-12 เดือน

สำหรับอาการปวดของผู้ป่วย พบว่ามีแนวโน้มที่ดีขึ้นหลังการผ่าตัดทั้งอาการปวด ในเวลากลางวันและ เวลากลางคืน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าในผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดย้ายเส้นประสาท (Neurotization) นั้นอาการปวดดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับอาการปวดก่อนผ่าตัด²³

ข้อจำกัดของงานวิจัยชิ้นนี้คือ จำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมวิจัยมีเป็นจำนวนน้อย จึงอาจทำให้การสรุปผลการผ่าตัดคลาดเคลื่อนได้ แต่ผลการผ่าตัดโดยรวมมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับผลการศึกษาในอดีต ส่วนการประเมินผลการผ่าตัดนั้น ผู้วิจัยประเมินโดยใช้ อาการปวด มุมในการขยับ และกำลังแรงของกล้ามเนื้อ แต่ไม่มีการประเมินคะแนนสมรรถภาพของผู้ป่วย เช่น Short Form 36 (SF-36), Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) ก่อนและหลังผ่าตัด จึงอาจทำให้ประเมินไม่ครอบคลุมทุกส่วน ข้อดีของงานวิจัยฉบับนี้คือ การผ่าตัดทำโดยแพทย์เพียงท่านเดียวในโรงพยาบาลแห่งเดียวทำให้ลดความคลาดเคลื่อนจาก แพทย์ผู้ทำการผ่าตัดและอุปกรณ์ในการผ่าตัดได้

สรุป

การผ่าตัดย้ายเส้นประสาท(Neurotization) และ การเย็บซ่อมเส้นประสาท (Brachial plexus repair) ในผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บร้าวแหประสาทแขนและมือพื้นคั้น ทำให้ผู้ป่วยมีอาการปวดที่ตื้อขึ้น มีโอกาสที่ ความสามารถในการยกไหล่ (Shoulder abduction) และการงอข้อศอก (Elbow flexion) ที่ตื้อขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลา ผ่านไป 6-12 เดือน ถือเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีของการเริ่มผ่าตัดย้ายเส้นประสาทในโรงพยาบาลราชบุรี

เอกสารอ้างอิง

- Noland SS, Bishop AT, Spinner RJ, Shin AY. Adult traumatic brachial plexus injuries. *J Am Acad Orthop Surg.* 2019;27(19):705–16
- Faglioni W, Siqueira MG, Martins RS, Heise CO, Foroni L (2014) The epidemiology of adult traumatic brachial plexus lesions in a large metropolis. *Acta Neurochir* 156:1025–1028
- Limthongthang R, Bachoura A, Songcharoen P, Osterman AL. Adult brachial plexus injury. *Orthopedic Clinics of North America.* 2013;44(4):591–603.
- Martin E, Senders JT, DiRisio AC, Smith TR, Broekman MLD. Timing of surgery in traumatic brachial plexus injury: a systematic review. *J Neurosurg.* 2018 Jun;130(4):1333–1345
- Hsueh YH, Tu YK. Surgical reconstructions for adult brachial plexus injuries. Part I: Treatments for combined C5 and C6 injuries, with or without C7 injuries. *Injury.* 2020 Apr;51(4):787–803. doi: 10.1016/j.injury.2020.02.076. Epub 2020 Feb 17. PMID: 32156416.
- Thatte MR, Babhulkar S, Hiremath A. Brachial plexus injury in adults: Diagnosis and surgical treatment strategies. *Ann Indian Acad Neurol.* 2013 Jan;16(1): 26–33. doi: 10.4103/0972-2327.107686. PMID: 23661959; PMCID: PMC3644778.
- Medical Research Council. Aids to examination of the peripheral nervous system. Memorandum no. 45. London: Her Majesty's Stationary Office; 1976.
- Downie WW, Leatham PA, Rhind VW, Wright V, Branco JA, Anderson JA: Studies with pain rating scales. *Ann Rheum Dis* 1978; 37:378–381.
- Narakas A. The treatment of brachial plexus injuries. *Int Orthop* 1985;9:29–36.
- Garg, R., Merrell, G.A., Hillstrom, H.J., Wolfe, S.W. Comparison of nerve transfers and nerve grafting for traumatic upper plexus palsy: A systematic review and analysis. *J. Bone Jt. Surg. Am.* 2011;93 :819–829.
- O'Grady, K.M., Power, H.A., Olson, J.L., Morhart, M.J., Harrop, A.R., Watt, M.J., Chan, K.M. Comparing the efficacy of triple nerve transfers with nerve graft reconstruction in upper trunk obstetric brachial plexus injury. *Plast. Reconstr. Surg.* 2017;140:747–756.
- Ali, Z.S., Heuer, G.G., Faught, R.W., Kaneriy, S.H., Sheikh, U.A., Syed, I.S., Stein, S.C., Zager, E.L. Upper brachial plexus injury in adults: Comparative effectiveness of different repair techniques. *J. Neurosurg.* 2015;122:195–201.
- Songcharoen P, Mahaisavariya B, Chotigavanich C. Spinal accessory neurotization for restoration of elbow flexion in avulsion injuries of the brachial plexus. *J Hand Surg Am* 1996;21(3):387–90.
- Y. Allieu and P. Cenac, "Neurotization via the spinal accessory nerve in complete paralysis due to multiple avulsion injuries of the brachial plexus," *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 1988; 237:67–74.
- Terzis, J.K., Kostas, I. Suprascapular nerve reconstruction in 118 cases of adult posttraumatic brachial plexus. *Plast. Reconstr. Surg.* 2006;17:613–629.
- Merrell GA, Barrie KA, Katz DL, Wolfe SW: Results of nerve transfer techniques for restoration of shoulder and elbow function in the context of a meta-analysis of the English literature. *J Hand Surg Am* 2001; 26:303–314
- K. Witoonchart, S. Leechavengvongs, C. Uerpaiojkit, P. Thu-vasethakul, and V. Wongnopsuwan. Nerve transfer to deltoid muscle using the nerve to the long head of the triceps—part I: an anatomic feasibility study. *Journal of Hand Surgery A.* 2003;28 (4):628–632.
- S. Leechavengvongs, K. Witoonchart, C. Uerpaiojkit, and P. Thuvasethakul. Nerve transfer to deltoid muscle using the nerve to the long head of the triceps—part II: a report of 7 cases. *Journal of Hand Surgery A.* 2003;28(4):633–638.
- Liverneaux PA, Diaz LC, Beaulieu JY, Durand S, Oberlin C: Preliminary results of double nerve transfer to restore elbow flexion in upper type brachial plexus

- palsies. *Plast Reconstr Surg* 2006;117 : 915-919.
20. Mackinnon SE, Novak CB, Myckatyn TM, Tung TH: Results of reinnervation of the biceps and brachialis muscles with a double fascicular transfer for elbow flexion. *J Hand Surg Am* 2005;30:978-985
21. Waikakul, S., Wongtragul, S., and Vanadurongwan, V. Restoration of elbow flexion in brachial plexus avulsion injury: Comparing spinal accessory nerve transfer with intercostal nerve transfer. *J. Hand Surg* 2001; 26:303.
22. Liu Y, Xu XC, Zou Y, Surong L, Zhang B, Wang Y. Phrenic nerve transfer to the musculocutaneous nerve for the repair of brachial plexus injury: electrophysiological characteristics. *Neural Regeneration Research*. 2015;10(2):328.
23. Terzis, J. K., Vekris, M. D., Soucacos, P. N. Outcomes of brachial plexus reconstruction in 204 patients with devastating paralysis. *Plast. Reconstr. Surg.* 1999;104:1221.