

การผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์เพื่อแก้ไขความผิดปกติของการเคลื่อนไหวจากภาวะสมองพิการ - ตอนที่ 1: การผ่าตัดแบบตัดวงจรการทำงานของระบบประสาท

บรรพต สิทธินามสุวรรณ, พ.บ., M.Sc., ว.ว.ประสาทศัลยศาสตร์*, ***

หลักชัย พลวิจิตร, พ.บ., ว.ว.ประสาทศัลยศาสตร์*, ***

ธีรดา พลอยเพชร, พ.บ., ว.ว.เวชศาสตร์ฟื้นฟู**, ***

*สาขาวิชาประสาทศัลยศาสตร์ ภาควิชาศัลยศาสตร์

**ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู

***กลุ่มสหสาขาวิชาชีพสำหรับการดูแลรักษาผู้ป่วยสมองพิการ

คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

ภาวะสมองพิการเป็นความผิดปกติของระบบประสาทที่พบได้บ่อยในเด็กที่สมองกำลังพัฒนา ผู้ป่วยภาวะสมองพิการควรได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสมโดยสหสาขาวิชาชีพเพื่อที่จะได้ผลการรักษาที่ดี ในรายที่มีความผิดปกติของการเคลื่อนไหวซึ่งคือต้องการรักษาโดยวิธีการนอกเหนือจากการผ่าตัด การผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์เป็นทางเลือกในการรักษาที่สำคัญ การผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์สำหรับภาวะสมองพิการแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลัก ได้แก่ การตัดวงจรการทำงานของระบบประสาท (ablative neurosurgical procedure) และการปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบประสาท (neuromodulation therapy) สำหรับบทความตอนนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการตัดวงจรการทำงานของระบบประสาท

การเลือกตัดรากประสาทรับความรู้สึกของไขสันหลังระดับเอวและกระดูกได้กระเบนเหน็บ (lumbosacral selective dorsal rhizotomy) เป็นการผ่าตัดที่นิยมและมีประสิทธิภาพในการรักษาภาวะสมองพิการแบบ spastic โดยเฉพาะในรายที่มีภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งของขาทั้งสองข้าง (spastic diplegia) การตัดรากประสาทสั่งการของไขสันหลัง (ventral rhizotomy) แทบไม่มีที่ใช้ในปัจจุบันในการรักษาภาวะสมองพิการ การเลือกตัดเส้นประสาทส่วนปลายชนิดสังการ (selective peripheral neurotomy) เหมาะสมสำหรับรักษาผู้ป่วยสมองพิการที่มีภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งเฉพาะที่หรือหลายตำแหน่ง การเลือกตัดเส้นประสาทส่วนปลายชนิดสังการซึ่งควบคุมกล้ามเนื้อลำคอ (selective peripheral denervation) มีข้อบ่งชี้สำหรับโรคดิสโทเนียของลำคอโดยเฉพาะดิสโทเนียของลำคอแบบสปีรชะ

หันข้าง (torticollis) การสร้างรอยโรคบริเวณทางเข้าของรากประสาทรับความรู้สึกของไขสันหลัง (dorsal root entry zone lesioning) ใช้ในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งที่เป็นรุนแรงของแขนทั้งแขนหรือของขาทั้งขาโดยเฉพาะในรายที่มีอาการปวดร่วมด้วย การผ่าตัดเพื่อสร้างรอยโรคในสมอง (brain lesioning) เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของการเคลื่อนไหวทั้งตัวหรือซีกใดซีกหนึ่งของร่างกายซึ่งในปัจจุบันการผ่าตัดวิธีนี้มีที่ใช้น้อยลงเนื่องจากถูกแทนที่ด้วยการผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากกว่าโดยเฉพาะการให้ยา baclofen รูปแบบฉีดเข้าในช่องเยื่อหุ้มไขสันหลัง (intrathecal baclofen therapy) และการกระตุ้นสมองส่วนลึก (deep brain stimulation) นอกจากนี้ในผู้ป่วยสมองพิการจำนวนหนึ่งต้องการการผ่าตัดหลายวิธีร่วมกันเพื่อให้ได้ผลการรักษาที่ดีที่สุด

บทคัดย่อ

Cerebral palsy (CP) is a common neurologic disorder in children who have developing brain. CP patients should be appropriately managed by multidisciplinary approach to achieve good therapeutic outcome. In cases with refractory motor disorders which have not responded to non-operative management, neurosurgical treatment is an essential option. Neurosurgery for CP can be classified into two major categories, including ablative neurosurgical procedure and neuromodulation therapy. In this part of article, the neuroablation will be mentioned alone.

Lumbosacral selective dorsal rhizotomy is a commonly employed and effective surgical method in

เนื้อหาในบทความนี้นำเสนอในงานประชุม 2010 Asian Congress of Neurorehabilitation ในวันที่ 8 ธันวาคม 2553 ณ โรงแรม เดอะชาयน์ริสอร์ท พัทยา จ.ชลบุรี

the treatment of spastic CP, particularly in the individuals with spastic diplegia. Ventral rhizotomy is presently abandoned operation in management of CP. Selective peripheral neurotomy is suitable for treating CP patients who suffer from focal and multifocal spasticity. Selective peripheral denervation is indicated for cervical dystonia, especially torticollic entity. Dorsal root entry zone lesioning is used to eliminate severe entire limb spasticity coinciding with pain. Brain lesioning procedure is appropriate for patients with generalized movement disorders or the abnormalities confined to unilateral side of the body. Currently, utilization of the brain lesioning has been diminished because it is mostly superseded by more effective and safer neurosurgical approaches, especially intrathecal baclofen therapy and deep brain stimulation. In addition, a number of CP patients requires combined multimodal surgery to achieve the best result.

บทนำ

ภาวะสมองพิการเป็นความผิดปกติที่สำคัญและพบได้บ่อยที่สุดในวัยเด็กที่กำลังมีการพัฒนาของสมอง^(1,2) ผู้ป่วยที่มีภาวะดังกล่าวควรได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสมแบบสหสาขาวิชาชีพ จึงจะได้ผลการรักษาที่ดีที่สุด⁽³⁻⁵⁾ การรักษาดังกล่าวได้แก่ การรักษาด้วยยา กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด กายอุปกรณ์เสริม การผ่าตัดทางออร์โธปิดิกส์และประสาทศัลยศาสตร์^(5,6,7) การผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์ยังคงมีบทบาทสำคัญในการรักษาภาวะสมองพิการซึ่งต้องการรักษาโดยวิธีการอื่นนอกเหนือจากการผ่าตัด^(8,9) วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการผ่าตัดคือเพื่อลดภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งส่งผลให้ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของร่างกายดีขึ้น เพิ่มความสะดวกสบายในการดูแลผู้ป่วยและป้องกันความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในระยะยาว⁽¹⁰⁻¹²⁾ การเลือกผู้ป่วยและการผ่าตัดในช่วงอายุที่เหมาะสมจะทำให้ผลการรักษาเป็นที่น่าพอใจยิ่งขึ้น^(8,9,13) การผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์ส่วนใหญ่เน้นการรักษาผู้ป่วยที่มีภาวะสมองพิการแบบ spastic ซึ่งเป็นชนิดที่พบบ่อยที่สุด การผ่าตัดบางชนิดเหมาะสำหรับการรักษาภาวะสมองพิการแบบ dystonic และ athetoid อย่างไรก็ตามไม่มีการผ่าตัดใดที่ได้ผลดีสำหรับภาวะสมองพิการแบบ ataxic⁽¹⁴⁾

การผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์สำหรับภาวะสมองพิการแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบหลัก ได้แก่

1. การตัดวงจรการทำงานของระบบประสาทหรือการสร้าง

รอยโรคในระบบประสาท (ablative neurosurgical procedure หรือ lesioning procedure) มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะระงับการทำงานที่มากผิดปกติของระบบประสาทซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญในการเกิดความผิดปกติของการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยที่มีภาวะสมองพิการโดยเฉพาะอย่างยิ่งภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งและการเคลื่อนไหวผิดปกติแบบดิสโทเนีย การผ่าตัดชนิดนี้สามารถทำได้หลายตำแหน่งในระบบประสาท ได้แก่ สมอง ไขสันหลัง รากประสาท ไขสันหลังและเส้นประสาทส่วนปลาย⁽¹⁵⁻¹⁸⁾ ซึ่งการผ่าตัดในแต่ละตำแหน่งมีข้อบ่งชี้และประโยชน์ต่างกันดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป ข้อดีของการผ่าตัดรูปแบบนี้คือผลของการผ่าตัดจะคงอยู่ตลอด (permanent effect)⁽¹⁵⁾ ไม่ต้องอาศัยการฝังอุปกรณ์หรือการเติมยาทำให้ไม่ต้องรับภาระค่าใช้จ่ายระยะยาวเกี่ยวกับอุปกรณ์หรือยาดังกล่าวซึ่งมีราคาสูง รวมทั้งไม่มีผลแทรกซ้อนซึ่งเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์หรือยา ข้อด้อยคือผลของการผ่าตัดที่คงอยู่ตลอดทำให้ในกรณีที่เกิดผลแทรกซ้อนจากการทำให้เกิดรอยโรคในระบบประสาทแล้วอาจไม่สามารถกลับไปเป็นเหมือนก่อนผ่าตัดได้^(15,19)

2. การปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบประสาท (neuro-modulation) มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับหน้าที่การทำงานของระบบประสาทส่วนกลางให้ดีขึ้นส่งผลให้อาการผิดปกติดีขึ้น⁽¹⁵⁾ การผ่าตัดในรูปแบบนี้ทุกชนิดจำเป็นต้องอาศัยการฝังอุปกรณ์เข้าไปในร่างกายโดยสามารถทำได้ทั้งระดับสมองหรือไขสันหลัง ข้อดีของการผ่าตัดรูปแบบนี้คือผู้ป่วยสามารถมีภาวะกลับไปเหมือนก่อนผ่าตัดได้ (reversible effect) โดยการปิดการทำงานของอุปกรณ์หรือหยุดยา ซึ่งถ้าเกิดผลแทรกซ้อนจากการรักษาแล้วผลแทรกซ้อนดังกล่าวจะอยู่เพียงชั่วคราว ข้อด้อยคือการที่ต้องอาศัยการฝังอุปกรณ์หรือการเติมยาทำให้ต้องรับภาระค่าใช้จ่ายที่สูงในระยะยาว รวมทั้งอาจเกิดผลแทรกซ้อนจากอุปกรณ์หรือยาดังกล่าวได้ เช่น อุปกรณ์ติดเชื้อหรือชำรุด การได้รับยาเกินขนาด เป็นต้น^(19,20)

การแบ่งชนิดของการผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์ในการรักษาภาวะสมองพิการดังแสดงในตารางที่ 1

สำหรับบทความตอนที่ 1 นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการผ่าตัดแบบตัดวงจรการทำงานของระบบประสาทหรือการสร้างรอยโรคในระบบประสาท ส่วนเนื้อหาเกี่ยวกับการผ่าตัดแบบปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบประสาทนั้น ทางคณะผู้นิพนธ์จะได้นำเสนอในบทความตอนที่ 2 ในโอกาสต่อไป

การตัดวงจรการทำงานของระบบประสาทหรือการสร้างรอยโรคในระบบประสาท (Ablative neurosurgical procedure หรือ lesioning procedure)

การผ่าตัดที่ระบบประสาทส่วนปลาย (รากประสาท ไขสันหลัง เส้นประสาทส่วนปลาย)

การตัดวงจรการทำงานหรือการสร้างรอยโรคในระบบประสาท		การปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบประสาท	
ที่ระบบประสาทส่วนปลาย	ที่ระบบประสาทส่วนกลาง	ที่ไขสันหลัง	ที่สมอง
(รากประสาทไขสันหลัง เส้นประสาทส่วนปลาย)	(ไขสันหลัง สมอง)		
1. การเลือกตัดรากประสาทรับความรู้สึกของไขสันหลัง (selective dorsal rhizotomy)	1. การทำให้เกิดรอยโรคบริเวณทางเข้าของรากประสาทรับความรู้สึกของไขสันหลัง (dorsal root entry zone lesioning)	1. การให้ยา baclofen รูปแบบฉีดเข้าในช่องเยื่อหุ้มไขสันหลัง (intrathecal baclofen therapy)	1. การกระตุ้นสมองส่วนลึก (deep brain stimulation)
2. การตัดรากประสาทส่งการของไขสันหลัง (ventral rhizotomy)	2. การทำให้เกิดรอยโรคในสมอง (brain lesioning)	2. การกระตุ้นไขสันหลัง (spinal cord stimulation)	2. การกระตุ้นเปลือกสมองส่วนซีรีเบลลัม (cerebellar cortex stimulation)
3. การเลือกตัดเส้นประสาทส่วนปลายที่ควบคุมกล้ามเนื้อแขนและขา (selective peripheral neurotomy)			
4. การเลือกตัดเส้นประสาทส่วนปลายที่ควบคุมกล้ามเนื้อลำคอ (selective peripheral denervation)			

ตารางที่ 1 การแบ่งชนิดของการผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์สำหรับภาวะสมองพิการ

การเลือกตัดรากประสาทรับความรู้สึกของไขสันหลัง (Selective dorsal rhizotomy)

Selective dorsal rhizotomy (SDR) เป็นการเลือกตัดรากประสาทรับความรู้สึกของไขสันหลัง (sensory หรือ dorsal spinal nerve root) ถือเป็นการผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์ที่นิยมมากที่สุดในการรักษาภาวะสมองพิการแบบ spastic^(11,21-23) กลไกในการลดภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งโดยการผ่าตัด SDR มีดังต่อไปนี้ ในผู้ป่วยสมองพิการแบบ spastic จะมีการทำงานของเซลล์ประสาทสั่งการชนิดอัลฟาของไขสันหลัง (spinal alpha motor neuron) มากผิดปกติ การผ่าตัด SDR จะลดจำนวนเส้นใยประสาทรับความรู้สึกชนิด Ia (Ia sensory fiber) จากกล้ามเนื้อที่หดเกร็งเข้าสู่ไขสันหลังโดยผ่านทางรากประสาทรับความรู้สึกของไขสันหลัง การลดลงของเส้นใยประสาทชนิดดังกล่าวจะมีผลให้เซลล์ประสาทของไขสันหลังชนิดหนึ่งซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ประสาทสั่งการชนิดอัลฟา (spinal interneuron) ทำงานมากขึ้น มีผลยับยั้งการทำงานที่มากเกินไปของเซลล์ประสาทสั่งการชนิดอัลฟาจึงทำให้ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งลดลง^(9,11,12)

การผ่าตัด SDR สำหรับภาวะสมองพิการแบบ spastic นิยมทำที่รากประสาทไขสันหลังระดับเอวและกระดูกใต้กระเบนเหน็บ (lumbosacral spinal nerve root) สามารถทำได้ที่รากประสาทไขสันหลังระดับคอ (cervical spinal nerve root) แต่มีที่ใช้น้อยกว่ามาก lumbosacral SDR มีข้อบ่งชี้ในผู้ป่วยที่มีภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งของขาทั้งสองข้าง (spastic diplegia)^(9,13,14,24,25) วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการผ่าตัดคือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการเดินของผู้ป่วย^(8,26) ดังนั้นจึงควรพิจารณาการผ่าตัดวิธีนี้ในผู้ป่วยที่มีแนวโน้มที่จะ

เดินหรือสามารถเดินได้แต่เดินได้ไม่ดีอันเป็นผลมาจากภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งดังกล่าวเป็นหลัก ผู้ป่วยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผ่าตัด SDR คือ ผู้ป่วยสมองพิการที่มีภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งของขาทั้งสองข้างซึ่งมีสาเหตุหลักจากภาวะคลอดก่อนกำหนด อายุ 3-8 ปี สามารถควบคุมกล้ามเนื้อขาและกล้ามเนื้อลำตัวได้ดี กำลังของกล้ามเนื้อขาดี ระดับสติปัญญาปกติ ความมั่นคงในการทรงตัวดี มีแรงจูงใจในการรับการรักษา และร่วมมือในการรักษาระยะยาวได้เป็นอย่างดี^(8,9,12,16,27-30) นอกจากนี้อาจพิจารณาการผ่าตัด SDR ในการรักษาผู้ป่วยสมองพิการที่มีภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งของทุกรยางค์ (spastic quadriplegia) โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อเพิ่มความสะดวกในการดูแลผู้ป่วยและป้องกันภาวะแทรกซ้อนระยะยาวเกี่ยวกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ⁽¹⁶⁾ และแม้ว่าอายุที่เหมาะสมสำหรับการผ่าตัดจะค่อนข้างน้อยแต่ก็สามารถพิจารณาทำในผู้ป่วยสมองพิการซึ่งเป็นวัยรุ่นและผู้ใหญ่ได้^(8,9,12-14,29)

โดยทั่วไปการผ่าตัด lumbosacral SDR จะเลือกตัดรากประสาทรับความรู้สึกของไขสันหลังตั้งแต่ระดับ L1 ถึง S1 ซึ่งคณะผู้นิพนธ์นิยมผ่าตัดผ่านทางกระดูกสันหลังเพียง 1-2 ระดับ^(9,12,24,25,29,31-33) โดยอาศัยการกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าในขณะที่ผ่าตัด (intraoperative electrical nerve stimulation) และการบันทึกไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะที่ผ่าตัด (intraoperative electromyography หรือ EMG) ช่วยบอกระดับของรากประสาทที่พบแต่ละเส้น ขั้นตอนที่สำคัญอย่างมากคือการตรวจเลือกรากประสาทรับความรู้สึกสำหรับการเลือกตัด การตรวจเลือกรากดังกล่าวอาศัยการกระตุ้นรากประสาทรับความรู้สึกด้วยไฟฟ้าและดูการตอบสนองทางไฟฟ้าที่แสดง

โดยอุปกรณ์บันทึกไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะที่ผ่าตัด โดยตรวจสอบ รากประสาทที่รับรู้ความรู้สึกของไขสันหลังทุกเส้นตั้งแต่ L1 ถึง S1 รากประสาทที่พบว่ามีการตอบสนองทางไฟฟ้ากล้ามเนื้อผิดปกติ (abnormal EMG response) จะได้รับการเลือกตัด ในการตัดรากประสาทที่รับรู้ความรู้สึกของไขสันหลังแต่ละระดับจะไม่ตัดทั้งหมด แต่จะตัดเพียงร้อยละ 50 ของขนาดรากประสาท เส้นนั้นในทางตรงกันข้ามจะเก็บรักษารากประสาทที่ไม่พบการตอบสนองที่ผิดปกติไว้ การตอบสนองทางไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ผิดปกติได้แก่ พบการกระจายของการตอบสนองทางไฟฟ้ากล้ามเนื้อไปยังช่องสัญญาณที่บันทึกการตอบสนองของขาข้างตรงข้ามหรือพบการกระจายของการตอบสนองทางไฟฟ้ากล้ามเนื้อไปยังช่องสัญญาณที่บันทึกการตอบสนองของกล้ามเนื้ออกอื่นซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุมของรากประสาทที่กำลังถูกกระตุ้นด้วยไฟฟ้า^(8,9,11,12,16,24,25,27,28,30,32-40)

การผ่าตัด SDR ให้ผลการรักษาที่ดีสำหรับผู้ป่วยสมองพิการ สามารถลดภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง เพิ่มศักยภาพในการเดิน ทำให้การทรงตัวขณะนั่งและยืนดีขึ้น เพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อต่อ มีบางรายงานว่าการผ่าตัดสามารถลดการเกิดผลแทรกซ้อนเกี่ยวกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อและลดความจำเป็นในการผ่าตัดทางออร์โธปิดิกส์ลงได้^(25,41-45, 47-64) นอกจากนี้ในผู้ป่วยสมองพิการบางรายอาจมีการทำงานของแขนและมือที่ดีขึ้นหรืออาจมีระดับสติปัญญาที่ดีขึ้นได้หลังการผ่าตัด lumbosacral SDR ซึ่งเชื่อว่าเป็นผลดีที่เกิดขึ้นในระดับที่อยู่สูงกว่าระดับของรากประสาทไขสันหลังที่ได้รับการผ่าตัด (suprasegmental effect)^(8,13,14,65,66) ภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาทของการผ่าตัด SDR พบได้น้อย ส่วนใหญ่เป็นอยู่เพียงชั่วคราวและสามารถกลับคืนเป็นปกติได้ในเวลาไม่นานซึ่งได้แก่ อาการอ่อนแรง อาการชา ความผิดปกติเกี่ยวกับการขับถ่าย ปัสสาวะ ภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ ที่สำคัญ เช่น น้ำสมองไขสันหลังรั่ว ภาวะเยื่อหุ้มสมองอักเสบจากการติดเชื้อแบคทีเรีย อาการปวดหลัง การเกิดภาวะกระดูกสันหลังผิดรูป (spinal deformity) ในระยะยาว เป็นต้น^(8,9,14,16,25,27,33,67,68)

การตัดรากประสาทสังการของไขสันหลัง (Ventral rhizotomy)

Ventral rhizotomy เป็นการเลือกตัดรากประสาทสังการของไขสันหลัง (motor หรือ ventral spinal nerve root) เริ่มแรกมีการใช้การผ่าตัดวิธีนี้ในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งรุนแรงที่ขาทั้งสองข้าง (severe spastic diplegia) ในผู้ป่วยไขสันหลังบาดเจ็บและผู้ป่วยโรค multiple sclerosis⁽⁶⁹⁻⁷¹⁾ การตัดรากประสาทสังการของไขสันหลังมีผลให้กล้ามเนื้ออกที่ถูกควบคุมโดยรากประสาทที่ถูกตัดนั้นอ่อนแรงและตามมาด้วยกล้ามเนื้อฝ่อลีบ^(8,72) มีรายงานจำนวนน้อยมากที่ใช้การผ่าตัดวิธีนี้ในการรักษาผู้ป่วยสมองพิการ มีการนำการผ่าตัด ventral rhizotomy มาใช้ควบคู่กับการผ่าตัด SDR ในการ

รักษาผู้ป่วยสมองพิการแบบผสม spastic และ dystonic ในรายที่ไม่เหมาะสมในการรักษาโดยการให้ยา baclofen รูปแบบฉีดเข้าในช่องเยื่อหุ้มไขสันหลัง⁽⁷³⁾ ในปัจจุบันแทบไม่มีการผ่าตัดชนิดนี้สำหรับรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งที่เกิดจากภาวะสมองพิการหรือจากสาเหตุอื่นเนื่องจากผลแทรกซ้อนที่สำคัญเรื่องกล้ามเนื้อหลายมัดอ่อนแรงและฝ่อลีบ รวมทั้งมีการพัฒนาวิธีการผ่าตัดรักษาที่ดีขึ้นมาใช้แทน ventral rhizotomy⁽⁷²⁾

การเลือกตัดเส้นประสาทส่วนปลายที่ควบคุมกล้ามเนื้อแขนและขา (Selective peripheral neurotomy)

Selective peripheral neurotomy (SPN) เป็นการเลือกตัดเส้นประสาทส่วนปลายชนิดสังการ (peripheral motor nerve) ที่ไปควบคุมกล้ามเนื้อแขนขาเฉพาะมัดที่เกิดภาวะหดเกร็งขึ้น^(9,14,16) ข้อบ่งชี้ที่สำคัญของการผ่าตัดวิธีนี้คือภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งเฉพาะที่ (focal spasticity) ที่ต้องต่อการรักษาด้วยวิธีการอื่นหรือไม่สามารถรักษาด้วยการฉีด botulinum toxin ในระยะยาวได้^(8,10,11,74,75) นอกจากนี้ยังอาจพิจารณาการผ่าตัด SPN ในผู้ป่วยที่มีภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งหลายตำแหน่ง (multifocal spasticity) หรือแม้กระทั่งใน дистอเนียเฉพาะที่ (focal dystonia)

การทดสอบเพื่อแยกภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งออกจากภาวะเส้นเอ็นหดรั้งเป็นสิ่งสำคัญที่ควรทำก่อนพิจารณาผ่าตัด เนื่องจากการผ่าตัด SPN จะได้ผลดีที่สุด ในรายที่มีเฉพาะภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งโดยที่ไม่มีภาวะเส้นเอ็นหดรั้ง ในทางตรงกันข้ามการผ่าตัดจะไม่ได้ผลในรายที่มีเฉพาะภาวะเส้นเอ็นหดรั้งโดยที่ไม่มีภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง การทดสอบเพื่อแยกทั้งสองภาวะออกจากกันมี 2 วิธี ได้แก่ การฉีดยาชาเฉพาะที่เพื่อระงับการทำงานของเส้นประสาทชั่วคราว (local anesthetic nerve block) และการดมยาสลบช่วงสั้น ๆ (brief anesthesia) ในทางปฏิบัติคณะผู้นิพนธ์พบว่า การทดสอบโดยวิธีแรกจะมีประโยชน์มากกว่าซึ่งประโยชน์เหล่านั้น ได้แก่ การฉีดยาชาเฉพาะที่เพื่อระงับการทำงานของเส้นประสาทชั่วคราวเป็นการประเมินผลของการผ่าตัด SPN ที่เกิดขึ้นหลังผ่าตัด SPN ผู้ป่วยซึ่งตอบสนองดีต่อการทดสอบจะมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (range of motion) ดีขึ้นชัดเจนหรือกลับมาอยู่ในเกณฑ์ปกติซึ่งบ่งชี้ว่าผู้ป่วยรายนั้นมีเฉพาะภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง ในขณะที่ผู้ป่วยซึ่งไม่ตอบสนองหรือตอบสนองไม่ดีต่อการฉีดยาชาเฉพาะที่จะมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อต่อไม่ดีขึ้นเลยหรือไม่ดีขึ้นเท่าที่ควรซึ่งบ่งชี้ว่าผู้ป่วยรายนั้นมีเฉพาะภาวะเส้นเอ็นหดรั้งหรือมีทั้งสองภาวะร่วมกันตามลำดับ สามารถพยากรณ์ได้ว่าผู้ป่วยซึ่งตอบสนองดีต่อการทดสอบก่อนผ่าตัดด้วยวิธีการฉีดยาชาเฉพาะที่จะมีผลการรักษาที่ดีหลังการผ่าตัด⁽⁷⁶⁾ นอกจากนี้การทดสอบวิธีนี้แยกภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งออกจากภาวะเส้นเอ็น

หัดครั้งเพื่อพิจารณาเลือกวิธีการผ่าตัดแล้วยังสามารถใช้ประเมินกำลังของกล้ามเนื้อที่ทำงานตรงกันข้าม (antagonist muscle) กับกล้ามเนื้อซึ่งเส้นประสาทที่มาควบคุมถูกระงับการทำงานชั่วคราว^(13,74,75,77) อนึ่งในผู้ป่วยสมองพิการบางรายซึ่งมีทั้งภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งและภาวะเส้นเอ็นหดรั้งร่วมกัน คณะผู้นิพนธ์จะพิจารณาการผ่าตัดร่วมกันระหว่างการผ่าตัด SPN และการผ่าตัดยืดเส้นเอ็น (tendon lengthening) ดังจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อการผ่าตัดหลายวิธีร่วมกัน (multimodal surgery)

การเลือกตำแหน่งของเส้นประสาทสำหรับการผ่าตัด SPN ขึ้นกับรูปแบบของภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งเป็นหลักดังแสดงในตารางที่ 2^(15,17,74,75,78-83)

ในการเลือกตัดเส้นประสาทคณะผู้นิพนธ์ใช้อุปกรณ์กระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าในขณะที่ผ่าตัดโดยมีวัตถุประสงค์หลายอย่าง ได้แก่ เพื่อค้นหาเส้นประสาทที่อยู่ในบริเวณที่ทำผ่าตัดเพื่อแยกเส้นประสาทรับความรู้สึก (sensory nerve) ออกจากเส้นประสาทสั่งการ (motor nerve) เพื่อระบุว่าเส้นประสาทที่กำลังถูกกระตุ้นอยู่ไปควบคุมกล้ามเนื้อมัดใดโดยสังเกตจากการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะเส้นประสาทถูกกระตุ้นและเพื่อระบุว่าทางเลือกตัดเส้นประสาทนั้นเพียงพอหรือไม่โดยเปรียบเทียบแรงหดตัวของกล้ามเนื้อขณะเส้นประสาทถูกกระตุ้นระหว่างก่อนและหลังการเลือกตัดเส้นประสาท^(8,9,75,77,84) ในการเลือกตัดเส้นประสาทจะเลือกตัดเฉพาะเส้นประสาทสั่งการเท่านั้น ในขณะที่จะเก็บรักษาเส้นประสาทรับความรู้สึกไว้เพื่อป้องกันอาการปวดที่เกิดจากเส้นประสาท (neuropathic pain) โดยจะเลือกตัดแค่เพียงบางส่วนของเส้นประสาทสั่งการ^(75,77,78) นอกจากนี้คณะผู้นิพนธ์ได้นำวิธีการบันทึกไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะที่ผ่าตัดมาใช้ในการประเมินว่าการเลือกตัดเส้นประสาทสั่งการแต่ละเส้นนั้นเพียงพอหรือไม่โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของความสูง (amplitude) ของคลื่นการตอบสนองทางไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ความสูงของคลื่นที่ลดลงร้อยละ 50 ถึง 75 ถือว่าเป็นการเลือกตัดเส้นประสาทในขนาดที่เหมาะสม

หลายรายงานระบุว่าผลการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งในผู้ป่วยสมองพิการโดยวิธีการผ่าตัด SPN เป็นที่น่าพอใจ^(82,85,86-89) โดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีข้อเท้าเกร็งผิดปกติ (spastic equinovarus foot) จะได้ผลดีหลังการผ่าตัด SPN ที่ตำแหน่งของ tibial nerve (selective tibial neurotomy) ผลแทรกซ้อนจากการผ่าตัดพบได้น้อย เช่น การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อซึ่งเกิดจากการตัดเส้นประสาทสั่งการมากเกินไป อาจพบอาการชาหรือปวดที่เกิดจากเส้นประสาทในรายที่มีการบาดเจ็บของเส้นประสาทรับความรู้สึก^(8,16,74,77,78)

การเลือกตัดเส้นประสาทส่วนปลายที่ควบคุมกล้ามเนื้อลำคอ (Selective peripheral denervation)

Selective peripheral denervation (SPD) เป็นการเลือก

ตัดเส้นประสาทส่วนปลายชนิดสั่งการซึ่งควบคุมกล้ามเนื้อลำคอเฉพาะมัดที่เกิดดิสโทเนีย หลักการทั่วไปเหมือนกับการผ่าตัด SPN คือลดการทำงานที่มากเกินไปของกล้ามเนื้อที่มีความผิดปกติ การผ่าตัด SPD มีข้อบ่งชี้ในผู้ป่วยที่มีดิสโทเนียของลำคอ (cervical dystonia) ซึ่งอาจพบความผิดปกติดังกล่าวได้ในผู้ป่วยสมองพิการชนิด dystonic บางราย ผู้ป่วยที่จะได้ผลดีสำหรับการผ่าตัดวิธีนี้ ได้แก่ รายที่ตอบสนองต่อการฉีด botulinum toxin หรือเคยตอบสนองต่อการฉีด botulinum toxin แล้วกลายเป็นการตอบสนองแย่งหรือไม่ตอบสนอง (secondary botulinum toxin non-responder) อาการของดิสโทเนียจำกัดอยู่ที่บริเวณลำคอเป็นหลัก อาการของดิสโทเนียคงที่เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปีและรายที่เป็นดิสโทเนียของลำคอแบบศีรษะหันข้าง (torticollis)⁽⁹⁰⁻⁹⁸⁾ อาจพิจารณาทำผ่าตัดในผู้ป่วยที่ไม่เคยตอบสนองต่อการฉีด botulinum toxin (primary botulinum toxin non-responder) ได้เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามมีดิสโทเนียของลำคอบางรูปแบบซึ่งไม่เหมาะสมต่อการผ่าตัด SPD เนื่องจากได้ผลการรักษาที่ไม่ดี ได้แก่ ดิสโทเนียของลำคอแบบซับซ้อน (complex cervical dystonia) ดิสโทเนียของลำคอแบบเคลื่อนไหว (mobile cervical dystonia) ดิสโทเนียของลำคอแบบศีรษะก้มไปด้านหน้า (anterocollis) และดิสโทเนียของลำคอแบบศีรษะแหงนไปด้านหลังซึ่งเป็นรุนแรง (severe retrocollis)^(92,95,96,98) สำหรับผู้ป่วยที่มีดิสโทเนียของลำคอรูปแบบเหล่านี้คณะผู้นิพนธ์จะพิจารณาการผ่าตัดกระตุ้นสมองส่วนลึก (deep brain stimulation) เป็นการรักษาหลัก^(95,96,98)

การผ่าตัด SPD มีรูปแบบได้หลากหลายโดยขึ้นอยู่กับตำแหน่งของกล้ามเนื้อลำคอที่เกิดดิสโทเนีย ดังนั้นก่อนการผ่าตัดมีความจำเป็นที่จะต้องทราบรูปแบบของดิสโทเนียของลำคอและกล้ามเนื้อที่ผิดปกติเพื่อที่จะได้เลือกตัดเส้นประสาทที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง รูปแบบของดิสโทเนียของลำคอและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องดังแสดงในตารางที่ 3^(15,81,90,91,93,98-100) การผ่าตัด SPD ที่นิยมทำมากที่สุดคือการผ่าตัดแบบ Bertrand (Bertrand procedure) ซึ่งใช้ในการรักษาดิสโทเนียของลำคอแบบศีรษะหันข้าง การผ่าตัดดังกล่าวประกอบด้วยการเลือกตัดแขนงด้านหลังของรากประสาทไขสันหลังส่วนคอระดับที่ 1 ถึง 6 (selective C1 - C6 posterior ramisectomy) ที่ไปควบคุมกล้ามเนื้อลำคอด้านหลัง (posterior cervical muscle) ในข้างเดียวกันกับที่ศีรษะหันไป ร่วมกับการเลือกตัดแขนงของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 11 (accessory nerve) ที่ไปควบคุมกล้ามเนื้อ sternocleidomastoid ข้างตรงข้าม^(18,81,91,101-104) โดยกล้ามเนื้อที่ได้รับการเลือกตัดเส้นประสาทเหล่านี้เป็นกล้ามเนื้อที่ผิดปกติซึ่งพบได้ในดิสโทเนียของลำคอแบบศีรษะหันข้าง หลักการของการค้นหาเส้นประสาท

รูปแบบของภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง	กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง	เส้นประสาทที่ควบคุม	การผ่าตัด
Spastic shoulder adduction	Pectoralis muscle	Pectoral nerve	Pectoral neurotomy
	Teres major	Nerve to teres major	Teres major neurotomy
Spastic shoulder abduction หรือ external rotation	Deltoid	Nerve to deltoid	Selective neurotomy
	Teres minor Infraspinatus	Nerve to teres minor Nerve to infraspinatus	ที่เส้นประสาทเหล่านี้
Spastic elbow flexion	Biceps brachii Brachialis	Musculocutaneous nerve	Musculocutaneous neurotomy
Spastic wrist flexion	Flexor carpi radialis Palmaris longus	Median nerve	Median neurotomy
	Flexor carpi ulnaris	Ulnar nerve	Ulnar neurotomy
Spastic finger flexion	Flexor digitorum superficialis	Median nerve	Median neurotomy
	Flexor digitorum profundus ที่ 1 และ 2	Anterior interosseous nerve	Anterior interosseous neurotomy
	Flexor digitorum profundus ที่ 3 และ 4	Ulnar nerve	Ulnar neurotomy
Spastic thumb in palm	Flexor pollicis longus	Anterior interosseous nerve	Anterior interosseous neurotomy
	Flexor pollicis brevis Opponens pollicis	แขนงย้อนกลับ (recurrent branch) ของ median nerve	Median neurotomy
	Sartorius Rectus femoris	Femoral nerve	Femoral neurotomy
Spastic hip adduction	Adductor longus Adductor brevis Gracilis	แขนงด้านหน้า (anterior branch) ของ obturator nerve	Obturator neurotomy
Spastic knee flexion	Biceps femoris Semimembranosus Semitendinosus	Nerve to hamstring ซึ่งเป็นแขนงของ sciatic nerve	Hamstring neurotomy (sciatic neurotomy)
Spastic knee extension	Quadriceps femoris	Femoral nerve	Femoral neurotomy
Spastic equinovarus foot	Medial gastrocnemius Lateral gastrocnemius Soleus Tibialis posterior	Tibial nerve	Tibial neurotomy
	Flexor digitorum longus Flexor hallucis longus	Tibial nerve	Tibial neurotomy
	Extensor hallucis longus	Deep peroneal nerve	Deep peroneal neurotomy
	Extensor hallucis longus	Deep peroneal nerve	Deep peroneal neurotomy

ตารางที่ 2 รูปแบบของภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง เส้นประสาทที่ควบคุมและการผ่าตัด SPN^(15,17,74,75,78)

และขั้นตอนการเลือกตัดเส้นประสาทเหมือนกันกับของ SPN การผ่าตัด SPD ให้ผลดีในการรักษาผู้ป่วยที่มีติดโหน่ง

ของลำคอ เป็นการผ่าตัดที่ปลอดภัย ภาวะแทรกซ้อนน้อย^(18,100,101,105-114) ภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญของการผ่าตัดแบบ

กล้ามเนื้อที่ผิดปกติ	การผ่าตัด
ดิสโทเนียแบบศีรษะหันข้าง (torticollis)	
กล้ามเนื้อลำคอด้านหลัง (posterior cervical muscle) ข้างเดียวกันกับข้างที่ศีรษะหันไป ได้แก่ splenius capitis, semispinalis capitis, semispinalis cervicis, longissimus และ inferior oblique	การเลือกตัดแขนงด้านหลังของรากประสาทไขสันหลังส่วนคอระดับที่ 1 ถึง 6 (selective C1 - C6 posterior ramisectomy) ที่ไปควบคุมกล้ามเนื้อลำคอด้านหลัง (posterior cervical muscle) ในข้างเดียวกันกับที่ศีรษะหันไปร่วมกับการเลือกตัดแขนงของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 11 (accessory nerve) ที่ไปควบคุมกล้ามเนื้อ sternocleidomastoid ข้างตรงข้าม
ดิสโทเนียแบบศีรษะแหงไปด้านหลัง (retrocollis)	
กล้ามเนื้อลำคอด้านหลังทั้งสองข้าง (bilateral posterior cervical muscle) ได้แก่ splenius capitis, semispinalis capitis, semispinalis cervicis, longissimus, suboccipital rectus และ multifidus	การเลือกตัดแขนงด้านหลังของรากประสาทไขสันหลังส่วนคอระดับที่ 1 ถึง 6 ทั้งสองข้าง โดยเก็บแขนงด้านหลังของรากประสาทไขสันหลังส่วนคอระดับที่ 6 (posterior ramus of the C6 spinal nerve root) ไว้ข้างหนึ่งเพื่อป้องกันกล้ามเนื้อลำคอด้านหลังอ่อนแรงมากเกินไป นอกจากนี้อาจพิจารณาเลือกตัดแขนงของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 11 ที่ไปควบคุมกล้ามเนื้อ trapezius ส่วนบนในรายที่มีดิสโทเนียของกล้ามเนื้อมัดนี้
ดิสโทเนียแบบศีรษะเอียงข้าง (laterocollis)	
กล้ามเนื้อลำคอด้านหลังข้างเดียวกับข้างที่ศีรษะเอียงไป ได้แก่ splenius capitis, semispinalis capitis, longissimus, superior oblique, suboccipital rectus และ multifidus	การเลือกตัดแขนงด้านหลังของรากประสาทไขสันหลังส่วนคอระดับที่ 1 ถึง 6 ร่วมกับการเลือกตัดแขนงประสาทที่ไปควบคุมกล้ามเนื้อ levator scapulae ข้างเดียวกับข้างที่ศีรษะเอียงไป อาจพิจารณาเลือกตัดแขนงของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 11 ที่ไปควบคุมกล้ามเนื้อ sternocleidomastoid หรือ trapezius ส่วนบนข้างเดียวกับข้างที่ศีรษะเอียงไปในรายที่มีดิสโทเนียของกล้ามเนื้อมัดนี้
กล้ามเนื้อ levator scapulae ข้างเดียวกับข้างที่ศีรษะเอียงไป	
ในผู้ป่วยบางรายอาจพบดิสโทเนียของกล้ามเนื้อ trapezius ส่วนบน และ sternocleidomastoid ข้างเดียวกับข้างที่ศีรษะเอียงไป	
ดิสโทเนียแบบศีรษะก้มไปด้านหน้า (anterocollis)	
กล้ามเนื้อลำคอด้านหน้า (anterior cervical muscle) ได้แก่ กล้ามเนื้อกลุ่ม scalene, longus colli และ กล้ามเนื้อกลุ่มที่อยู่ใต้ขากรรไกรล่าง (submandibular muscle)	เป็นรูปแบบที่ไม่เหมาะสมสำหรับการผ่าตัด SPD ควรพิจารณาการผ่าตัดกระตุ้นสมองส่วนลึกเป็นการผ่าตัดรักษาหลัก
กล้ามเนื้อ sternocleidomastoid ทั้งสองข้าง	

ตารางที่ 3 กล้ามเนื้อที่ผิดปกติและการผ่าตัด SPD แบ่งตามรูปแบบของดิสโทเนีย^(15,81,90,91,93,98-100)

Bertrand คืออาการชาบริเวณผิวหนังที่รับรู้ความรู้สึกโดยรากประสาทรับรู้ความรู้สึกของไขสันหลังส่วนคอระดับที่ 2 (C2 dermatome) ซึ่งพบได้บ่อยหลังผ่าตัด^(81,91,92,94,98,102,107) นอกจากนี้ผู้ป่วยบางรายอาจมีอาการปวดที่เกิดจากเส้นประสาทในบริเวณดังกล่าวได้ซึ่งอาการปวดมักจะหายไปในเวลาประมาณ 3 เดือน^(100,108)

การผ่าตัดที่ระบบประสาทส่วนกลาง (ไขสันหลัง สมอง)

การทำให้เกิดรอยโรคบริเวณทางเข้าของรากประสาทรับรู้ความรู้สึกของไขสันหลัง (Dorsal root entry zone lesioning)

Dorsal root entry zone lesioning หรือ DREZotomy เป็นการสร้างรอยโรคบริเวณทางเข้าของรากประสาทรับรู้ความรู้สึกของไขสันหลัง (dorsal root entry zone) ในระดับของไขสันหลัง (spinal cord segment) ที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อแขนขาที่มีภาวะหดเกร็ง การผ่าตัดจะลดการทำงานของวงจรการตอบสนองของไขสันหลัง (spinal reflex arc) และทางเดินของเส้นใยประสาทที่รับรู้ความรู้สึกปวด (nociceptive pathway) ซึ่งอยู่ในบริเวณที่ทำการผ่าตัด ทำให้สามารถรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งที่มีอาการปวดร่วมด้วย (painful spasticity) ได้ดี^(16,77) การผ่าตัดวิธีนี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มหน้าที่การทำงานของระบบสั่งการ (motor function) แต่มุ่งหวังที่จะทำให้ความระคายเคืองต่อการดูแลผู้ป่วยในชีวิตประจำวันดีขึ้นหลังภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งรุนแรงหายไป การผ่าตัด DREZotomy มีที่ใช้ค่อนข้างน้อยสำหรับผู้ป่วยสมองพิการเนื่องจากผู้ป่วยที่เหมาะสมต่อการผ่าตัดมีจำนวนไม่มากนักซึ่งข้อบ่งชี้ที่สำคัญสำหรับการผ่าตัด ได้แก่ ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งซึ่งเกิดในบริเวณใดบริเวณหนึ่งของร่างกาย (regional spasticity) โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งของแขนทั้งแขนหรือของขาทั้งขา (entire limb spasticity) และ/หรือร่วมกับมีอาการปวดที่สัมพันธ์กับภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง^(8,10,24,77) นอกจากนี้จะใช้การผ่าตัด DREZotomy ในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งแล้วคณะผู้นิพนธ์ได้นำการผ่าตัดวิธีนี้มาใช้ในการรักษาอาการปวดรุนแรงซึ่งเกิดจากการบาดเจ็บของขายประสาทส่วนแขน (brachial plexus injury) ที่ติดต่อการรักษาด้วยวิธีอื่น พบว่าได้ผลในการลดอาการปวดที่เกิดจากเส้นประสาทได้ดี

สำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งของแขนจะได้รับการผ่าตัด DREZotomy ที่ไขสันหลังส่วนคอ (cervical spinal cord) ระดับที่ 5 - 8 ร่วมกับที่ไขสันหลังส่วนอกระดับที่ 1 (C5 - T1 spinal cord segment) ซึ่งเป็นระดับที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของแขน ในทำนองเดียวกันสำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งของขาจะได้รับการผ่าตัด DREZotomy ที่ไขสันหลังส่วนเอวระดับที่ 1 - 5 ร่วมกับที่ไขสันหลังส่วนกระดูกใต้กระเบนเหน็บระดับที่ 1 (L1 - S1 spinal cord segment) ซึ่งเป็นระดับที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของขา^(77,115-117) นอกจากนี้ยังอาจใช้การผ่าตัด DREZotomy ของไขสันหลังส่วนกระดูกใต้กระเบนเหน็บที่ 2 - 4 (S2 - S4 spinal cord segment) สำหรับรักษาภาวะการทำงานที่มากผิดปกติของกระเพาะปัสสาวะ (hyperactive urinary bladder) ได้ ในการผ่าตัดคณะผู้นิพนธ์ใช้การกระตุ้นรากประสาทไขสันหลังด้วยไฟฟ้าร่วมกับการบันทึกไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะที่ผ่าตัดช่วยในการหาระดับของไขสันหลังที่ถูกต้องเพื่อสร้างรอยโรคบนไขสันหลังระดับดังกล่าว ข้อควรระวังในการสร้างรอยโรคบริเวณทางเข้าของรากประสาทรับรู้ความรู้สึกของไขสันหลังคือการกำหนดทิศ

ทางของการสร้างรอยโรคให้อยู่ในมุม 45 องศาเสมอ^(16,77,115-117) ทิศทางที่ตั้งฉากกับไขสันหลังมากเกินไปอาจทำให้เกิดอันตรายต่อทางเดินเส้นใยประสาทสั่งการ (corticospinal tract) มีผลให้เกิดการอ่อนแรงครึ่งซีกของร่างกายข้างเดียวกันกับข้างที่ผ่าตัด (ipsilateral hemiparesis) ได้

พบว่า การผ่าตัด DREZotomy มีประสิทธิภาพในการลดภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งประมาณร้อยละ 80 ของผู้ป่วย⁽¹¹⁸⁻¹²²⁾ การผ่าตัดวิธีนี้สามารถลดภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งของแขนส่วนต้น (proximal upper extremity) ดีกว่าบริเวณข้อมือและมือ^(10,115,116,117) ดังนั้นในผู้ป่วยบางรายอาจพิจารณาการผ่าตัด SPN เพิ่มเติมหลังการผ่าตัด DREZotomy เพื่อลดภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งที่ยังหลงเหลืออยู่บริเวณข้อมือและมือ^(10,18,115-117)

การทำให้เกิดรอยโรคในสมอง (Brain lesioning)

Brain lesioning เป็นการทำให้เกิดรอยโรค ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของสมองเพื่อรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งและการเคลื่อนไหวผิดปกติ ข้อบ่งชี้ในการผ่าตัดคือผู้ป่วยที่มีอาการผิดปกติดังกล่าวซีกเดียวของร่างกายหรือทั่วทั้งร่างกาย กรณีที่ความผิดปกติเป็นซีกเดียวของร่างกายจะพิจารณาผ่าตัดที่

สมองเพียงข้างเดียวและกรณีที่ความผิดปกติเป็นทั่วทั้งร่างกายจะพิจารณาผ่าตัดที่สมองทั้งสองข้าง การผ่าตัดวิธีนี้เป็นที่นิยมในอดีตสำหรับการรักษาภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งและการเคลื่อนไหวผิดปกติในผู้ป่วยสมองพิการ⁽¹²³⁻¹³¹⁾ แต่ในปัจจุบันมีที่ใช้น้อยลงมากเนื่องจากมีการพัฒนาการรักษาที่ดีกว่าขึ้นมาแทนที่โดยเฉพาะการให้ยา baclofen รูปแบบฉีดเข้าในช่องเยื่อหุ้มไขสันหลังและการกระตุ้นสมองส่วนลึก อย่างไรก็ตามการผ่าตัดวิธีนี้ยังพอมิที่ใช้ในปัจจุบันในรายที่มีความผิดปกติซีกเดียวของร่างกายซึ่งไม่สามารถรับภาวะค่าอุปกรณ์หรือค้ำยาในการรักษาโดยการให้ยา baclofen รูปแบบฉีดเข้าในช่องเยื่อหุ้มไขสันหลังหรือการกระตุ้นสมองส่วนลึกได้

การทำให้เกิดรอยโรคในสมองนิยมใช้ความร้อนผ่านทางปลายขั้วไฟฟ้าเพื่อสร้างรอยโรคขนาดเล็กในสมอง การผ่าตัดโดยอาศัยวิธีร่วมพิภัก (stereotactic surgery) ทำให้กำหนดตำแหน่งที่จะสร้างรอยโรคได้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้นนำไปสู่ผลการรักษาที่ดีขึ้นและภาวะแทรกซ้อนที่ลดลง รายละเอียดเกี่ยวกับการผ่าตัดในแต่ละตำแหน่งของสมองดังแสดงในตารางที่ 4^(8,16,154,123,126,131-140)

การผ่าตัด	ตำแหน่งของสมอง	ความผิดปกติที่เหมาะสม
Dentatotomy	Dentate nucleus ของ cerebellum ข้างเดียวกันกับร่างกายข้างที่มีความผิดปกติ	ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง
Thalamotomy	Thalamic nucleus ข้างตรงข้ามกับร่างกายข้างที่มีความผิดปกติ	การเคลื่อนไหวผิดปกติแบบ hyperkinesia หรืออาการสั่น (tremor)
Pallidotomy	Globus pallidus internus ข้างตรงข้ามกับร่างกายข้างที่มีความผิดปกติ	การเคลื่อนไหวผิดปกติแบบดิสโทเนีย
Subthalamotomy	Subthalamic nucleus ข้างตรงข้ามกับร่างกายข้างที่มีความผิดปกติ	การเคลื่อนไหวผิดปกติแบบ athetosis

ตารางที่ 4 การสร้างรอยโรคที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของสมอง ตำแหน่งของสมองที่ถูกทำให้เกิดรอยโรคและความผิดปกติที่เหมาะสมสำหรับการผ่าตัดในผู้ป่วยภาวะสมองพิการ^(8,16,154,123,126,131-140)

Multimodal surgery

ในผู้ป่วยสมองพิการบางรายอาจพบความผิดปกติที่จำเป็นต้องได้รับการผ่าตัดหลายวิธีร่วมกัน (multimodal surgery) จึงจะได้ผลการรักษาที่ดีที่สุด เช่น การผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์โดยการตัดวงจรการทำงานของระบบประสาทร่วมกับการผ่าตัดทางออโรโพรียดิกส์ การตัดวงจรการทำงานของระบบประสาทหลายวิธีร่วมกันหรือการตัดวงจรการทำงานของระบบประสาทร่วมกับการรักษาแบบปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบประสาท เป็นต้น ตัวอย่างที่เด่นชัดคือการผ่าตัด SPN ในตำแหน่ง tibial nerve ร่วมกับการผ่าตัดยืดเส้นเอ็นร้อยหวาย (tendo achilles lengthening หรือ TAL) คณะผู้นิพนธ์และกลุ่มสหสาขาวิชาชีพสำหรับการดูแลรักษาผู้ป่วยสมองพิการจะ

พิจารณาการผ่าตัดทั้งสองวิธีนี้ในรายที่มีข้อเท้าเกร็งผิดปกติรุนแรงร่วมกับการหดรั้งของเส้นเอ็นร้อยหวาย⁽¹⁵⁾ หรือในรายที่เคยได้รับการผ่าตัดยืดเส้นเอ็นร้อยหวายแล้วยังมีข้อเท้าเกร็งรุนแรงอยู่ร่วมกับการกลับเป็นซ้ำของภาวะเส้นเอ็นหดรั้ง โดยนิยมผ่าตัดร่วมกันในการดมยาสลบครั้งเดียวกันเพื่อลดความเสี่ยงจากการดมยาสลบ นอกจากนี้คณะผู้นิพนธ์ได้ใช้การตัดวงจรการทำงานของระบบประสาทหลายวิธีร่วมกันในการรักษาผู้ป่วยสมองพิการที่มีความผิดปกติของการเคลื่อนไหวทั้งตัวเนื่องจากผู้ดูแลไม่สามารถแบกรับค่าใช้จ่ายระยะยาวสำหรับอุปกรณ์และยา baclofen รูปแบบฉีดเข้าในช่องเยื่อหุ้มไขสันหลังได้ พบว่าได้ผลการรักษาที่ดี ทำให้การดูแลผู้ป่วยในชีวิตประจำวันสะดวกสบายมากขึ้น⁽¹⁸⁾

บทสรุป

การผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์ยังคงมีบทบาทสำคัญในการรักษาความผิดปกติของการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยสมองพิการที่เป็นรุนแรงและต้องการรักษาโดยวิธีอื่น แม้ว่า การตัดวงจรการทำงานของระบบประสาทจะเป็นวิธีการผ่าตัดที่ทำให้เกิดรอยโรคอย่างถาวรในระบบประสาทแต่การผ่าตัดรูปแบบนี้สามารถลดภาระค่าใช้จ่ายและลดภาวะแทรกซ้อนเกี่ยวกับอุปกรณ์และยาในการรักษาแบบปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบประสาทได้ โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งอุปกรณ์และยาดังกล่าวยังคงมีราคาสูงซึ่งผู้ป่วยส่วนใหญ่ไม่สามารถแบกรับภาระค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้ การเลือกผู้ป่วยและวิธีการผ่าตัดที่เหมาะสมโดยกลุ่มสหสาขาวิชาชีพเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญซึ่งจะนำไปสู่ผลการรักษาที่ดี การนำวิทยาการใหม่ ๆ มาใช้ในการผ่าตัดช่วยให้ผลการรักษาดีขึ้นและลดผลแทรกซ้อนจากการผ่าตัดลงได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้นิพนธ์ขอขอบคุณสมาชิกกลุ่มสหสาขาวิชาชีพสำหรับการดูแลรักษาผู้ป่วยสมองพิการของคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งประกอบด้วย รศ.นพ.จตุพร โชติกวณิชย์ ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์และกายภาพบำบัด อ.พญ.สุรีย์ลักษณ์ สุจริตพงศ์และ อ.พญ.พัฏฐา โจนันท์มาวมงคล สาขากุมารเวชศาสตร์ทั่วไปและพิษวิทยา ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ ผศ.นพ.สุรัชย์ ลิขสิทธิ์วัฒนกุล สาขาประสาทวิทยา ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ ผศ.นพ.วิษณุ กัมมทริพิทย์ อ.พญ.รัชนีรงค์คะสุวรรณ อ.พญ.ณภาพมาศ ตันวิจิตรและ อ.พญ.ธนิษฐา ธนาเกียรติภิญโญ ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู แพทย์ประจำบ้าน เวชศาสตร์ฟื้นฟู ประสาทศัลยศาสตร์ กุมารเวชศาสตร์และศัลย-ศาสตร์ออร์โธปิดิกส์ นักกายภาพบำบัดและนักกายอุปกรณ์ทุกท่านที่ร่วมกันดูแลรักษาผู้ป่วย

เอกสารอ้างอิง

1. Krä geloh-Mann I, Cans C. Cerebral palsy update. Brain Dev 2009; 31: 537-44.
2. Rosenbaum P. Cerebral palsy: what parents and doctors want to know. Brit Med J 2003; 326: 970-4.
3. Krigger KW. Cerebral palsy: an overview. Am Fam Physician 2006; 73: 91-100.
4. Reddihough D. Cerebral palsy in childhood. Aust Fam Physician 2011; 40: 192-6.
5. Jan MM. Cerebral palsy: comprehensive review and update. Ann Saudi Med 2006; 26: 123-32.
6. Sharan D. Recent advances in management of cerebral palsy. Indian J Pediatr 2005; 72: 969-73.
7. Papavasiliou AS. Management of motor problems in cerebral palsy: a critical update for the clinician. Eur J Paediatr Neurol 2009; 13: 387-96.
8. Purohit AK, Dinakar I. Neurosurgical intervention during resistant phase of motor development of cerebral palsied.

Indian J Pediatr 1992; 59: 707-17.

9. Mandigo CE, Anderson RC. Management of childhood spasticity: a neurosurgical perspective. Pediatr Ann 2006; 35: 354-62.
10. Sindou MP, Mertens P. Neurosurgery for spasticity. Stereotact Funct Neurosurg 2000; 74: 217-21.
11. Steinbok P. Neurosurgical management of hypertonia in children. Neurosurg Quarterly 2002; 12: 63-78.
12. Tilton AH. Therapeutic interventions for tone abnormalities in cerebral palsy. NeuroRx 2006; 3: 217-24.
13. Hodgkinson I, Sindou M. Decision-making for treatment for disabling spasticity in children. Oper Tech Neurosurg 2004; 7: 120-3.
14. Albright AL. Neurosurgical options in cerebral palsy. Paediatr Child Health 2008; 18: 414-8.
15. บรรพต สิทธินามสุวรรณ, ศรีณย์ นันทอารี, ปฤถัต อธิเมธินทร. Neurosurgery for spasticity. ใน: ศุภพันธ์ ไส่สันดา. การประชุมวิชาการด้านการฟื้นฟูเนื่องในโอกาสครบรอบ 20 ปี ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: หางหวนสวน จำกัด พื้นที่ พับลิชชิ่ง; 2553 หน้า 113-30.
16. Smyth MD, Peacock WJ. The surgical treatment of spasticity. Muscle Nerve 2000; 23: 153-63.
17. Sitthinamsuan B, Nunta-aree S, Nitising A, Tabtimsuan S. The neurosurgical treatment of spasticity – an overview. Neurol Surg 2010; 1: 44-60.
18. Sitthinamsuan B, Chanvanitkulchai K, Nunta-aree S, Kumthornthip W, Pisanpong A, Ploypetch T. Combined ablative neurosurgical procedures in a patient with mixed spastic and dystonic cerebral palsy. Stereotact Funct Neurosurg 2010; 88: 187-92.
19. Tabtimsuan S, Sitthinamsuan B, Chankaew E. Spasticity: a comprehensive review. Siriraj Med J 2011; 63: 32-7.
20. Yu H, Szatkowski M. Surgical management in spasticity. In: Cartwright CC, Wallace DC, editors. Nursing care of the pediatric neurosurgery patient. Germany: Springer; 2007. p. 254-62.
21. Cahan LD. Surgical treatment of spasticity. Western J Med 1990; 153: 549.
22. Sindou M, Mertens P. Ablative neurosurgical procedures for spasticity. In: Lozano AM, Gildenberg PL, Tasker RR, editors. Textbook of stereotactic and functional neurosurgery. 2nd ed. Electronic publication: Springer; 2009. p. 1935-57.
23. Mertens P. Neurosurgery for spasticity. In: Sindou M, editor. Practical handbook of neurosurgery from leading neurosurgeons. Vol III. Germany: SpringerWien NewYork; 2009. p. 1480-501.
24. Sgouros S. Surgical management of spasticity of cerebral origin in children. Acta Neurochir Suppl 2007; 97: 193-203.
25. Park TS, Johnston JM. Surgical techniques of selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy. Technical note. Neurosurg Focus 2006; 21: E7.
26. Gluliani CA. Dorsal rhizotomy for children with cerebral palsy: support for concepts of motor control. Phys Ther 1991; 71: 248-59.
27. Chambers HG. The surgical treatment of spasticity. Muscle Nerve 1997; 20: 121-8.
28. Vaughan CL, Subramanian N, Busse ME. Selective dorsal rhizotomy as a treatment option for children with spastic cerebral palsy. Gait Posture 1998; 8: 43-59.
29. Aiona MD, Sussman MD. Treatment of spastic diplegia in patients with cerebral palsy: Part II. J Pediatr Orthop B 2004;

- 13: S13-38.
30. Farmer JP, McNeely PD. Surgery in the dorsal roots for children with cerebral palsy. *Oper Tech Neurosurg* 2005; 7: 153-6.
 31. Rosenbloom L. Diagnosis and management of cerebral palsy. *Arch Dis Child* 1995; 72: 350-4.
 32. Steinbok P. Selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy: a review. *Childs Nerv Syst* 2007; 23: 981-90.
 33. Matthews DJ, Balaban B. Management of spasticity in children with cerebral palsy. *Acta Orthop Turc* 2009; 43: 81-6.
 34. Dickman CA, ReKate HL, Shetter AG, Sidell AD. Selective posterior rhizotomy for the treatment of spasticity. *BNI Quarterly* 1988; 4: 20-3.
 35. Staudt LA, Nuwer MR, Peacock WJ. Intraoperative monitoring during selective posterior rhizotomy: technique and patient outcome. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995; 97: 296-309.
 36. Goldstein EM. Spasticity management: an overview. *J Child Neurol* 2001; 16: 16-23.
 37. Steinbok P. Selection of treatment modalities in children with spastic cerebral palsy. *Neurosurg Focus* 2006; 21: E4.
 38. Engsberg JR, Ross SA, Collins DR, Park TS. Predicting functional change from preintervention measures in selective dorsal rhizotomy. *J Neurosurg* 2007; 106: 282-7.
 39. Farmer JP, Sabbagh AJ. Selective dorsal rhizotomies in the treatment of spasticity related to cerebral palsy. *Childs Nerv Syst* 2007; 23: 991-1002.
 40. Turner RP. Neurophysiologic intraoperative monitoring during selective dorsal rhizotomy. *J Clin Neurophysiol* 2009; 26: 82-4.
 41. Fasano VA, Broggi G, Barolat-Romana G, Sguazzi A. Surgical treatment of spasticity in cerebral palsy. *Childs Brain* 1978; 4: 289-305.
 42. Peacock WJ, Staudt LA. Functional outcomes following selective posterior rhizotomy in children with cerebral palsy. *J Neurosurg* 1991; 74: 380-5.
 43. Peacock WJ, Arens LJ, Berman B. Cerebral palsy spasticity. Selective posterior rhizotomy. *Pediatr Neurosci* 1987; 13: 61-6.
 44. Steinbok P, Reiner A, Beauchamp RD, Cochrane DD, Keyes R. Selective functional posterior rhizotomy for treatment of spastic cerebral palsy in children. Review of 50 consecutive cases. *Pediatr Neurosurg* 1992; 18: 34-42.
 45. Peter JC, Arens LJ. Selective posterior lumbosacral rhizotomy in teenagers and young adults with spastic cerebral palsy. *Br J Neurosurg*. 1994; 8: 135-9.
 46. Bloom KK, Nazar GB. Functional assessment following selective posterior rhizotomy in spastic cerebral palsy. *Childs Nerv Syst* 1994; 10: 84-6.
 47. Yang TF, Chan RC, Wong TT, Bair WN, Kao CC, Chuang TY, et al. Quantitative measurement of improvement in sitting balance in children with spastic cerebral palsy after selective posterior rhizotomy. *Am J Phys Med Rehabil* 1996; 75: 348-52.
 48. Buckon CE, Thomas S, Pierce R, Piatt JH Jr, Aiona MD. Developmental skills of children with spastic diplegia: functional and qualitative changes after selective dorsal rhizotomy. *Arch Phys Med Rehabil* 1997; 78: 946-51.
 49. Subramanian N, Vaughan CL, Peter JC, Arens LJ. Gait before and 10 years after rhizotomy in children with cerebral palsy spasticity. *J Neurosurg* 1998; 88: 1014-9.
 50. Wright FV, Sheil EM, Drake JM, Wedge JH, Naumann S. Evaluation of selective dorsal rhizotomy for the reduction of spasticity in cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 1998; 40: 239-47.
 51. Yam KY, Fong D, Kwong K, Yiu B. Selective posterior rhizotomy: results of five pilot cases. *Hong Kong Med J* 1999; 5(3): 287-90.
 52. Gul SM, Steinbok P, McLeod K. Long-term outcome after selective posterior rhizotomy in children with spastic cerebral palsy. *Pediatr Neurosurg* 1999; 31: 84-95.
 53. Galarza M, Fowler EG, Chipps L, Padden TM, Lazareff JA. Functional assessment of children with cerebral palsy following limited (L4-S1) selective posterior rhizotomy--a preliminary report. *Acta Neurochir (Wien)* 2001; 143: 865-72.
 54. Kim DS, Choi JU, Yang KH, Park CI. Selective posterior rhizotomy in children with cerebral palsy: a 10-year experience. *Childs Nerv Syst* 2001; 17: 556-62.
 55. Steinbok P. Outcomes after selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy. *Childs Nerv Syst* 2001; 17: 1-18.
 56. Mittal S, Farmer JP, Al-Atassi B, Gibis J, Kennedy E, Galli C, et al. Long-term functional outcome after selective posterior rhizotomy. *J Neurosurg* 2002; 97: 315-25.
 57. Salame K, Ouaknine GE, Rochkind S, Constantini S, Razon N. Surgical treatment of spasticity by selective posterior rhizotomy: 30 years experience. *Isr Med Assoc J* 2003; 5: 543-6.
 58. Tichy M, Kraus J, Horinek D, Vaculik M. Selective posterior rhizotomy in the treatment of cerebral palsy, first experience in Czech Republic. *Bratisl Lek Listy* 2003; 104: 54-8.
 59. Buckon CE, Thomas SS, Piatt JH Jr, Aiona MD, Sussman MD. Selective dorsal rhizotomy versus orthopedic surgery: a multidimensional assessment of outcome efficacy. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 457-65.
 60. van Schie PE, Vermeulen RJ, van Ouwerkerk WJ, Kwakkel G, Becher JG. Selective dorsal rhizotomy in cerebral palsy to improve functional abilities: evaluation of criteria for selection. *Childs Nerv Syst* 2005; 21: 451-7.
 61. Engsberg JR, Ross SA, Collins DR, Park TS. Effect of selective dorsal rhizotomy in the treatment of children with cerebral palsy. *J Neurosurg* 2006; 105: 8-15.
 62. Cole GF, Farmer SE, Roberts A, Stewart C, Patrick JH. Selective dorsal rhizotomy for children with cerebral palsy: the Oswestry experience. *Arch Dis Child* 2007; 92: 781-5.
 63. Nordmark E, Josenby AL, Lagergren J, Andersson G, Strömlad LG, Westbom L. Long-term outcomes five years after selective dorsal rhizotomy. *BMC Pediatr* 2008; 8: 54.
 64. Chan SH, Yam KY, Yiu-Lau BP, Poon CY, Chan NN, Cheung HM, et al. Selective dorsal rhizotomy in Hong Kong: multidimensional outcome measures. *Pediatr Neurol* 2008; 39: 22-32.
 65. Reynolds MR, Ray WZ, Strom RG, Blackburn SL, Lee A, Park TS. Clinical outcomes after selective dorsal rhizotomy in an adult population. *World Neurosurg* 2011; 75: 138-44.
 66. Loewen P, Steinbok P, Holsti L, MacKay M. Upper extremity performance and self-care skill changes in children with spastic cerebral palsy following selective posterior rhizotomy. *Pediatr Neurosurg* 1998; 29: 191-8.
 67. Mittal S, Farmer JP, Al-Atassi B, Montpetit K, Gervais N, Poulin C, et al. Impact of selective posterior rhizotomy on fine motor skills. Long-term results using a validated evaluative measure. *Pediatr Neurosurg* 2002; 36: 133-41.
 68. Abbott R, Johann-Murphy M, Shiminski-Maher T, Quartermain D, Forem SL, Gold JT, et al. Selective dorsal rhizotomy: outcome and complications in treating spastic cerebral palsy.

- Neurosurgery 1993; 33: 851-7.
69. Steinbok P, Schrag C. Complications after selective posterior rhizotomy for spasticity in children with cerebral palsy. *Pediatr Neurosurg* 1998; 28: 300-13.
 70. Munro D. The rehabilitation of patients totally paralyzed below the waist: with special reference to making them ambulatory and capable of earning their living - anterior rhizotomy for spastic paraplegia. *New Engl J Med* 1945; 233: 453-61.
 71. Selker RG, Greenberg AD, Marshall MD. Anterior rhizotomy for flexor spasms and contractures of the legs secondary to multiple sclerosis. *Ann Surg* 1965; 162: 298-302.
 72. Kerr AS. Anterior rhizotomy for the relieve of spasticity. *Paraplegia* 1966; 4: 154-62.
 73. Barolat G, Peacock WJ, Staudt LA. Pain and spasticity. In: Bencil EC, editor. *Spine surgery: technique, complication avoidance, and management*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier Churchill Livingstone; 2005. p. 1239-52.
 74. Albright AL, Tyler-Kabara EC. Combined ventral and dorsal rhizotomies for dystonic and spastic extremities. Report of six cases. *J Neurosurg* 2007; 107: 324-7.
 75. Decq P, Shin M, Carrillo-Ruiz J. Surgery in the peripheral nerves for lower limb spasticity. *Oper Tech Neurosurg* 2005; 7: 136-46.
 76. Sindou MP, Simon F, Mertens P, Decq P. Selective peripheral neurotomy (SPN) for spasticity in childhood. *Childs Nerv Syst* 2007; 23: 957-70.
 77. Decq P, Cuny E, Filipetti P, Fève A, Kèravel Y. Peripheral neurotomy in the treatment of spasticity. Indications, techniques and results in the lower limbs. *Neurochirurgie* 1998; 44: 175-82.
 78. Lazorthes Y, Sol JC, Sallerin B, Verdiè JC. The surgical management of spasticity. *Eur J Neurol* 2002; 9: 35-41.
 79. Maarrawi J, Mertens P, Sindou M. Surgery in the peripheral nerves for upper limb spasticity. *Oper Tech Neurosurg* 2005; 7: 147-52.
 80. Deltombe T, Detrembleur C, Hanson P, Gustin T. Selective tibial neurotomy in the treatment of spastic equinovarus foot: a 2-year follow-up of three cases. *Am J Phys Med Rehabil* 2006; 85: 82-8.
 81. Vittoria N, Giuseppe M, Ivano D, Giovanni B. The innervation of extensor hallucis longus muscle: an anatomical study for selective neurotomy. *Acta Neurochir (Wien)* 2009; 151: 1275-9.
 82. Sitthinamsuwan B, Nunta-aree S. Functional peripheral nerve surgery. *Siriraj Med J* 2010; 62: 106-11.
 83. Fitoussi F, Ilharreborde B, Presedo A, Souchet P, Penneçot GF, Mazda K. Shoulder external rotator selective neurotomy in cerebral palsy: anatomical study and preliminary clinical results. *J Pediatr Orthop B* 2010; 19: 71-6.
 84. Deltombe T, Gustin T. Selective tibial neurotomy in the treatment of spastic equinovarus foot in hemiplegic patients: a 2-year longitudinal follow-up of 30 cases. *Arch Phys Med Rehabil* 2010; 91: 1025-30.
 85. Sitthinamsuwan B, Parnnang C, Nunta-aree S, Chankaew E, Papatthanaporn A. An innovation of intraoperative electrical nerve stimulator. *Neurol Surg* 2010; 1: 65-82.
 86. Abdennebi B, Bougatene B. Selective neurotomies for relief of spasticity focalized to the foot and to the knee flexors. Results in a series of 58 patients. *Acta Neurochir (Wien)* 1996; 138: 917-20.
 87. Purohit AK, Raju BS, Kumar KS, Mallikarjun KD. Selective musculocutaneous fasciculotomy for spastic elbow in cerebral palsy: a preliminary study. *Acta Neurochir (Wien)* 1998; 140: 473-8.
 88. Al-Abyad AG, Gad Allah NA. Selective peripheral neurotomy in the treatment of lower limb spasticity in cerebral-palsy children. *Egypt J Neurol Surg* 2007; 22: 79-94.
 89. Park YB, Kim SH, Kim SW, Chang CH, Cho SH, Jang SH. Microsurgical selective obturator neurotomy for spastic hip adduction. *J Korean Neurosurg Soc* 2007; 41: 22-6.
 90. Bollens B, Deltombe T, Detrembleur C, Gustin T, Stoquart G, Lejeune T. Effects of selective tibial neurotomy as a treatment for adults presenting with spastic equinovarus foot: a systematic review. *J Rehab Med* 2011; 43: 277-82.
 91. Brin MF, Benabou R. Cervical dystonia (torticollis). *Curr Treat Options Neurol* 1999; 1: 33-43.
 92. Feeley, J. (2003). *Surgical intervention for dystonia*: Dystonia Medical Research Foundation. Retrieved March 1, 2011, from <http://www.dystonia-foundation.org/filebin/pdf/surgweb.pdf>.
 93. Albanese A, Barnes MP, Bhatia KP, Fernandez-Alvarez E, Filippini G, Gasser T, et al. A systematic review on the diagnosis and treatment of primary (idiopathic) dystonia and dystonia plus syndromes: report of an EFNS/MDS-ES Task Force. *Eur J Neurol* 2006; 13: 433-44.
 94. Dashtipour K, Barahimi M, Karkar S. Cervical dystonia. *J Pharm Practice* 2007; 20: 449-57.
 95. Taira T. Peripheral procedures for cervical dystonia. In: Lozano AM, Gildenberg PL, Tasker RR, editors. *Textbook of stereotactic and functional neurosurgery*. 2nd ed. Electronic publication: Springer; 2009. p. 1885-909.
 96. ศรีธัญย์ นันทอารี, บรรพต สิทธินามสุวรรณ. ประสิทธิภาพของการผ่าตัดรักษาโรคการเคลื่อนไหวผิดปกติ. ใน: มณี รัตน์ไชยานนท์, ธีระพงษ์ ตัณฑวิเชียร. *เวชศาสตร์ร่วมสมัย: วิชาการแพทยก้าวหน้าประสานใจพัฒนาคุณภาพชีวิตไทย (ฉบับปรับปรุง)*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: บริษัท พี.เอ.ลิฟวิ่ง จำกัด; 2552 หน้า 853-6.
 97. ศรีธัญย์ นันทอารี, บรรพต สิทธินามสุวรรณ, อัศคพงษ์ นิตติสิงห์, กนกวรรณ บุญญพิสิฐ, อภิชาติ พิศาลพงษ์. *Movement disorder surgery*. ใน: มณี รัตน์ไชยานนท์, ดารารวรรณ วนะชีวานานิน, วาณี วิสุทธิ์เสวีวงศ์, วิฑูร ชินสว่างวัฒนกุล, มานพ พิทักษ์ภากร. *เวชศาสตร์ทันยุค* 2553. กรุงเทพฯ: บริษัท พี.เอ.ลิฟวิ่ง จำกัด; 2553 หน้า 433-40.
 98. Bronte-Stewart H. Surgical therapy for dystonia. *Curr Neurol Neurosci Rep* 2003; 3: 296-305.
 99. Sitthinamsuwan B, Nunta-aree S. Selective peripheral denervation for the treatment of cervical dystonia. *Neurol Surg* 2011; 2: 75-103.
 100. Brashear A. Treatment of cervical dystonia with botulinum toxin injection. *Oper Tech Otolaryngol* 2004; 15: 122-7.
 101. Huh R, Ahn JY, Chung YS, Chang JH, Chang JW, Chung SS. Effectiveness of selective peripheral denervation for the treatment of spasmodic torticollis. *J Korean Neurosurg Soc* 2005; 38: 344-49.
 102. Bertrand CM. Selective peripheral denervation for spasmodic torticollis. surgical technique, results, and observation in 260 cases. *Surg Neurol* 1993; 40: 96-103.
 103. Braun V, Richter HP. Selective peripheral denervation for the treatment of spasmodic torticollis. *Neurosurgery* 1994; 35: 58-62.
 104. Anderson WS, Lawson HC, Belzberg AJ, Lenz FA. Selective denervation of the levator scapulae muscle: an amendment to the Bertrand procedure for the treatment of spasmodic torticollis. *J Neurosurg* 2008; 108: 757-63.

105. Krauss JK. Surgical treatment of dystonia. *Eur J Neurol* 2010; 17: 97-101.
106. Chen X, Ma A, Liang J, Ji S, Pei S. Selective denervation and resection of cervical muscles in the treatment of spasmodic torticollis: long-term follow-up results in 207 cases. *Stereotact Funct Neurosurg* 2000; 75: 92-5.
107. Meyer CH. Outcome of selective peripheral denervation for cervical dystonia. *Stereotact Funct Neurosurg* 2001; 77: 44-7.
108. Münchau A, Palmer JD, Dressler D, O'Sullivan JD, Tsang KL, Jahanshahi M, et al. Prospective study of selective peripheral denervation for botulinum-toxin resistant patients with cervical dystonia. *Brain* 2001; 124: 769-83.
109. Braun V, Richter HP. Selective peripheral denervation for spasmodic torticollis: 13-year experience with 155 patients. *J Neurosurg* 2002; 97: 207-12.
110. Taira T, Hori T. A novel denervation procedure for idiopathic cervical dystonia. *Stereotact Funct Neurosurg* 2003; 80: 92-5.
111. Taira T, Kobayashi T, Hori T. Selective peripheral denervation of the levator scapulae muscle for laterocollis cervical dystonia. *J Clin Neurosci* 2003; 10: 449-52.
112. Cohen-Gadol AA, Ahlskog JE, Matsumoto JY, Swenson MA, McClelland RL, Davis DH. Selective peripheral denervation for the treatment of intractable spasmodic torticollis: experience with 168 patients at the Mayo Clinic. *J Neurosurg* 2003; 98: 1247-54.
113. Jang KS, Park HK, Joo WI, Ji C, Lee KJ, Choi CR. Selective peripheral denervation for the treatment of spasmodic torticollis. *J Korean Neurosurg Soc* 2005; 37: 350-53.
114. Nunta-aree S, Sitthinamsuwan B, Itthimathin P. Overview and outcomes of movement disorder surgery. *Neurol Surg* 2010; 1: 21-6.
115. Huh R, Han IB, Chung M, Chung S. Comparison of treatment results between selective peripheral denervation and deep brain stimulation in patients with cervical dystonia. *Stereotact Funct Neurosurg* 2010; 88: 234-8.
116. Sindou MP, Mertens P. Surgery in the dorsal root entry zone for spasticity in adults. *Oper Tech Neurosurg* 2005; 7: 157-62.
117. Sindou M. Microsurgical DREZotomy. In: Schmidek HH, Roberts DW, editors. *Operative neurosurgical techniques: indications, methods, and results*. 5th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2006. p. 1573-88.
118. Sindou M, Mertens P. Surgery in the dorsal root entry zone for spasticity. In: Lozano AM, Gildenberg PL, Tasker RR, editors. *Textbook of stereotactic and functional neurosurgery*. 2nd ed. Electronic publication: Springer; 2009. p. 1959-72.
119. Sindou M, Mifsud JJ, Boisson D, Goutelle A. Selective posterior rhizotomy in the dorsal root entry zone for treatment of hyperspasticity and pain in the hemiplegic upper limb. *Neurosurgery* 1986; 18: 587-95.
120. Sindou M, Mifsud JJ, Rosati C, Boisson D. Microsurgical selective posterior rhizotomy in the dorsal root entry zone for treatment of limb spasticity. *Acta Neurochir Suppl (Wien)* 1987; 39: 99-102.
121. Sindou M, Jeanmonod D. Microsurgical DREZotomy for the treatment of spasticity and pain in the lower limbs. *Neurosurgery* 1989; 24: 655-70.
122. Sindou M, Jeanmonod D, Mertens P. Surgery in the DREZ: microsurgical DREZotomy for treatment of spasticity. In: Sindou M, Abbott R, Keravel Y, editors. *Neurosurgery for Spasticity*. Wien: Springer; 1991. p. 165-82.
123. Sindou M. Microsurgical DREZotomy (MDT) for pain, spasticity, and hyperactive bladder: a 20-year experience. *Acta Neurochir (Wien)* 1995; 137: 1-5.
124. Laitinen LV. Neurosurgery in cerebral palsy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1970; 33: 513-8.
125. Kanaka TS. Stereotaxic surgery for cerebral palsy. *Proc Inst Neurol Madras* 1973; 3: 37-53.
126. Balasubramaniam V, Kanaka TS, Ramanujam PB. Stereotaxic surgery for cerebral palsy. *J Neurosurg* 1974; 40: 577-82.
127. Gornall P, Hitchcock E, Kirkland IS. Stereotaxic neurosurgery in the management of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1975; 17: 279-86.
128. Galanda M, Ná dvornik P, Sramka M. Combined transtentorial dentatotomy with pulvinarotomy in cerebral palsy. *Acta Neurochir (Wien)* 1977; Suppl 24: 21-6.
129. Broggi G, Angelini L, Bono R, Giorgi C, Nardocci N, Franzini A. Long term results of stereotactic thalamotomy for cerebral palsy. *Neurosurgery* 1983; 12: 195-202.
130. Ohye C, Miyazaki M, Hirai T, Shibazaki T, Nagaseki Y. Stereotactic selective thalamotomy for the treatment of tremor type cerebral palsy in adolescence. *Childs Brain* 1983; 10: 157-67.
131. Speelman D, van Manen J. Cerebral palsy and stereotactic neurosurgery: long term results. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1989; 52: 23-30.
132. De Salles AA. Role of stereotaxis in the treatment of cerebral palsy. *J Child Neurol* 1996; 11: S43-50.
133. Zervas NT, Horner FA, Pickren KS. The treatment of dyskinesia by stereotaxic dentatectomy. *Confinia Neurologica* 1967; 29: 93-100.
134. Nashold BS Jr, Slaughter DG. Effects of stimulating or destroying the deep cerebellar regions in man. *J Neurosurg* 1969; 31: 172-86.
135. Siegfried J, Verdie JC. Long-term assessment of stereotactic dentatotomy for spasticity and other disorders. *Acta Neurochir (Wien)* 1977; Suppl 24: 41-8.
136. Ohye C, Miyazaki M, Hirai T, Shibazaki T, Nagaseki Y. Stereotactic selective thalamotomy for the treatment of tremor type cerebral palsy in adolescence. *Childs Brain* 1983; 10: 157-67.
137. Broggi G, Angelini L, Bono R, Giorgi C, Nardocci N, Franzini A. Long term results of stereotactic thalamotomy for cerebral palsy. *Neurosurgery* 1983; 12: 195-202.
138. Lin JJ, Lin GY, Shih C, Lin SZ, Chang DC, Lee CC. Benefit of bilateral pallidotomy in the treatment of generalized dystonia. Case report. *J Neurosurg* 1999; 90: 974-6.
139. Teive HA, Sá DS, Grande CV, Antoniuk A, Werneck LC. Bilateral pallidotomy for generalized dystonia. *Arq Neuropsiquiatr* 2001; 59: 353-7.
140. Rakocevic G, Lyons KE, Wilkinson SB, Overman JW, Pahwa R. Bilateral pallidotomy for severe dystonia in an 18-month-old child with glutaric aciduria. *Stereotact Funct Neurosurg* 2004; 82: 80-3.
141. Alkhani A, Bohlega S. Unilateral pallidotomy for hemidystonia. *Mov Disord* 2006; 21: 852-5.