



วารสาร

ประสาทศัลยศาสตร์

NEUROLOGICAL SURGERY

ราชวิทยาลัยประสาทศัลยแพทย์แห่งประเทศไทย

The Royal College of Neurological Surgeons of Thailand

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2565

Vol. 13 No. 1 January - June 2022

ISSN 1906-7984

ISSN 1906-7984

**วารสารประสาทศัลยศาสตร์**

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2565

Neurological Surgery

Vol. 13 No. 1 January - June 2022

- เจ้าของ** : ราชวิทยาลัยประสาทศัลยแพทย์แห่งประเทศไทย
- สำนักงาน** : อาคารเฉลิมพระบารมี ๕๐ ปี
เลขที่ 2 ซอยศูนย์วิจัย ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ
เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ ๑๐๓๑๐
โทรศัพท์ ๐๒-๗๑๘๑๙๙๖ โทรสาร ๐๒-๗๑๘๑๙๙๗
- บรรณาธิการ** : นายแพทย์ธีรพล วิทธิเวช

ออกแบบและพิมพ์ที่:

สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร

Bangkok Medical Publisher Ltd. Part.

3/3 สุขุมวิท 49 แขวงคลองตันเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

โทรศัพท์ 0-2258-7954, 0-2662-4347, โทรสาร 02-258-7954

E-mail: bkkmed@gmail.com



วารสารประสาทศัลยศาสตร์

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2565

Neurological Surgery

Vol. 13 No. 1 January - June 2022

คณะกรรมการบริหารราชวิทยาลัยประสาทศัลยแพทย์แห่งประเทศไทย

อดีตประธานวิทยาลัยฯ

และราชวิทยาลัยฯ

นายแพทย์วาทัญญู ปรัชญานนท์
นายแพทย์ช่อเพ็ญ เตโชฬาร
นายแพทย์ศุภโชค จิตรวานิช
นายแพทย์นครชัย เผื่อนปฐุม
นายแพทย์ไชยวิทย์ ธนไพศาล
นายแพทย์สิริรุจน์ สกุลณะมรรคา
นายแพทย์ยอดรัก ประเสริฐ

ประธานราชวิทยาลัยฯ

นายแพทย์เกรียงศักดิ์ ลิ้มพัสถาน

ผู้รั้งตำแหน่งประธานฯ

นายแพทย์รุ่งศักดิ์ ศิวานุวัฒน์

เลขาธิการ

นายแพทย์กุลพัฒน์ วีรสาร

เหรัญญิก

นายแพทย์กฤษณพันธ์ บุญะรัตเวช

นายทะเบียน

นายแพทย์อำนาจ กิจควรดี

ปฎิคม

นายแพทย์ประดิษฐ์ ไชยบุตร

กรรมการวิชาการ

นายแพทย์เอก หังสสุต

กรรมการวารสาร

นายแพทย์ธีรพล วิทธีเวช

ผู้แทนกลุ่มฯ ประสาทศัลยแพทย์ใน

ราชวิทยาลัยศัลยแพทย์แห่งประเทศไทย

นายแพทย์รุ่งศักดิ์ ศิวานุวัฒน์

กรรมการกลาง

นายแพทย์เชิดศักดิ์ แสงศิริทองไชย

นายแพทย์ติลก ตันทองทิพย์

นายแพทย์ธัญญา นรเศรษฐ์ธาดา

นายแพทย์ธีระ ตั้งวิริยะไพบูลย์

นายแพทย์พีระ นาคล่อ

นายแพทย์บุญเลิศ ศรีไพโรจน์กุล

นายแพทย์วิสิทธิ์ เสถียรวันทนีย์

Executive Committee 2019–2021

Past-President

Watanyoo Prachayanont, M.D.
Chopeow Taecholarn, M.D.
Supachoke Chitvanich, M.D.
Nakornchai Phuenpathom, M.D.
Chaiwit Thanapaisa, M.D.
Siraruj Sakoolnamarka, M.D.
Yodruk Prasert, M.D.

President

Kriengsak Limpastan, M.D.

President-elect

Rungsak Siwanuwatn, M.D.

Secretary General

Kullapat Veerasarn, M.D.

Treasurer

Krishnapundha Bunyaratavej, M.D.

Registrar

Amnat Kitkhuandee, M.D.

Social Function

Pradit Chaiyabud, M.D.

Scientific Chairman

Ake Hansasuta, M.D.

Editor of Journal

Theerapol Witthiwej, M.D.

Representative Neurosurgeon

in RCST

Rungsak Siwanuwatn, M.D.

Board of Directors

Cherdsak Sangsiritongchai, M.D.
Dilok Tantongtip, M.D.
Thunya Norasetthada, M.D.
Teera Tangviriyapaiboon, M.D.
Peera Narkla-or, M.D.
Boonlert Sripairojkul, M.D.
Visithi Sathientanane, M.D.

วารสารประสาทศัลยศาสตร์

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2565



Neurological Surgery

Vol. 13 No. 1 January - June 2022

กองบรรณาธิการวารสาร

นายแพทย์วาทัญญู ปรัชญานนท์

นายแพทย์ช่อเพ็ญ เตโชฬาร

นายแพทย์ศุภโชค จิตรวาณิช

นายแพทย์นครชัย เผื่อนปฐุม

นายแพทย์ไชยวิทย์ ธนไพศาล

นายแพทย์สิริรุจน์ สกุลณะมรรคา

นายแพทย์ยอดรัก ประเสริฐ

นายแพทย์เกรียงศักดิ์ ลิ้มพัสถาน

นายแพทย์เอก หังสสุต

นายแพทย์กุลพัฒน์ วีรสาร

นายแพทย์ประดิษฐ์ ไชยบุตร

นายแพทย์ภัทรวิทย์ รักษ์กุล

นายแพทย์ศรัณย์ นันทอารี

นายแพทย์กฤษณพันธ์ บุญะรัตเวช

นายแพทย์เชิดศักดิ์ แสงศิริทองไชย

นายแพทย์ธีรพล วิทธิเวช

นายแพทย์พีระ นาคลออ

นายแพทย์รุ่งศักดิ์ ศิวานวัฒน์

นายแพทย์ศักดิ์ชัย แซ่เฮ้ง

นายแพทย์วิสิทธิ์ เสถียรวันทนีย์

นายแพทย์อำนาจ กิจควรดี

Watanyoo Prachayanont

Chopeow Taecholarn

Supachoke Chitvanich

Nakornchai Phuenpathom

Chaiwit Thanapaisai

Siraruj Sakoolnamarka

Yodruk Prasert

Kriengsak Limpastan

Ake Hansasuta

Kullapat Veerasarn

Pradit Chaiyabud

Pataravit Rukskul

Sarun Nunta-Aree

Krishnapundha Bunyaratavej

Cherdsak Sangsiritongchai

Theerapol Witthiwej

Peera Narkla-or

Rungsak Siwanuwatn

Sakchai Saeheng

Visithi Sathientanetee

Amnat Kitkhuandee

คำแนะนำในการส่งบทความ (Information for Authors)

วารสารประสาทศัลยศาสตร์ ใช้ชื่อภาษาอังกฤษว่า “Neurological Surgery” เป็นสื่อทางการของวิทยาลัยประสาทศัลยศาสตร์แห่งประเทศไทย พิมพ์เผยแพร่แก่สมาชิกของวิทยาลัยฯ กำหนดออกทุก 3 เดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ:

1. นำเสนอผลงานวิจัย ข้อเขียน บทความตลอดจนความคิดเห็นเชิงวิชาการทางประสาทศัลยศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง

2. เป็นสื่อกลางใช้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่างๆ ระหว่างสมาชิกของวิทยาลัยฯ

3. สนับสนุนกิจกรรมการศึกษาต่อเนื่องด้วยตนเองของสมาชิก

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว วารสารประสาทศัลยศาสตร์ ยินดีรับบทความเป็นสื่อกลางระหว่างสมาชิก เพื่อเพิ่มพูนความรู้ทางวิชาการแก่สมาชิกและวิชาการสาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง บทความที่ส่งมาต้องไม่เคยพิมพ์เผยแพร่มาก่อน ข้อคิดเห็นในบทความ เนื้อหา และองค์ประกอบของเนื้อหาเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนบทความนั้น วิทยาลัยประสาทศัลยศาสตร์แห่งประเทศไทยไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย และคณะบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจทานแก้ไขและพิจารณาตีพิมพ์โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

1. ประเภทบทความ

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original articles)

เป็นรายงานผลงานวิจัย ค้นคว้า การเขียนบทความนิพนธ์ต้นฉบับให้ลำดับเนื้อหาดังต่อไปนี้

1. ชื่อเรื่อง (title), ผู้นิพนธ์ (author and co - authors), สถาบันที่ผู้นิพนธ์ปฏิบัติงาน (institute) และแหล่งทุนสนับสนุน (ถ้ามี)

2. บทคัดย่อ (abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3. คำสำคัญ (key word) สำหรับจัดทำดัชนี ระบุไว้ใต้บทคัดย่อหรือ abstract

4. บทนำ (introduction)

5. วัสดุและวิธีการ (materials and methods)

6. ผลการศึกษา (results)

7. วิจารณ์ (discussions)

8. สรุป (conclusions)

9. เอกสารอ้างอิง (references)

บทความปริทัศน์ (review articles)

ควรเป็นบทความที่ให้ความรู้ใหม่ รวบรวมสิ่งตรวจพบใหม่ หรือเรื่องที่น่าสนใจที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ หรือเป็นบทความวิเคราะห์โรค หรือ วิจารณ์สถานการณ์การเกิดโรค ประกอบด้วย

1. บทนำ (introduction)
2. วัตถุประสงค์ (objective)
3. เนื้อหาวิชา (content)
4. วิจารณ์ (discussions)
5. สรุป (conclusions)
6. เอกสารอ้างอิง (references)

รายงานผู้ป่วย (care report)

เขียนได้ 2 แบบ คือ รายงานอย่างละเอียด หรือสั้นๆ ประกอบด้วย บทนำ รายงานผู้ป่วยวิจารณ์อาการทางคลินิกผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ เสนอ ข้อคิดเห็นอย่างมีขอบเขต สรุป บทคัดย่อ แนะนำให้มีภาษาไทย และภาษาไทย

บทความพิเศษ (special articles)

เขียนจากประสบการณ์ แสดงความคิดเห็น หรือจากการค้นคว้า

เทคนิคและเครื่องมืออุปกรณ์ (technique & instrumentation)

เพื่อเสนอเทคนิค หรืออุปกรณ์ใหม่ โดยจะต้องบอกข้อบ่งชี้ และผลการรักษาด้วย

จดหมายถึงบรรณาธิการ (letter to the editor)

เพื่อให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับบทความที่ตีพิมพ์ไปแล้ว

2. เอกสารอ้างอิง (Reference)

การอ้างอิงใช้ตาม Vancouver Style หรือ Uniform Requirement for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals, 5th edition ค.ศ. 1997 โดยใส่ตัวเลขระดับในเนื้อเรื่องตรงบริเวณที่อ้างอิง เรียงตามลำดับก่อนหลังการอ้างอิง แล้วจึงนำเอาเอกสารที่ถูกอ้างอิงมาเรียงตามลำดับการอ้างอิงท้ายบทความ บทความที่มีผู้เขียนไม่เกิน 6 คน ให้ใส่ชื่อผู้เขียนทั้งหมด ถ้าเกิน 6 คน ให้ใส่ 6 คน แล้วตามด้วย “et al.” หรือ “และคณะ”

การอ้างอิงเอกสาร

Ratanalert S, Chompikul J, Hirunpat S, Pheunpathom N. Prognosis of severe head injury: an experience in Thailand. Br J Neurosurg 2002; 16(5):487-93.

การอ้างอิงวารสาร online

Sanders GD, Bayourni AM, Holodnity M, Owens DK. Cost-effectiveness of HIV screening in patients older than 55 year of age. Ann Intern Med [cited 2008 Oct 7]:148(2). Available from:<http://www.annals.org/cgi/reprint/148/12/889.pdf>

การอ้างอิงจาก World Wide Web

National Institute for Health and Clinical Excellence. Head injury triage, assessment, investigation and early management of head injury in infants, children and adults. Clinical guideline June 2003. <http://www.nice.org.uk/guidance/CG4/?c=91522> (accessed 23 November 2006).

การอ้างอิงหนังสือ หรือตำรา

ชื่อผู้เขียน. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์ ชื่อเมือง (ใช้ชื่อเมืองชื่อเดียว): ชื่อโรงพิมพ์ ปี ค.ศ. ดังอย่าง : Greenberg MS. Handbook of Neurosurgery. New York: Thieme: 2001.

บทในหนังสือหรือตำรา

ชื่อผู้เขียน. ชื่อเรื่อง. ใน: ชื่อบรรณาธิการ. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. ชื่อเมือง. ชื่อโรงพิมพ์. ปี ค.ศ.: หน้าแรก-หน้าสุดท้าย

ตัวอย่าง: Y. Matsushima. Moyamoya disease. In: Youmans JR. editor. Neurological surgery. 4th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 1996: p. 1202-222.

3. การพิมพ์และการส่งต้นฉบับ

- ให้ส่งต้นฉบับที่จะลงตีพิมพ์ โดยโปรแกรมที่ใช้พิมพ์ต้องเป็น Microsoft Word. Font Angsana New ขนาดตัวอักษร 16 พร้อมไฟล์ประกอบรูปภาพ และกราฟ ไปยัง e-mail ของ นางสาวปิยนาท สีระแก้ว E-mail: piyanat 09@gmail.com

- การพิมพ์เนื้อเรื่องให้ใส่เลขหน้ากำกับทุกหน้าที่मुखชาวด้านบน

หน้าแรก หรือ title page เขียนเป็นภาษาไทยและอังกฤษ ประกอบด้วย

- (1) ชื่อเรื่อง
- (2) ชื่อ สกุลของผู้เขียน คุณวุฒิ โดยใช้ตัวอย่างของปริญญาหรือคุณวุฒิที่เป็นสากล (กรณีที่ผู้พิมพ์มีหลายคน ให้ระบุทุกคน)
- (3) สถานที่ทำงาน
- (4) ชื่อเรื่องอย่างย่อ หรือ running title (ความยาวไม่เกิน 40 ตัวอักษร)

4. การรับเรื่องตีพิมพ์

หากต้นฉบับที่เสนอมาได้รับการพิจารณาให้นำมาลงตีพิมพ์ ทางสำนักงานจะแจ้งให้เจ้าของบทความทราบ พร้อมทั้งจัดส่งฉบับร่างให้ผู้เขียนตรวจทานและขอคืนตามกำหนดเวลา

5. สถานที่ติดต่อ

คุณเพ็ญศรี ญะวงษา

อาคารเฉลิมพระบารมี ๕๐ ปี

เลขที่ 2 ซอยศูนย์วิจัย ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310

โทรศัพท์ 02-7181 996 โทรสาร 02-7181 997

E-mail: pensriy@gmail.com



วารสารประสาทศัลยศาสตร์

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2565

Neurological Surgery

Vol. 13 No. 1 January - June 2022

สารบัญ

บรรณาธิการ

นิพนธ์ต้นฉบับ

- ▲ ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเตียงหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยศาสตร์ต่ออัตราการตาย1
ในโรคหลอดเลือดสมองแตก ในโรงพยาบาลศูนย์ในประเทศไทย
หนุรักษ์ รัชมีชุมทอง, พ.บ.
กุลพัฒน์ วีรสาร, พ.บ.
- ▲ การผ่าตัดใส่สกรูที่ก้านกระดูกสันหลังร่วมกับเครื่องกระตุ้นตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย8
ณัฐวุฒิ นิลเจียรสกุล, พ.บ.
- ▲ การประเมิน cerebrovascular reserve ในผู้ป่วย chronic cerebrovascular insufficiency16
โดยการใช้ resting state hemodynamic parameter
ชานน อริยประกาย, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์
กิติพร ศรีอมรรัตนกุล, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์
นาแสง อัครธรรมโชติ, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์
- ▲ การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อกำหนดภาวะน้ำไขสันหลังรั่วระหว่างการผ่าตัดเนื้องอกต่อมใต้สมอง25
ผ่านทางโพรงจมูก
กุสาวดี จิงศิริกุลวิทย์, พ.บ.
รุ่งศักดิ์ ศิวาณวัฒน์, พ.บ.
- ▲ Social Outcome and Quality of Life after Epilepsy Surgery in Hippocampal Sclerosis32
Peerasin Towachiraporn, M.D.
Krishnapundha Bunyaratavej, M.D.
Chusak Limotai, MD., M.Sc.

บรรณาธิการ

บทความในวารสารประสาทศัลยแพทย์ไทย มีหัวข้อที่น่าสนใจเช่นเดิม ประกอบด้วยงานวิจัยจากคณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่อง Social Outcome and Quality of Life after Epilepsy Surgery in Hippocampal Sclerosis และเรื่อง การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อทำนายภาวะน้ำไขสันหลังรั่วระหว่างการผ่าตัดเนื้องอกต่อมใต้สมองผ่านทางโพรงจมูก บทความปริทัศน์จากคณะแพทยศาสตร์ วชิรพยาบาล เรื่อง การผ่าตัดใส่สกรูที่ก้านกระดูกสันหลังร่วมกับเครื่องกระตุ้นตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย และเรื่องการประเมิน Cerebrovascular reserve ในผู้ป่วย chronic cerebrovascular insufficiency โดยการใช้ resting state hemodynamic parameter และบทความจากสถาบันประสาทวิทยาในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเตียงหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยศาสตร์ต่ออัตราการตายในโรคหลอดเลือดสมองแตกในโรงพยาบาลศูนย์ในประเทศไทย

นายแพทย์ธีรพล วิทธิเวช

กรรมการวารสาร ราชวิทยาลัยประสาทศัลยแพทย์แห่งประเทศไทย

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเตียงหอผู้ป่วยวิกฤต ประสาทศัลยศาสตร์ต่ออัตราการตายในโรคหลอดเลือดสมองแตก ในโรงพยาบาลศูนย์ในประเทศไทย

นฤภาค รัศมียงทอง, พ.บ.
กุลพัฒน์ วีรสาร, พ.บ.

หน่วยประสาทศัลยศาสตร์ สถาบันประสาทวิทยา กรมการแพทย์

บทคัดย่อ

โรคหลอดเลือดสมองแตกเป็นโรคทางระบบประสาทที่พบได้บ่อยและเป็นสาเหตุการเสียชีวิตที่สำคัญ ผู้เขียนได้เปรียบเทียบอัตราการเสียชีวิตของโรคหลอดเลือดสมองแตก (I 60 - I 62, ICD 10) จากโรงพยาบาลศูนย์ในประเทศไทย โดยดูว่าโรงพยาบาลที่มีหอผู้ป่วยหนักทางระบบประสาท (neurosurgical ICU, NSICU) กับโรงพยาบาลที่ใช้หอผู้ป่วยหนักทั่วไป (General ICU) ว่าให้ผลในการลดอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองแตกหรือไม่

ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มโรงพยาบาลศูนย์ 33 แห่ง มีโรงพยาบาล ที่มี NSICU 17 แห่ง มีเตียงรวม 166 เตียง ยังไม่มี NSICU 16 แห่ง อัตราการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองแตก ต่ำกว่าในกลุ่ม NSICU อย่างมีนัยยะสำคัญ (22.64 กับ 33.71%) และยังพบว่าการมีเตียง NSICU เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการเสียชีวิตลดลง

แม้ว่าการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดทางข้อมูล แต่ก็สามารถบอกถึงความสำคัญ ของการมี NSICU ในโรงพยาบาลศูนย์ที่มีการผ่าตัดทางประสาทศัลยศาสตร์ ซึ่งช่วยลดอัตราการเสียชีวิตของโรคหลอดเลือดสมองแตกได้ดี

Abstract

Relationship between the number of neurosurgical ICU and hemorrhagic stroke mortality in advance level hospital in Thailand)

Naruepak Russameyongtong, M.D., Kullapat Veerasarn, M.D.

Neurosurgical Division, Neurological Institute of Thailand. Department of Medical Services,
Ministry of Public Health, Thailand

Hemorrhagic stroke is not only a common neurological disease but also being a leading cause of death. The authors explored the mortality of hemorrhagic stroke patients in the advance level hospital who have neurosurgical ICU (NSICU) compared to the hospital without neurosurgical ICU (GenICU) to find out how much better the stroke mortality is.

Of all advance level hospital in Thailand, there are 17 hospitals have NSICU with total beds of 166, no NSICU (using GenICU) 16 hospitals. The mortality in the NSICU group is 22.64 significantly better than GenICU group (33.71%). The more NSICU beds, the less mortality for hemorrhagic stroke the hospital will get.

Despite the limitation of the clinical data of the patients, this study find out the important of neuro-surgical ICU to improve the mortality of hemorrhagic stroke in advance level hospital in Thailand.

บทนำ

โรคหลอดเลือดสมองเป็นโรคทางระบบประสาทที่พบได้บ่อยและเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 2 รองจากโรคหัวใจ ในปี 2560¹ ในขณะที่ข้อมูลสาเหตุการตายของประชากรไทยอันดับ 1 คือ โรคมะเร็ง ตามด้วยโรคหลอดเลือดสมอง และอันดับที่ 3 คือโรคปอดอักเสบ² อัตราการตายจากโรคหลอดเลือดสมองแตกคิดเป็น 10%-20% ของสาเหตุการตายทั้งหมด³ อัตราตายจะสูงในกลุ่มประเทศรายได้ต่ำถึงปานกลาง พบว่า 63% เสียชีวิตและมีแนวโน้มสูงขึ้น⁴

เนื่องจากผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองแตก เป็นผู้ป่วยที่ต้องได้รับการติดตามอาการอย่างใกล้ชิด ทั้งสัญญาณชีพ ระดับความรู้สึกตัว รวมทั้งความดันในกะโหลกศีรษะเป็นต้น ด้วยเหตุดังกล่าว การได้รับการดูแลรักษาในหอผู้ป่วยวิกฤตจึงมีความจำเป็นต่อผู้ป่วยกลุ่มนี้

หอผู้ป่วยวิกฤตสามารถแยกชนิดตามผู้ป่วยได้หลายแผนก เช่น หอผู้ป่วยวิกฤตศัลยกรรม หอผู้ป่วยวิกฤตอายุรกรรม หอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรม และในแต่ละที่จะมีแพทย์และพยาบาลที่มีความเชี่ยวชาญแต่ละด้านนั้นๆ เป็นผู้ดูแล

ในหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรม จะมีแพทย์และพยาบาลเฉพาะทางด้านระบบประสาทปฏิบัติงานอยู่ ซึ่งบุคลากรเหล่านี้จะมีความเชี่ยวชาญทางด้านประสาทศัลยศาสตร์ที่มากกว่าแพทย์และพยาบาลทั่วไป เช่น การประเมินระดับความรู้สึกตัว (Glasgow Coma Scale) โดยพยาบาลทั่วไปมีแนวโน้มจะประเมินไม่แม่นยำ ผิดไปจาก

ความเป็นจริง

ปัจจุบันยังไม่มียาหรือวิธีใดที่แสดงให้เห็นว่าในประเทศไทย การมีหอผู้ป่วยหนักประสาทศัลยกรรม และจำนวนเตียงในหอผู้ป่วยวิกฤตมีผลต่ออัตราการตายของผู้ป่วยเหล่านี้ ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงได้จัดทำงานวิจัยชิ้นนี้ขึ้นมาเพื่อชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดังกล่าวกับอัตราการตายในโรคหลอดเลือดสมองแตก

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายของผู้ป่วยที่มีโรคหลอดเลือดสมองแตก (non traumatic intracerebral hemorrhage) และจำนวนเตียงในหอผู้ป่วยวิกฤตเปรียบเทียบระหว่าง หอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรม (Neurosurgical ICU - NSICU) และ หอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไป (General ICU) รวมทั้งจำนวนเตียงที่เหมาะสมสำหรับหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่น่าสนใจวิเคราะห์มาจากรายงานข้อมูลของกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ ในปีงบประมาณ 2561 ทั้งข้อมูลพื้นฐานของโรงพยาบาล ในสังกัดกระทรวงสาธารณสุข และข้อมูลสำนักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช) ซึ่งแสดงจำนวนผู้ป่วยรายโรงพยาบาล อัตราการเสียชีวิตของแต่ละโรงพยาบาล โดยเก็บข้อมูลแบบ retrospective ค้นหาข้อมูลด้วย code I60-I62 (ICD10) ร่วมกับโทรศัพท์ไปสอบถามจำนวนเตียงของหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรมจาก

ตารางที่ 1 รหัส ICD 10 สำหรับโรคเลือดออกในสมอง

ICD 10	DEFINITION
I60	Nontraumatic subarachnoid hemorrhage
I61	Nontraumatic intracerebral hemorrhage
I62	Other and unspecified nontraumatic intracranial hemorrhage

โรงพยาบาลศูนย์ กระทรวงสาธารณสุข ทุกแห่งทั่วประเทศ เก็บข้อมูลโดยค้นหาด้วย I60-I62 จากข้อมูลของ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ ปัจจัยที่สนใจคือ เขตสุขภาพ โรงพยาบาลศูนย์ จำนวนผู้ป่วยที่มีโรคหลอดเลือดสมองแตก จำนวนเตียงทั้งหมด จำนวนเตียงในหอผู้ป่วยวิกฤต ศัลยกรรม จำนวนผู้ป่วยเสียชีวิตและปฏิเสธการรักษา

ผู้ป่วยที่เสียชีวิต นับจาก ประเภทการจำหน่ายว่าเสียชีวิต จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS version 16.0 โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเสียชีวิตกับจำนวนเตียงในหอผู้ป่วยวิกฤตศัลยกรรม เปรียบเทียบอัตราการเสียชีวิตระหว่างโรงพยาบาลศูนย์และระหว่างโรงพยาบาลที่มีหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรม (NSICU) และหอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไป (GenICU)

ผลการศึกษา

โรงพยาบาลศูนย์ทั่วประเทศมีทั้งหมด 33 แห่ง

จำนวน 17 แห่ง ที่มีหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรม (NSICU) และ 16 แห่ง ที่ไม่มีหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรม (Gen ICU) ผู้ป่วยเลือดออกในสมองทั้งหมด 10,559 คน มี 1,026 คน (10%) ปฏิเสธการรักษา 2,564 คน (25.13%) เสียชีวิต ในกลุ่มโรงพยาบาลที่มีหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรม (NSICU) จำนวนเตียงรวม 166 เตียง จำนวนเตียงน้อยที่สุดคือ 5 เตียง (โรงพยาบาลบุรีรัมย์) มากที่สุด คือ 24 เตียง (โรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค์) เฉลี่ย 10 เตียง ในขณะที่หอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไปศัลยกรรม (Gen ICU) มีเตียงรวม 438 เตียง จำนวนเตียงน้อยที่สุดคือ 11 เตียง (โรงพยาบาลมหาสารคามนครศรีธรรมราช) มากที่สุด คือ 52 เตียง (โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยมราช) เฉลี่ย 24 เตียง (ตารางที่ 3 และ 4)

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของผู้ป่วยเลือดออกในสมองจำแนกตามข้อมูลทั่วไปของโรงพยาบาลศูนย์

Factors	Total (%)	Min(%)	Max(%)	Median(%)
จำนวนเตียง NSICU	166	5	24	10
จำนวนเตียง GenICU	438	11	52	24
จำนวนผู้ป่วย ICH				
• NSICU	6,336	122	837	324
• Gen ICU	4,193	113	564	241
ผู้ป่วยไม่สมัครใจรับการรักษา				
• NSICU	815 (12.86)	5 (2)	143 (26)	25 (11.48)
• Gen ICU	211 (5.03)	0 (0)	96 (22)	13 (4.33)
จำนวนผู้ป่วยเสียชีวิต				
• NSICU	1,420 (22.41)	18 (10)	321 (54)	67 (20)
• Gen ICU	1,234 (29.43)	31 (14.36)	147 (90.68)	80 (28.70)

ตารางที่ 3 รายชื่อโรงพยาบาลศูนย์และจำนวนเตียง NSICU ในประเทศ

เขตสุขภาพ	โรงพยาบาล	จำนวนเตียง
1	รพ.เชียงรายประชานุเคราะห์	7
1	รพ.ลำปาง	10
1	รพ.นครพิงค์	8
2	รพ.อุดรดิตถ์	8
2	รพ.พุทธชินราช	12
5	รพ.นครปฐม	8
5	รพ.ราชบุรี	8
6	รพ.ชลบุรี	8
7	รพ. ศูนย์ขอนแก่น	6
7	รพ.ร้อยเอ็ด	10
8	รพ.สกลนคร	12
8	รพ.อุดรธานี	10
9	รพ.มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร	10
9	รพ.บุรีรัมย์	5
10	รพ.สรรพสิทธิประสงค์	24
12	รพ.หาดใหญ่	10
12	รพ.ยะลา	10
	รวม	166

ตารางที่ 4 รายชื่อโรงพยาบาลศูนย์และจำนวนเตียง GenICU ในประเทศ

เขตสุขภาพ	ชื่อหน่วยงาน	จำนวนเตียง ICU
3	รพ.สวรรค์ประชารักษ์	24
4	รพ.พระนั่งเกล้า	44
4	รพ.พระนครศรีอยุธยา	24
4	รพ.สระบุรี	32
5	รพ.เจ้าพระยาอภัยภูเบศร	52
5	รพ.สมุทรสาคร	27
6	รพ.พระปกเกล้า	45
6	รพ.เจ้าพระยาอภัยภูเบศร	32
6	รพ.พุทธโสธร	28
6	รพ.สมุทรปราการ	23
6	รพ.ระยอง	20
9	รพ.สุรินทร์	24
11	รพ.วชิระภูเก็ต	18
11	รพ.สุราษฎร์ธานี	12
11	รพ.มหาวิทยาลัยศรีธรรมราช	11
12	รพ.ตรัง	22
	รวม	438

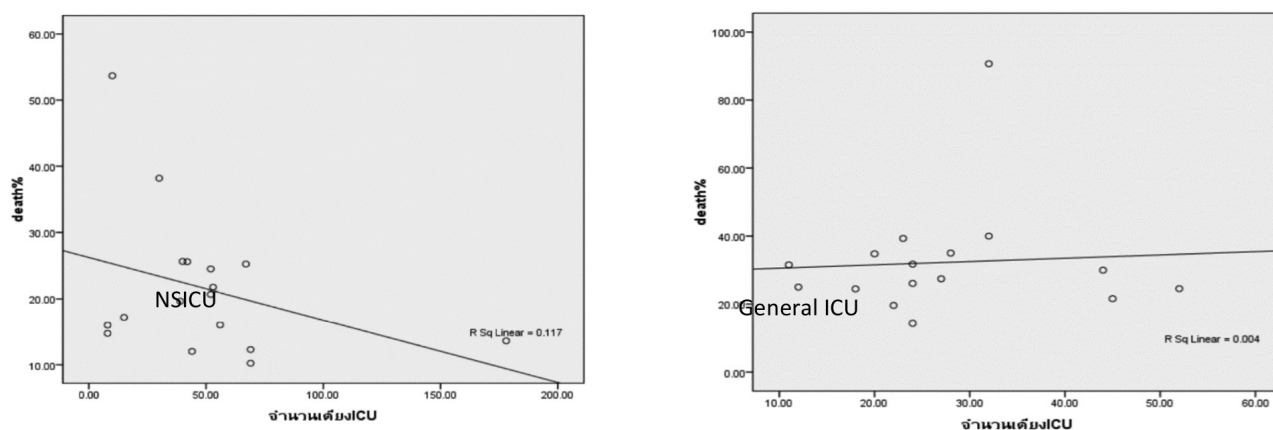
โรงพยาบาลศูนย์ที่มีหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรมมีจำนวนผู้ป่วยภาวะเลือดออกในสมองมากกว่าโรงพยาบาลที่มีหอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไป ศัลยกรรม แต่อัตราตายกลับต่ำกว่าอย่างมีนัยยะสำคัญ โดยอัตราตายเฉลี่ยของหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรม อยู่ที่ 22.64% ในขณะที่หอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไป ศัลยกรรม คือ 33.71% วิเคราะห์ด้วย Mann-Whitney test พบว่า P value เท่ากับ 0.007 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 5 การคิดค่า Mann-Whitney test และอัตราการเสียชีวิต

Mann-Whitney test: % death		
	NICU	Gen ICU
Median	19.672	28.701
IQR	14.187–25.400	24.479–34.946
P value	0.007	

เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเตียงและอัตราตายด้วย Linear regression ในกลุ่มโรงพยาบาลศูนย์ที่มีหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรมพบว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองแปรผกผันกันอย่างไม่มีนัยยะสำคัญ (รูปที่ 1A) โดยค่า coefficients เท่ากับ -0.350 และ P value คือ 0.169 กล่าวคือหากจำนวนเตียงน้อยลงอัตราตายจะเพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์อัตราตายในหอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไป ศัลยกรรมพบว่าจำนวนเตียงและอัตราตายแปรตามกันอย่างไม่มีนัยยะสำคัญ โดยค่า coefficients เท่ากับ 0.099 และ P value คือ 0.716 กล่าวคือหากจำนวนเตียงมากอัตราตายจะเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์หาจำนวนเตียงที่เหมาะสมทำโดยวิเคราะห์จากอัตราตายในแต่ละโรงพยาบาลศูนย์ร่วมกับจำนวนเตียงในหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรม โดยค่าเลือกค่า cut point ของอัตราตายจากอัตราตายเฉลี่ยของโรงพยาบาลศูนย์ทั้งหมด คือ 24.53% พบว่าในกลุ่ม NSICU มี 17 โรงพยาบาลที่อัตราตายต่ำกว่าค่า cut point คิดอัตราเฉลี่ยของจำนวนเตียงได้ 10 เตียง และมี 7



รูปที่ 1 Linear regression ของจำนวนเตียง และอัตราการเสียชีวิต

โรงพยาบาลที่มีจำนวนเตียงมากกว่าหรือเท่ากับค่าดังกล่าว เมื่อคำนวณ Odds ratio ของจำนวนเตียง NSICU ที่มีผลต่ออัตราการตายโดยใช้ค่าอัตราตายเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ได้ 0.944 (95%CI 0.696–1.281) หมายความว่า เมื่อจำนวนเตียงเพิ่มขึ้น 1 เตียง มีโอกาสลดอัตราการตายของกลุ่มอัตราการตายสูง (มากกว่า 24.53%) ได้เท่ากับ 5.6%

วิเคราะห์อัตราการตายในหอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไปศัลยกรรม (GenICU) พบว่าจำนวนเตียงและอัตราการตายแปรตามกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยค่า coefficients เท่ากับ 0.099 และ P value คือ 0.716 กล่าวคือหากจำนวนเตียงมาก อัตราตายจะเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้ค่า cut point ของอัตราการตายเดียวกัน คือ 24.53% พบว่ามี 5 โรงพยาบาลที่มีอัตราการตายต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าดังกล่าว คิดเฉลี่ยจำนวนเตียงของโรงพยาบาลเหล่านี้ได้ 24 เตียง

บทวิจารณ์

ผู้ป่วยในหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรมจะได้รับการดูแลโดยแพทย์ทางระบบประสาทและพยาบาลที่ได้รับการอบรมเฉพาะทางการดูแลผู้ป่วยทางระบบประสาท และโรคทางระบบประสาทจะมีแนวทางการดูแลรักษาที่แตกต่างจากภาวะทั่วไป เช่น การติดตามความดันในกะโหลกศีรษะ การควบคุม cerebral perfusion pressure ซึ่งต้องเฝ้าระวังภาวะ hypotension และ hypovolemia เพื่อป้องกัน

secondary brain injury ผู้ป่วยยังมีแนวโน้มจะได้รับ invasive hemodynamic monitoring เช่น central line นอกจากนี้ผู้ป่วยยังมีแนวโน้ม early tube feeding และ early tracheostomy ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลด aspiration pneumonia และดูแลทางเดินหายใจได้ดีขึ้น⁵ รวมทั้งงานวิจัยหลายชิ้นได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของ outcome และการดูแลรักษาระหว่างหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรมและหอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไปศัลยกรรม เช่น length of stay และ mortality rate ที่น้อยกว่าใน NSICU รวมทั้งทีมดูแลในหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรมยังเข้าใจโรคและภาวะทางระบบประสาทได้ดีกว่า เช่น ภาวะ brain herniation, vasospasm, hydrocephalus ได้ดีกว่า⁶⁻⁷

หอผู้ป่วย Gen ICU เป็นหอผู้ป่วยรวม ขนาดใหญ่ มีผู้ป่วยปนกันหลายแผนก เช่นผู้ป่วยไฟไหม้ ผู้ป่วยผ่าตัดหัวใจ ผู้ป่วยเด็ก พยาบาลที่ดูแลผู้ป่วยจำเป็นต้องชำนาญหลายด้าน การได้รับการจัดสรรเตียง หรือการรับผู้ป่วยเข้าในหอผู้ป่วย จึงมีข้อจำกัด ทำให้ใช้ได้จำนวนเท่าไร ซึ่งไม่พอเพียงต่อความต้องการ และผู้ป่วยที่นอน ยังอาจต้องย้ายออกก่อนที่จะมีอาการจะคงที่ เนื่องจากความแออัดของเตียง

ในงานวิจัยขึ้นนี้ต้องการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายของผู้ป่วยที่มีโรคหลอดเลือดสมองแตก (nontraumatic intracerebral hemorrhage) และจำนวนเตียงในหอผู้ป่วยวิกฤตเปรียบเทียบกับระหว่าง หอผู้ป่วย

วิกฤตประสาทศัลยกรรม (NSICU) และหอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไป (Gen ICU) โดยใช้ข้อมูลของกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ ปี พ.ศ. 2560 พบว่าอัตราการตายของหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรมต่ำกว่าหอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ อาจเป็นจากทีมแพทย์และพยาบาลที่ให้การดูแลมีความเชี่ยวชาญโรคทางระบบประสาทและแนวทางการดูแลรักษาที่มีการเฝ้าระวังภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาทและสามารถตรวจพบภาวะแทรกซ้อนได้เร็ว

อัตราการเสียชีวิตของ NSICU ต่ำกว่า Gen ICU อย่างมีนัยสำคัญ โดย NSICU มีอัตราการเสียชีวิต 22.64% และ Gen ICU เสียชีวิต 33.71% และ P value เท่ากับ 0.0318 กล่าวคือการได้รับการรักษาใน NSICU ช่วยลดอัตราการตายของผู้ป่วย non traumatic ICH ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับเข้ารับการรักษาใน Gen ICU

ส่วน GenICU เทียบกับหอผู้ป่วยทั่วไปในโรงพยาบาลที่ไม่มี NSICU พบว่าอัตราการเสียชีวิตถ้าได้รับการรักษาในหอผู้ป่วยหนัก มีการรอดชีวิตสูงกว่านอนในหอผู้ป่วยทั่วไปมาก ที่โรงพยาบาลพระนั่งเกล้า พบว่าถ้าผู้ป่วย COMA จากภาวะเลือดออกในสมอง และมี midline shift มากกว่า 1 cm ใน CT scan อัตราการรอดชีวิตใน ICU เป็นร้อยละ 52 เทียบกับรักษาในหอผู้ป่วยสามัญ การรอดชีวิตมีเพียงร้อยละ 20.6 เท่านั้น^๑

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายและจำนวนเตียงในหอผู้ป่วยวิกฤตเปรียบเทียบระหว่าง ICU ทั้ง 2 แบบ พบว่า ในกลุ่ม NSICU จำนวนเตียงแปรผกผันแบบไม่มีนัยสำคัญกับอัตราการตายของผู้ป่วยที่รับการรักษาในโรงพยาบาล กล่าวคืออัตราการตายจะลดลงหากจำนวนเตียงเพิ่มขึ้น วิเคราะห์ ค่า Odd ratio คือ 0.944 (95 % CI 0.696 – 1.281) ในแง่การนำไปใช้พบว่าถ้าเพิ่มจำนวนเตียงเพิ่มขึ้น 1 เตียง มีโอกาสลดอัตราการตายในกลุ่มที่อัตราการตายสูงกว่าความเฉลี่ยของโรงพยาบาลศูนย์ได้เท่ากับ 5.6 % เหตุที่ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 อย่างนี้ไม่มีนัยสำคัญเป็นจากจำนวนประชากร (NSICU) น้อยเกินไป เมื่อวิเคราะห์จำนวนเตียงในกลุ่ม NSICU พบว่า หากใช้อัตราตายเฉลี่ยของโรงพยาบาลศูนย์ทั้งหมดเป็นมาตรฐาน (24.53%)

จำนวนเตียงเฉลี่ยของโรงพยาบาลที่มีอัตราการตายต่ำกว่าค่า cut point นี้ คือ 10 เตียง ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่าหากหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรมมีอย่างต่ำ 10 เตียง จะทำให้อัตราตายต่ำกว่าอัตราการตายเฉลี่ยของโรงพยาบาลศูนย์ทั้งหมดแต่อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นมาประกอบอีก

ในกลุ่มหอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไปพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายและจำนวนเตียงในหอผู้ป่วยวิกฤตแปรผันกันแบบไม่มีนัยสำคัญ โดยยิ่งจำนวนเตียงมากอัตราการตายยิ่งสูง อาจเป็นจากภาระงานจำนวนมาก ทำให้การดูแลรักษาผู้ป่วยไม่ได้ตามมาตรฐานร่วมกับไม่มีพยาบาลเฉพาะทางโรคระบบประสาทหรือมีไม่เพียงพอเมื่อใช้ค่า cut point ตัวเดียวกัน คือ 24.53% พบว่าจำนวนเตียงเฉลี่ยของโรงพยาบาลที่มีอัตราการตายต่ำกว่าค่า cut point นี้ คือ 24 เตียง ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่าหากกลุ่มหอผู้ป่วยวิกฤตทั่วไปมี 24 เตียง จะทำให้อัตราตายของผู้ป่วยภาวะเลือดออกในสมองต่ำกว่าอัตราการตายเฉลี่ยของโรงพยาบาลศูนย์ทั้งหมด

ข้อมูลกลุ่มไม่สมัครใจรักษา (against advice) โดยดูจาก discharge type ซึ่งอนุมานว่าเป็นจำนวนประชากรที่เสียชีวิตทั้งหมด (นอกโรงพยาบาล) เนื่องจากมีความนิยมการนำผู้ป่วยอาการหนัก ไปเสียชีวิตที่บ้าน โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือของไทย จึงทำให้การดูอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลอย่างเดียว อาจไม่ครอบคลุมผู้ป่วยทั้งหมด การใช้ข้อมูลอัตราการเสียชีวิตที่ 3 เดือน หรือ 1 ปีหลังภาวะเลือดออกในสมอง จะได้ข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงมากกว่า แต่มีความยุ่งยากในการได้ข้อมูล

ข้อจำกัด

1. งานวิจัยชุดนี้เป็นการศึกษาด้วยการเก็บข้อมูลย้อนหลังจากฐานข้อมูลซึ่งสามารถมีความคลาดเคลื่อนได้จากการลงข้อมูลในระบบซึ่งอาจลงไม่ครบหรือลงผิด รวมทั้งการโทรศัพท์ไปสอบถามจำนวนเตียงในหอผู้ป่วยวิกฤตอาจไม่ใช่จำนวนที่แท้จริงเนื่องจากบางโรงพยาบาลมีเตียงเสริมเพิ่มเข้ามาในหอผู้ป่วย

2. การเก็บข้อมูล เป็นการรวมจำนวนผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาในโรงพยาบาลนั้นๆ ทั้งหมด ไม่ได้แยกว่าผู้ป่วยคนไหนได้เข้า ICU หรือไม่ ไม่ได้ติดตามว่าผู้ป่วยใน ICU เสียชีวิตจริงเท่าไร แต่นับรวมทั้งโรงพยาบาล

3. การใช้อัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาล (ดูจาก Discharge type) ไม่ดีพอ เพราะไม่รวมผู้ป่วยที่ญาตินำไปเสียชีวิตที่บ้าน ควรนับเป็น อัตราการเสียชีวิตที่ 30 วัน หรือ 1 ปี ส่วนการใช้จากใบมรณะบัตร ก็ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก

4. จำนวนเตียงใน stroke unit ยังไม่อยู่ในรายงานของกรมสนับสนุนสุขภาพ และส่วนมากยังไม่รับผู้ป่วยเลือดออกในสมองไว้ดูแล จึงไม่นับรวมในการศึกษานี้

5. ฐานข้อมูลของสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ มีรายละเอียดรายบุคคล โรคหลัก โรคร่วม การรักษาภาวะแทรกซ้อน แต่ไม่มีรหัสว่าอยู่หอผู้ป่วยวิกฤตหรือไม่ จึงไม่สามารถบอกโดยตรงว่าผู้ป่วยรายใด ได้เข้ารับการรักษาในหอผู้ป่วยแบบไหน และผลการรักษาแต่ละรายเป็นอย่างไร แต่สามารถบอกภาพใหญ่ของกระทรวง ว่าโรงพยาบาลใด มีอัตราการเสียชีวิตเท่าใด แล้วเทียบโดยอ้อมว่าในทรัพยากรที่โรงพยาบาลนั้นมี ช่วยให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดแตกในสมอง มีการเสียชีวิตมากน้อยเพียงไร

unasu

ผู้ป่วยภาวะเลือดออกในสมองควรได้รับการดูแลในหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรม เนื่องจากมีบุคลากรที่เชี่ยวชาญด้านโรคทางระบบประสาทรวมทั้งมีแนวทางการดูแลรักษาที่เหมาะสมกับโรคดังกล่าวโดยจะลดอัตราการตายและอัตราการรวม หากมีจำนวนเตียงในหอผู้ป่วยวิกฤตประสาทศัลยกรรมอย่างน้อย 10 เตียง จะลดอัตราการตายได้ต่ำกว่า 24.53% และเมื่อเพิ่มจำนวนเตียงเพิ่มขึ้น 1 เตียง มีโอกาสลดอัตราการตายได้เท่ากับ 1.5% การเพิ่มจำนวนเตียงในหอผู้ป่วยวิกฤตช่วยลดอัตราการตายได้

เอกสารอ้างอิง

1. WHO mortality database: tables [online database]. Geneva, World Health Organization, 2007 (<http://www.who.int/healthinfo/morttables/en/index.html>, accessed 4 April 2007).
2. กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข(2560).สถิติสาธารณสุข พ.ศ. 2560,77. <http://www.pcko.moph.go.th/Health-Statistics/statistics60.pdf>
3. An SJ, Kim TJ, Yoon BW. Epidemiology, Risk Factors, and Clinical Features of Intracerebral Hemorrhage: An Update. J Stroke. 2017;19(1):3-10.
4. Krishnamurthi RV, Moran AE, Forouzanfar MH, Bennett DA, Mensah GA, Lawes CMM, et al. The Global Burden of Hemorrhagic Stroke: A Summary of Findings From the GBD 2010 Study. Global Heart 2010;9(1):101-6.
5. Kurtz P, Fitts V, Sumer Z, Jalon H, Cooke J, Kvetan V, Mayer SA. How does care differ for neurological patients admitted to a neurocritical care unit versus a general ICU? Neurocrit Care. 2011;15(3):477-80.
6. Diring MN, Edwards DF. Admission to a neurologic/neurosurgical intensive care unit is associated with reduced mortality rate after intracerebral hemorrhage. Crit Care Med. 2001;29(3):635-40.
7. Mirski MA, Chang CW, Cowan R. Impact of a neuroscience intensive care unit on neurosurgical patient outcomes and cost of care: evidence-based support for an intensivist-directed specialty ICU model of care. J Neurosurg Anesthesiol. 2001;13(2):83-92.
8. สุริยะ ปิยะมณี. การรอดชีวิตของผู้ป่วยหลังผ่าตัดภาวะเลือดออกในสมอง แปรตามระยะ Midline Shift ในภาพถ่ายเอ็กซเรย์ คอมพิวเตอร์และความสำคัญของ ICU หลังผ่าตัด โรงพยาบาลพระนั่งเกล้า จังหวัดนนทบุรี. วารสารวิชาการสาธารณสุข 2563 ปีที่ 29 ฉบับที่ 4.

การผ่าตัดใส่สกรูที่ก้านกระดูกสันหลังร่วมกับเครื่องกระตุ้นตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย: บทความปริทัศน์

ณัฐวุฒิ นิลเจียรสกุล, พ.บ., ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์

หน่วยประสาทศัลยศาสตร์, ภาควิชาศัลยศาสตร์, คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล,
มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช, ดุสิต, กรุงเทพมหานคร 10300

บทคัดย่อ

การผ่าตัดใส่สกรูที่ก้านกระดูกสันหลังถูกใช้เพื่อการผ่าตัดภาวะความผิดปกติของกระดูกสันหลังอันเกิดจากอุบัติเหตุ, ความเสื่อมของกระดูกสันหลัง, กระดูกสันหลังคด, และเนื้องอกบริเวณกระดูกสันหลังและไขสันหลัง ความแม่นยำในการใส่สกรูมีความสำคัญมากเพราะหากมีการแตกทะลุของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังแล้วอาจเกิดภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงไม่ว่าจะเป็นภาวะอันตรายต่อรากประสาท, ไขสันหลัง, หลอดเลือด, เยื่อหุ้มสมอง, อวัยวะภายใน, เกิดข้อต่อลง, และอุปกรณ์ที่ใส่เกิดความล้มเหลว ซึ่งปัญหาภาวะแทรกซ้อนหลังการผ่าตัดใส่สกรูที่ศัลยแพทย์ต้องเผชิญมากที่สุดคือการที่สกรูไปทำอันตรายต่อรากประสาท ถึงแม้ว่าจะมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยมากขึ้นในทศวรรษที่ผ่านมาแต่การใส่สกรูก็ยังคงทำให้เกิดความเสี่ยงดังกล่าวได้จากการศึกษามากมายในปัจจุบันพบว่าการใช้เครื่องกระตุ้นตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายในระหว่างการผ่าตัดช่วยในการใส่สกรูให้มีความแม่นยำและลดอันตรายต่อรากประสาทได้ โดยมีค่าความไวปานกลางและค่าความจำเพาะสูงในการตรวจจับการแตกทะลุผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง อีกทั้งพบว่าโอกาสที่จะมีการแตกทะลุผนังของผนังฝั่งด้านในก้านกระดูกสันหลังและเกิดอันตรายต่อเส้นประสาทหลังการผ่าตัดมีความสัมพันธ์กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นเส้นประสาทที่ต่ำ

คำสำคัญ: การแตกทะลุผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง, การผ่าตัดใส่สกรูที่ก้านกระดูกสันหลัง, เครื่องกระตุ้นตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย, อันตรายต่อรากประสาท

Abstract

Pedicle Screw Insertion with Intraoperative Triggered Electromyography Monitoring: A Review Article

Nattawut Niljianskul, M.D.

Division of Neurosurgery, Department of Surgery, Faculty of Medicine Vajira Hospital, Navamindradhiraj University, Dusit, Bangkok 10300, Thailand

The placement of pedicle screws (PS) has commonly used to treatment spinal pathologies including trauma, degenerative disease, scoliosis, and tumors. Accuracy for PS placement is very important and challenge due to malposition of PS and breached pedicle walls could lead to serious complication such as nerve root injury, spinal cord injury, vascular injury, dural laceration, visceral injury, pseudarthrosis, and instrument failure. Especially the nerve injury was the most common complication that confronted with spine surgeon. Despite technical advances over the last decades, PS placement is still associated with risk of complications. Intraoperative triggered electromyography (tEMG) is another intervention used to precisely place PS and avoiding nerve root injury. Intraoperative tEMG had the ability to detect pedicle breaches with fair sensitivity and high specificity. The probability of medial breach pedicle screw and post-operative neural integrity injury were correlated with low stimulation threshold.

Keywords: nerve root injury, pedicle breach, pedicle screw fixation, triggered electromyography

บทนำ

การผ่าตัดใส่สกรูที่ก้านกระดูกสันหลัง (pedicle screw) มีการใช้มากขึ้นในปัจจุบันเพื่อรักษาความผิดปกติของกระดูกสันหลังไม่ว่าจะเกิดจากอุบัติเหตุ, เนื้องอกบริเวณกระดูกสันหลังและไขสันหลัง, กระดูกสันหลังผิดรูป (deformity) หรือ กระดูกสันหลังคด (scoliosis) ซึ่งมีข้อได้เปรียบในเรื่องของความมั่นคงของกระดูกสันหลัง, การจัดแนวกระดูกสันหลังและอัตราการเชื่อมข้อ (fusion rate) กระดูกสันหลังที่ดีกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้ป่วยที่มีภาวะกระดูกสันหลังคด การรักษาโดยการทำการแก้ไขการผิดรูปและการจัดแนวกระดูกสันหลังด้วยการผ่าตัดใส่สกรู (screw) ได้รับการยอมรับในปัจจุบันอย่างกว้างขวาง แต่การใส่สกรูอย่างปลอดภัยถือเป็นความท้าทายของศัลยแพทย์อย่างสูงเนื่องจากขนาดของก้านกระดูกสันหลังส่วนอก (thoracic pedicle) มีขนาดเล็กและมีโอกาสเกิดอันตรายต่อไขสันหลัง, เส้นประสาทและหลอดเลือดสำคัญบริเวณข้างเคียง การใส่สกรูเข้าไปในบริเวณกระดูกสันหลังมีโอกาสที่จะเกิดภาวะแทรกซ้อนต่างๆ ที่จะเกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท โดยการใส่สกรูที่ก้านกระดูกสันหลังกับภัยอันตรายต่อเส้นประสาทอย่างถาวรถึง 2.3%¹ และตำแหน่งการใส่สกรูที่ผิดพลาด 1.7-20%² ทำให้ต้องทำการผ่าตัดแก้ไขและเพิ่มวันนอนโรงพยาบาล

โดยทั่วไปในทางคลินิกศัลยแพทย์จะใช้จุดสังเกตทางกายวิภาค (bony landmark) ร่วมกับเครื่องกำเนิดภาพรังสีระหว่างที่ผ่าตัด ในการกำหนดจุดเข้า (entry point) ที่ปลอดภัยของการใส่สกรูแต่บ่อยครั้งพบว่าวิธีการเหล่านี้ไม่มีความแม่นยำเพียงพอ มีรายงานการเกิดภาวะที่สกรูทำอันตรายต่อผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง (pedicle wall) มากกว่า 8%³ และระหว่างผ่าตัดมีการใช้อุปกรณ์ตรวจสอบผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง (pedicle probe) เพื่อตรวจผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังว่ามีการแตกหรือไม่ แต่บางครั้งผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังที่ทำการแทงเข้าไปบางมากแล้วทำให้ตรวจไม่พบว่ามีกระดูก และเมื่อทำการใส่สกรูที่มีขนาดใหญ่กว่าอุปกรณ์ตรวจ

สอบก้านกระดูกสันหลังดังกล่าวอาจทำให้เกิดการแตกของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังได้เช่นกัน⁴

ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้เครื่องมือเสริมอื่นๆ เพื่อให้การใส่สกรูมีความแม่นยำมากขึ้น เช่นการใช้เครื่องกำเนิดภาพรังสีระหว่างผ่าตัดช่วยบอกตำแหน่งจุดเข้าของสกรู แต่ก็พบว่าไม่สามารถที่จะบอกจุดปลายของสกรูได้แม่นยำพอ หรือการใช้เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความไว (sensitivity) และ ความจำเพาะ (specificity) ค่อนข้างสูงกว่าการใช้เครื่องกำเนิดภาพรังสี แต่การใช้เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ไม่สามารถที่จะทำได้ทันทีในห้องผ่าตัดของโรงพยาบาลส่วนใหญ่สำหรับการใช้ระบบศัลยกรรมการนำร่องโดยอาศัยภาพสามมิติ สามารถช่วยให้การใส่สกรูมีความแม่นยำมากขึ้นและลดโอกาสการแตกทะลุ (breach) ของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังได้ แต่มีข้อเสียคือ เครื่องมือมีราคาค่อนข้างสูง, ต้องใช้เวลาในการติดตั้งก่อนการผ่าตัด, จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในห้องผ่าตัดค่อนข้างมาก, และไม่ได้บอกข้อมูลการทำงานของเส้นประสาทที่อาจได้รับการกระทบกระเทือนจากการใส่สกรู

ด้วยปัญหาเหล่านี้ทำให้ Calancie และคณะ⁵ ทำการศึกษาทดลองกับหมู และนำเสนอวิธีการใหม่ที่เรียกว่า triggered electromyography (tEMG) ซึ่งทฤษฎีดังกล่าวมีพื้นฐานมาจากกฎของโอห์ม ($I=E/R$) โดยที่ I คือ กระแสไฟฟ้าของวงจรมีหน่วยเป็นแอมแปร์, E คือ แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์, R คือความต้านทานของวงจร มีหน่วยเป็นโอห์ม tEMG เป็นการปล่อยกระแสไฟฟ้ากระตุ้นไปที่อุปกรณ์หรือสกรู และวัดค่าศักย์ไฟฟ้าที่ตรวจวัดด้วยการบินที่คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (compound muscle action potential) จากกลุ่มของกล้ามเนื้อที่เลี้ยงโดยเส้นประสาทที่อยู่ใกล้กับอุปกรณ์หรือสกรูที่ใส่เข้าไป โดยการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าที่ตรวจวัดด้วยการบินที่คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ระดับการกระตุ้นไฟฟ้าที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ในทางทฤษฎีไปถึงภาวะที่มีการแตกของผนังกระดูกสันหลังหรืออุปกรณ์ที่ทำการใส่เข้าไปอยู่ใกล้กับเส้นประสาททำให้การต้านทานของวงจรไฟฟ้าลดลงซึ่งเป็นการยอมให้กระแส

ไฟฟ้าผ่านเข้าไปผ่านจุดบกพร่องที่กระดูกสันหลังเข้าไปสู่เนื้อเยื่อของระบบประสาทได้

วิธีการใช้งานเครื่องกระตุ้นตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย (tEMG) ร่วมกับการผ่าตัดใส่สกรูที่ก้านกระดูกสันหลัง

การใส่สกรูผิดตำแหน่งสามารถนำไปสู่ภาวะแทรกซ้อนต่างๆ ได้ เช่น การแตกทะลุผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังทำให้สกรูกดเบียดเส้นประสาทและเกิดอันตรายต่อระบบประสาท (neurological injury) ตามมา ซึ่งศัลยแพทย์สามารถหลีกเลี่ยงการเกิดภาวะแทรกซ้อนเหล่านี้ได้หากทำการผ่าตัดอย่างประณีตและใช้เครื่องมือต่างๆ ช่วยระหว่างการผ่าตัด ปัจจุบันได้มีการใช้ tEMG ร่วมกับการใส่สกรูที่ระดับต่างๆ เช่น กระดูกสันหลังส่วนคอ, กระดูกสันหลังส่วนอก, กระดูกสันหลังระดับเอว (lumbosacral spine) และ หนามกระดูกเชิงกราน (iliac spine) อย่างแพร่หลาย ซึ่งการใช้ tEMG เพื่อหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อระบบประสาททำให้ศัลยแพทย์กระดูกสันหลังมีความมั่นใจในการผ่าตัดใส่สกรูมากขึ้น และเนื่องจากการใช้ tEMG ในระหว่างการผ่าตัดสามารถติดตามการทำงานของเส้นประสาทตามเวลาจริงได้ สาเหตุที่ทำให้เกิดการกระทบกระเทือนต่อเส้นประสาท เช่น การยืดหรือกดทับมันจะส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่เส้นประสาทเหล่านั้นไปเลี้ยง ดังนั้นการใช้สารระงับความรู้สึกที่จุดเชื่อมต่อระหว่างเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ (neuromuscular

blockade agents) จึงเป็นข้อห้าม

เมื่อได้ทำการติดเข็มเพื่อตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายในระดับที่เกี่ยวข้องกับการผ่าตัดแล้ว ขั้นตอนต่อมาจะตรวจสอบการทำงานของเส้นประสาท common peroneal เพื่อดูผลข้างเคียงของยาตมสลบที่อาจมีส่งผลต่อการตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายได้ เรียกการตรวจนี้ว่า twitch test ซึ่งหากมีค่ามากกว่า 75% แสดงว่าสามารถเริ่มติดตามสัญญาณ tEMG ได้ หลังจากนั้นจะทำการใส่สกรูร่วมกับการใช้ tEMG (รูปที่ 1) โดยมีขั้นตอนคือกำหนดจุดเข้าของการใส่สกรูก่อนและทำการใช้อุปกรณ์ตรวจสอบผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง ในการทำทางเข้าไปสู่กระดูกสันหลังผ่านทางก้านกระดูกสันหลัง ในระหว่างนี้จะมีการส่งสัญญาณไฟฟ้าผ่านทางอุปกรณ์ตรวจสอบผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังเพื่อดูค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้มากน้อยเพียงใดในการกระตุ้นเส้นประสาทที่อยู่ใกล้กับอุปกรณ์นั้น หลังจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นการใส่สกรูโดยใช้ไขควง (screw driver) ที่ต่อกับตัวส่งสัญญาณไฟฟ้าชนิดเดิม หากมีค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้มากกว่า 20mA บ่งชี้ว่าตัวอุปกรณ์นั้นอยู่ห่างจากเส้นประสาทในระดับที่ปลอดภัย โอกาสที่จะมีการแตกของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังน้อยมาก หรือมีโอกาสน้อยที่สกรูจะผิดตำแหน่ง ซึ่งกรณีที่ตรวจพบว่ามีสัญญาณไฟฟ้าในระดับที่ต่ำกว่า 7mA ควรที่จะทำการเปลี่ยนตำแหน่งการใส่สกรูใหม่ เนื่องจากสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นเส้นประสาทต่ำกว่าค่าปกติ เพราะฉนวนป้องกัน สัญญาณไฟฟ้าคือผนังโดยรอบก้าน



รูปที่ 1 ขั้นตอนการใส่สกรูร่วมกับการใช้เครื่องกระตุ้นตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย A, กำหนดจุดเข้าของการใส่สกรูที่ก้านกระดูกสันหลังและส่งสัญญาณไฟฟ้าผ่านทางอุปกรณ์ตรวจสอบผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง B, การส่งสัญญาณไฟฟ้าระหว่างการใส่สกรูด้วยไขควง C, การตรวจสอบสัญญาณไฟฟ้าที่หัวสกรูก่อนทำการใส่โลหะแท่งยาว

กระดูกสันหลังเกิดปัญหาในระหว่างการใส่อุปกรณ์ มีโอกาสสูงที่จะเกิดการแตกของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง และขั้นตอนสุดท้ายคือการตรวจสอบสัญญาณไฟฟ้าที่หัวของสกรูก่อนทำการใส่โลหะแท่งยาว (rod)

ผลการศึกษการใช้เครื่องกระตุ้นตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย (tEMG) ร่วมกับการผ่าตัดใส่สกรูที่ก้านกระดูกสันหลัง

หลังจากที่ได้ทำการทดลองในหมูแล้ว ในเวลาต่อมา Calancie และคณะ⁶ ได้นำวิธีการตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายมาใช้ร่วมกับการผ่าตัดใส่สกรูที่กระดูกสันหลังบริเวณเอวและกระเบนเหน็บจำนวน 102 ตัว ศึกษาในผู้ป่วยจำนวน 18 ราย พบว่าการใช้เครื่องมือชนิดนี้ช่วยการผ่าตัดมีความน่าเชื่อถือในการตรวจจับการแตกทะลุของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง โดยที่ใช้กระแสไฟฟ้าในการกระตุ้นที่ต่ำกว่า 5.5 mA มีความสัมพันธ์กับการแตกของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง ซึ่งทำให้ต่อมาได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางมากขึ้น ในปี 1995 McGuire และคณะ⁷ ได้ข้อสรุปว่าการใช้กระแสไฟฟ้าในการกระตุ้นที่มากกว่าหรือเท่ากับ 6 mA มีความสัมพันธ์กับการที่สกรูผิดตำแหน่ง (ตารางที่ 1)

Clement และคณะ⁸ ได้ทำการใช้ tEMG เพื่อประเมินความสมบูรณ์ (intact) ของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง และได้ข้อสรุปว่าที่กระแสไฟฟ้าที่มากกว่าหรือเท่ากับ

ตารางที่ 1 โอกาสแตกทะลุของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้น

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้น การแปลผล	
มากกว่า 10 mA ขึ้นไป	มีโอกาสที่ผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังจะแตกทะลุอย่างมาก
7-10 mA	มีโอกาสที่ผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังจะแตกทะลุ
น้อยกว่า 7 mA	มีโอกาสที่ผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังจะแตกทะลุสูงมาก

ตัวย่อ: mA=มิลลิแอมแปร์ (milliampere)

11 mA บ่งบอกว่าผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังยังคงสมบูรณ์อยู่และไม่มีพยาธิสภาพของเส้นประสาทหลังการผ่าตัด (postoperative radiculopathy) และงานวิจัยที่ตามมาภายหลังจากนี้ส่วนมากเพื่อยืนยันผลลัพธ์และความแม่นยำตามวิธีของ Calancie

ในเวลาต่อมาเริ่มมีการใช้เทคนิคนี้กับการผ่าตัดที่ระดับกระดูกสันหลังส่วนอก โดย Raynor และคณะ⁹ ได้ทำการศึกษการใช้ tEMG สำหรับการตรวจจับการแตกของผนังฝั่งด้านในก้านกระดูกสันหลัง (medial pedicle wall) ที่ระดับกระดูกสันหลังส่วนอก พบว่าที่กระแสไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 6 mA ร่วมกับการลดลงของค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้น 60-65% มีโอกาสที่จะเกิดการแตกของผนังฝั่งด้านในก้านกระดูกสันหลัง ส่วนการใช้ tEMG ร่วมกับการผ่าตัดภาวะกระดูกสันหลังคดในวัยรุ่นโดยไม่ทราบสาเหตุ (adolescent idiopathic scoliosis) ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องใส่สกรูเป็นจำนวนมากที่ก้านกระดูกสันหลังหลายระดับนั้นมีความยากลำบากมากกว่าปกติเนื่องจากผู้ป่วยอายุน้อยจะมีขนาดของก้านกระดูกสันหลังส่วนอกค่อนข้างเล็กทำให้โอกาสการแตกของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังมีสูงกว่าระดับกระดูกสันหลังบริเวณเอว

การศึกษาโดย Samdani และคณะในปี ค.ศ. 2011¹⁰ พบว่า tEMG สามารถที่จะตรวจจับการแตกของผนังฝั่งด้านในก้านกระดูกสันหลังที่ระดับกระดูกสันหลังส่วนอกได้เพียง 28% เท่านั้น แต่ที่ระดับ T10-T12 สามารถบอกค่าจำเพาะได้แม่นยำมากขึ้น 86% เพราะที่ระดับ T2-T9 กล้ามเนื้อระหว่างซี่โครง (intercostal muscle) มีขนาดค่อนข้างเล็กทำให้การตอบสนองต่อการกระตุ้นมีความน่าเชื่อถือน้อยกว่า จึงแนะนำศัลยแพทย์ใช้เครื่องมือตรวจสอบผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังผ่านรูที่เกิดจากการขยายช่องทางออกของรากประสาทจากทางด้านหลัง (laminotomy) ขนาดเล็ก ร่วมกับการใช้เครื่องกำเนิดภาพรังสีระหว่างที่ผ่าตัดแทนการใช้ tEMG เพียงอย่างเดียวที่ระดับ T2-9

ในปี ค.ศ. 2011 Parker และคณะ¹¹ ได้รายงานการผ่าตัดใส่สกรูที่กระดูกสันหลังระดับเอว 2,450 ตัวจาก

จำนวนผู้ป่วย 418 ราย พบว่าค่าผลบวกจริง (true positive) ของการยอมให้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นที่ค่าน้อยกว่า 5 mA มีค่าความจำเพาะการแตกของผนังฝั่งด้านในก้านกระดูกสันหลังที่สูงถึง 99.9% แต่ค่าความไวการแตกของผนังฝั่งด้านในก้านกระดูกสันหลังมีเพียง 43.4% เท่านั้น การทดสอบ EMG สกรูสามารถทำได้โดยการกระตุ้นสกรูที่ทำจากโลหะไททาเนียมและการตอบสนองของกลุ่มของกล้ามเนื้อที่เลี้ยงโดยเส้นประสาทที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังจะทำหน้าที่เป็นฉนวนกันกระแสไฟฟ้าที่จะส่งผ่านไปที่เส้นประสาท การที่ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นเส้นประสาทลดลงทำให้ศัลยแพทย์ต้องระวังการที่สกรูทะลุผ่านผนังฝั่งด้านในก้านกระดูกสันหลัง โดยการศึกษาพบว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 5-7 mA บ่งชี้ว่ามีการแตกทะลุผนังฝั่งด้านในก้านกระดูกสันหลัง

และในปี ค.ศ. 2016 ได้มีการทำการวิเคราะห์อภิมาน (meta-analysis) เกี่ยวกับการใช้ tEMG ในการตรวจจับการใส่สกรูผิดตำแหน่ง¹² พบว่าการใช้ tEMG มีค่าความจำเพาะสูงมาก แต่ค่าความไวปานกลางในการตรวจจับการใส่สกรูผิดตำแหน่ง หากศัลยแพทย์ที่ใช้ tEMG ร่วมกับการผ่าตัดใส่สกรูจำเป็นต้องรู้ถึงข้อจำกัดและควรที่จะตรวจสอบความแม่นยำการใส่สกรูโดยอาศัยวิธีอื่นร่วมด้วย เช่น การคลำหาผนังก้านกระดูกสันหลังโดยตรงหรือการใช้เครื่องมือกำเนิดภาพรังสีช่วยระหว่างที่ผ่าตัด เมื่อพิจารณาในส่วน of ค่าความจำเพาะที่สูงมากจะมีประโยชน์ในการบ่งชี้ว่าสกรูอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมและควรทำการเปลี่ยนตำแหน่งของสกรูทันทีที่ตรวจได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นมีค่าต่ำกว่าปกติดังตารางที่ 1 และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในประเทศไทยของนิลเจียรสกุลและคณะในปี 2022 พบว่าค่าความไวและความจำเพาะในการตรวจจับการแตกทะลุผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังอยู่ที่ 83.0% และ 91.0% ตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นๆ อีกทั้งยังพบปัจจัยที่ทำให้เกิดการแตกทะลุผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง คือ โรคที่เกิดจากการเสื่อมของกระดูกสันหลัง (degenerative disease) และเนื้องอกบริเวณกระดูกสันหลัง (odds ratio (OR) 3.05,

95%CI 1.11-8.41, p -value=0.030) และกระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นมีค่าอยู่ระหว่าง 7-10 mA (OR 0.02, 95%CI 0.00-0.19, p -value < 0.001) อันเนื่องมาจากรูปร่างของจุดสังเกตทางกายวิภาคของการใส่สกรูในกลุ่มดังกล่าวมีรูปร่างที่ผิดปกติไปจากเดิมทำให้มีโอกาสสูงที่จะเกิดการแตกทะลุผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังได้ในช่วงการใส่สกรู¹³

นอกจากการใช้ tEMG กระแสไฟฟ้าต่ำกว่าปกติจะสามารถบอกได้ว่าการแตกตัวของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังได้แล้ว แต่สิ่งสำคัญมากกว่านั้นคืออาการทางคลินิกของระบบประสาทผู้ป่วยที่เกิดหลังการผ่าตัด ในกรณีที่ตรวจพบว่ามีการใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นต่ำกว่าปกติ ทำให้มีการศึกษาการใช้ tEMG เพื่อทำนายโอกาสเกิดภาวะอันตรายต่อระบบประสาทหลังการผ่าตัด โดยการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในผู้ป่วยที่ทำการผ่าตัดใส่สกรูที่บริเวณกระดูกสันหลังบริเวณเอวร่วมกับการใช้ tEMG พบว่าการที่กระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นเส้นประสาทขนาดต่ำกว่าค่าปกติมีโอกาสสูงถึง 10 เท่าที่จะเกิดอันตรายต่อเส้นประสาทหลังการผ่าตัด นอกจากนี้ยังพบว่าโอกาสความเป็นไปได้ที่จะพบภาวะที่แยกลงทางระบบประสาทหลังการผ่าตัดหากพบว่าการใช้กระแสไฟฟ้าต่ำกว่าปกติสูงขึ้นจาก 3.04% เป็น 11% ซึ่งการศึกษานี้บ่งชี้ถึงประโยชน์ของการใช้ tEMG ร่วมกับการผ่าตัดได้เป็นอย่างดี¹⁴ อย่างไรก็ตาม การใช้ tEMG ในการตรวจจับการใส่สกรูที่ผิดตำแหน่งได้ผลดีกับการตรวจจับการผิดตำแหน่งที่ผนังฝั่งด้านในก้านกระดูกสันหลังและตำแหน่งล่าง (inferior) หรือรู (foramen) ที่เส้นประสาทออกมาเพราะจะมีผลโดยตรงต่อตำแหน่งที่เส้นประสาทระดับนั้นวางตัวอยู่สัมพันธ์กับก้านกระดูกสันหลัง แต่การแตกที่ผนังฝั่งด้านข้างก้านกระดูกสันหลัง (lateral pedicle wall) และตำแหน่งบน (superior) จะมีโอกาสที่จะเกิดอันตรายต่อเส้นประสาทน้อยกว่า

จะเห็นได้ว่าจุดมุ่งหมายของการใช้ tEMG ระหว่างการผ่าตัดเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอันตรายต่อระบบประสาทวิธีที่ดีที่สุดที่จะพิจารณาประสิทธิภาพของเครื่องมือนี้คือการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (randomized

controlled trial) และวัดผลลัพธ์ปฐมภูมิ (primary outcome) ที่การเกิดหรือไม่เกิดอันตรายต่อระบบประสาท แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถที่จะทำได้เนื่องจากกรณีที่ tEMG มีสัญญาณเตือนเกิดขึ้น ศัลยแพทย์ไม่สามารถที่จะเพิกเฉยได้ จึงเป็นความท้าทายว่าเมื่อใดที่จะบอกได้ว่าสัญญาณที่เตือนมาเป็นผลบวกจริงหรือผลบวกลวง (false positive) ดังนั้นในงานวิจัยส่วนใหญ่จึงนำค่าสัญญาณเหล่านี้มาแปลผลในแง่ของผลลัพธ์ต่อระบบประสาทหลังการผ่าตัด (postoperative neurological outcomes) ที่ดีขึ้นเพื่อสนับสนุนการใช้เครื่องมือนี้ บางการศึกษาจึงกล่าวถึงการที่เนื้อเยื่อของระบบประสาทถูกป้องกันผ่านการใช้เครื่องมือนี้ หรือ การใส่สกรูมีความแม่นยำมากขึ้นแต่ไม่ได้ช่วยป้องกันอันตรายต่อระบบประสาทได้เพราะว่าไม่ใช่สกรูที่ใส่ผิดตำแหน่งทุกตัวจะทำให้เกิดอันตรายต่อระบบประสาท¹⁵

ดังนั้นจึงมีการศึกษาของ Perumal และคณะ¹⁶ ในผู้ป่วยจำนวน 518 รายทำการผ่าตัดใส่สกรูทั้งหมด 3,112 ตัว ที่กระดูกสันหลังระดับเอว โดยเปรียบเทียบระหว่างการผ่าตัดด้วยการใช้กับไม่ใช้ tEMG ระหว่างผ่าตัดและวัดผลลัพธ์การเกิดอันตรายต่อระบบประสาทจากการที่สกรูผิดตำแหน่งพบว่าผู้ป่วยที่ใช้ tEMG ระหว่างผ่าตัดมีการลดลงของจำนวนสกรูผิดตำแหน่งที่เป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายต่อระบบประสาทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สิ่งที่กังวลต่อมาเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือนี้คือการที่เส้นประสาทถูกกดมาเป็นเวลานานๆ หรือมีพยาธิสภาพเกิดขึ้นมานานแล้วอาจทำให้การตอบสนองต่อ tEMG เมื่อเทียบกับเส้นประสาทที่ปกติแล้วถูกกดทับโดยสกรูที่ใส่เข้าไปใหม่นั้นมีความแตกต่างกัน โดยเส้นประสาทที่ได้รับการบาดเจ็บหรือถูกกดทับจำเป็นต้องใช้กระแสไฟฟ้าในการกระตุ้นที่มากขึ้นกว่าเส้นประสาททั่วไป

ผลบวกลวง หมายถึง ผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังยังไม่มีแตกแต่มีสัญญาณเตือนเกิดขึ้น อาจเกิดภาวะนี้ได้หากผู้ป่วยมีภาวะกระดูกพรุน (osteoporosis) หรือทำการผ่าตัดบริเวณกระดูกสันหลังกระเบนเหน็บ (sacrum) เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีความหนาแน่นของ

กระดูก (bone density) ที่ค่อนข้างต่ำ หากศัลยแพทย์ตรวจสอบอย่างละเอียดจนแน่ใจว่าไม่มีการแตกของผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังแล้วก็สามารถยอมรับค่าสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นได้ ส่วนผลลบลวง (false negative) หมายถึง ผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลังแตกแล้วแต่ไม่มีสัญญาณเตือนใดๆ เกิดขึ้น อาจเกิดจากผลของยาหย่อนกล้ามเนื้อออกฤทธิ์ที่ส่วนกลาง, จากการที่เส้นประสาทถูกกดทับมานานหรือมีภาวะประสาทเสื่อมจากเบาหวาน (diabetic neuropathy), หรืออาจเกิดจากมีการแตกของผนังฝั่งด้านข้างก้านกระดูกสันหลัง ศัลยแพทย์ควรทำการดูเลือดออกจากบริเวณที่ผ่าตัดเพื่อลดผลของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนเส้นทาง (current shunting) และพิจารณาทำการกระตุ้นที่เส้นประสาทโดยตรง (direct nerve stimulation) เพื่อทดสอบเส้นประสาทและอาจเพิ่มปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นอีกครั้ง

จากที่กล่าวมาข้างต้นว่าการใช้ tEMG ให้ค่าความไวปานกลางในการตรวจจับความผิดปกติ ซึ่งมีสมมติฐานจากการที่กลุ่มกล้ามเนื้อบริเวณนั้นถูกเลี้ยงโดยเส้นประสาทมากกว่า 1 เส้น ดังนั้นการที่เกิดอันตรายต่อเส้นประสาทที่ระดับนั้นเพียง 1 เส้นอาจไม่เกิดผลลัพธ์ทางระบบประสาทที่แย่งจนกระทั่งมีอาการแสดงได้ หรืออาจเป็นจากคุณภาพของกระดูกสันหลังของผู้ป่วยที่แย่อยู่แต่เดิมทำให้การนำกระแสไฟฟ้าต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้นจึงอาจพิจารณาการใช้การตรวจวัดการทำงานของเส้นประสาทที่ละเอียดมากขึ้นเพื่อลดความผิดพลาดจากการใช้ tEMG ลง แต่ก็ยังเป็นสิ่งที่ต้องศึกษาต่อไปถึงประโยชน์ต่อผู้ป่วยและความคุ้มค่าในการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวร่วมในการผ่าตัด

นอกจากนี้การใช้ tEMG ยังมีประโยชน์กับการผ่าตัดใส่สกรูผ่านกล้องแผลเล็ก (minimally invasive surgery) ที่ไม่สามารถบอกจุดสังเกตทางกายวิภาคของการใส่สกรูด้วยตาเปล่าเหมือนการผ่าตัดด้วยวิธีปกติ ทำให้ลดการใช้เครื่องมือกำเนิดภาพรังสีระหว่างที่ผ่าตัดได้ และมีการใช้แพร่หลายมากขึ้นในกลุ่มผู้ป่วยที่ทำการผ่าตัดด้วยวิธีผ่าตัดเชื่อมข้อกระดูกสันหลังจากทางด้านข้างผ่านกล้ามเนื้อสันใน (transposas approach for interbody fusion) รวมถึง

มีการใช้ควบคู่กับการผ่าตัดขยายรูรากประสาท (foraminotomy), การผ่าตัดหมอนกระดูกสันหลังออกผ่านกล้อง (endoscopic discectomy), และการผ่าตัดในกลุ่มโรคไขสันหลังถูกตึงรั้ง (tethered spinal cord release) เช่นกัน

สรุป

การใช้ tEMG ในระหว่างผ่าตัดร่วมกับการคลำหาผนังโดยรอบก้านกระดูกสันหลัง และการใช้เครื่องกำเนิดภาพรังสีระหว่างที่ผ่าตัด ทำให้การผ่าตัดใส่สกรูมีความปลอดภัยและลดภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจากใส่สกรูผิดตำแหน่งได้ โดยค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นเส้นประสาทที่ต่ำกว่า 7 mA มีโอกาสสูงที่จะมีการแตกทะลุผนังของผนังฝั่งด้านในก้านกระดูกสันหลังและเกิดอันตรายต่อเส้นประสาทหลังการผ่าตัด

เอกสารอ้างอิง

- Esses SI, Sachs BL, Dreyzin V. Complications associated with the technique of pedicle screw fixation. A selected survey of ABS members. *Spine*. 1993;18:2231-8.
- Nevzati E, Marbacher S, Soleman J, Perrig WN, Diepers M, Khamis A, et al. Accuracy of pedicle screw placement in the thoracic and lumbosacral spine using a conventional intraoperative fluoroscopy-guided technique: a national neurosurgical education and training center analysis of 1236 consecutive screws. *World Neurosurg*. 2014;82:866-71.e1-2.
- Liljenqvist UR, Halm HF, Link TM. Pedicle screw instrumentation of the thoracic spine in idiopathic scoliosis. *Spine* 1997; 22: 2239-45.
- Min WK, Lee HJ, Jeong WJ, Oh CW, Bae JS, Cho HS, et al. Reliability of triggered EMG for prediction of safety during pedicle screw placement in adolescent idiopathic scoliosis surgery. *Asian Spine J*. 2011;5:51-8.
- Calancie B, Lebowhl N, Madsen P, Klose KJ. Intraoperative evoked EMG monitoring in an animal model: A new technique for evaluating pedicle screw placement. *Spine*. 1992;17:1229-35.
- Calancie B, Madsen P, Lebowhl N. Stimulus-evoked EMG monitoring during transpedicular lumbosacral spine instrumentation. Initial clinical results. *Spine*. 1994;27:80-86.
- Maguire J, Wallace S, Madiga R, Leppanen R, Draper V. Evaluation of intrapedicular screw position using intraoperative evoked electromyography. *Spine*. 1995;20:1068-74.
- Clements DH, Morledge DE, Martin WH, Betz RR. Evoked and spontaneous electromyography to evaluate lumbosacral pedicle screw placement. *Spine*. 1996;21:600-4.
- Raynor BL, Lenke LG, Kim Y, Hanson DS, Wilson-Holden TJ, Bridwell KH, et al. Can triggered electromyograph thresholds predict safe thoracic pedicle screw placement? *Spine*. 2002;27:2030-5.
- Samdani AF, Tantsori M, Cahill PJ, Ranade A, Koch S, Clements DH, et al. Triggered electromyography for placement of thoracic pedicle screws: is it reliable? *Eur Spine J*. 2011;20:869-74.
- Parker SL, Amin AG, Farber SH, McGirt MJ, Sciubba DM, Wolinsky JP, et al. Ability of electromyographic monitoring to determine the presence of malpositioned pedicle screws in the lumbosacral spine: Analysis of 2450 consecutively placed screws. *J Neurosurg Spine*. 2011;15:130-5.
- Mikula AL, Williams SK, Anderson PA. The use of intraoperative triggered electromyography to detect misplaced pedicle screws: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Spine*. 2016;24:624-38.
- Niljianskul N, Phoominaonin IS. Retrospective Study of Nerve Injury and Pedicle Screw Breach after Pedicle Screw Fixation with Intraoperative Triggered Electromyography Monitoring. *J Health Sci Med Res*. 2022;40(3):251-9.
- Reddy RP, Chang R, Coutinho DV, Meinert JW, Anetakis KM, Crammond DJ, et al. Triggered elec-

- tromyography is a useful intraoperative adjunct to predict postoperative neuro-logical deficit following lumbar pedicle screw instrumentation. *Global Spine J.* 2021;21925682211018472.
15. de Blas G, Barrios C, Regidor I, Montes E, Burgos J, Pizá-Vallespir G, et al. Safe pedicle screw placement in thoracic scoliotic curves using t-EMG: stimulation threshold variability at concavity and convexity in apex segments. *Spine.* 2021;37:E387–95.
16. Kaliya-Perumal AK, Charng JR, Niu CC, Tsai TT, Lai PL, Chen LH, Chen WJ. Intraoperative electromyographic monitoring to optimize safe lumbar pedicle screw placement: a retrospective analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):229.

การประเมิน cerebrovascular reserve ในผู้ป่วย chronic cerebrovascular insufficiency โดยใช้ resting state hemodynamic parameter

ชานน อริยประกาย, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์
กิติพร ศรีอมรัตนกุล, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์
นาแสง อัครธรรมโชติ, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์
สมเกียรติ วงศ์สุรียนันท์, พ.บ. ว.ว. ประสาทศัลยศาสตร์

หน่วยประสาทศัลยศาสตร์, ภาควิชาศัลยศาสตร์, คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล,
มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช, ดุสิต, กรุงเทพมหานคร, 10300, ประเทศไทย

บทคัดย่อ

Cerebrovascular reserve (CVR) เป็น hemodynamic parameter ที่มีบทบาทสำคัญในการประเมินผู้ป่วยสมองขาดเลือดเรื้อรังโดยมีผลต่อการรักษาและการพยากรณ์โรคของผู้ป่วยในระยะยาว การประเมิน cerebrovascular reserve โดยมาตรฐานจะทำการทำ acetazolamide challenge test หรือ CO₂ inhalation test ซึ่งทั้งสองวิธีอาจก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนจากการทำ และมีข้อจำกัดพอสมควร การประเมิน cerebrovascular reserve ทางอ้อมโดยใช้ resting state hemodynamic parameter จึงเป็นทางเลือกที่ดีและเหมาะสมสำหรับสถาบันที่ไม่สามารถประเมิน cerebrovascular reserve โดยวิธีมาตรฐานได้

บทความนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมเพื่อเปรียบเทียบ resting hemodynamic parameter กับการวัด cerebrovascular reserve (CVR) โดยวิธีมาตรฐาน ได้ข้อสรุปว่า resting hemodynamic parameter ที่มีความสัมพันธ์กับ CVR ที่ได้จากการวัดโดยวิธีมาตรฐาน อย่างมีนัยสำคัญคือ mean transit time (MTT) ในขณะที่ cerebral blood flow (CBF) และ cerebral blood volume (CBV) ไม่ได้สัมพันธ์กับ CVR ที่ได้จากการวัดโดยวิธีมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: สมองขาดเลือดเรื้อรัง

Abstract

Cerebrovascular reserve (CVR) is an important hemodynamic parameter for evaluating patients with chronic cerebrovascular insufficiency regarding both treatment options and long-term prognosis. Acetazolamide challenge test and CO₂ inhalation test are standard methods for CVR evaluation. However, both methods have several complications and limitations. Indirect measurement of CVR by resting hemodynamic parameter is an alternative diagnostic tool especially in the center where direct CVR measurements are unavailable. In this article, we review literatures that compare resting hemodynamic parameters to direct measurement of CVR. We found that among resting hemodynamic parameters including mean transit time (MTT), cerebral blood flow (CBF), and cerebral blood volume (CBV), only mean transit time (MTT) is significantly correlated with direct measurement of CVR.

Keyword: chronic cerebrovascular insufficiency

บทนำ

ภาวะ impaired cerebrovascular reserve เป็นปัจจัยเสี่ยงในการเกิดสมองขาดเลือดซ้ำในผู้ป่วยที่มีภาวะสมองขาดเลือดเรื้อรัง ไม่ว่าจะเป็นสาเหตุจาก atherosclerosis หรือ Moyamoya disease ก็ตาม นอกจากการบอกพยากรณ์โรคแล้วการประเมิน cerebrovascular reserve ยังช่วยในการตัดสินใจเลือกวิธีการรักษาโดยการทำให้ extracranial-intracranial bypass อีกด้วย การประเมิน cerebrovascular reserve โดยวิธีมาตรฐานจะใช้การทำ acetazolamide challenge test หรือ carbon dioxide inhalation เพื่อทำการเปรียบเทียบ cerebral blood flow ก่อนและหลังการตรวจ อย่างไรก็ตาม ทั้งการทำ acetazolamide challenge test และ carbon dioxide inhalation มีขั้นตอนการตรวจที่ค่อนข้างซับซ้อน มีความเสี่ยงในการเกิดข้อแทรกซ้อนจากการตรวจ และมีข้อจำกัดพอสมควร ในหลายสถาบันจึงอาจไม่มีความพร้อมในการตรวจ cerebrovascular reserve โดยวิธีมาตรฐาน

การประเมิน cerebrovascular reserve ทางอ้อมโดยใช้ resting hemodynamic parameter จึงเป็นทางเลือกที่มีประโยชน์สำหรับสถาบันที่ไม่มีความพร้อมในการประเมิน cerebrovascular reserve ด้วยวิธีมาตรฐาน^{1,2,3}

ภาวะสมองขาดเลือดเรื้อรัง (chronic cerebrovascular insufficiency)

ภาวะสมองขาดเลือดเรื้อรัง (chronic cerebrovascular insufficiency) คือภาวะที่สมองมี cerebral blood flow ต่ำกว่าปกติเป็นระยะเวลามากกว่า 2 เดือน ซึ่งอาจทำให้ผู้ป่วยมีอาการสมองขาดเลือดชั่วคราว (transient ischemic attack), recurrent ischemic stroke หรืออาจมีภาวะบกพร่องของพุทธิปัญญา (impaired cognitive function)

หากส่งตรวจภาพถ่ายทางรังสีในผู้ป่วยกลุ่มนี้อาจพบสมองขาดเลือดบริเวณ watershed area หรืออาจมี brain atrophy ได้

สาเหตุของภาวะสมองขาดเลือดเรื้อรังอาจเกิดได้จากความผิดปกติของหัวใจ หรือความผิดปกติของหลอดเลือด

สมองและหลอดเลือดแดงส่วนคอก็ได้³

ความผิดปกติของหัวใจที่สามารถทำให้เกิด chronic cerebrovascular insufficiency ได้แก่ภาวะ heart failure, sick sinus syndrome และ atrioventricular blockage ซึ่งภาวะเหล่านี้จะทำให้หัวใจสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงสมองได้ลดลง⁴

ความผิดปกติของหลอดเลือดสมองและหลอดเลือดส่วนคอที่ทำให้เกิด chronic cerebrovascular insufficiency ได้แก่การตีบตันของหลอดเลือด extracranial internal carotid artery (ICA) หรือ intracranial artery จากภาวะ atherosclerosis, โรค Moyamoya, CNS vasculitis หรือ cerebral AVM³ โดยสาเหตุหลักที่ทำให้เกิด chronic cerebrovascular insufficiency คือ atherosclerosis และโรค Moyamoya

ภาวะ intracranial atherosclerosis เป็นภาวะที่พบได้บ่อย โดยจะพบในคนเอเชียมากกว่า คนตะวันตก ในคนเอเชียพบภาวะนี้ได้ประมาณ 7.2-30% ของคนที่ไม่เคยมีอาการสมองขาดเลือด และเป็น 30-50% ของสาเหตุของ ischemic stroke ในชาวเอเชีย⁵

ภาวะ extracranial atherosclerosis พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ โดยในผู้ที่ไม่มีอาการที่มีอายุ 70 ปีขึ้นไป สามารถพบภาวะ cervical ICA stenosis ได้สูงถึง 50%⁶

โรค Moyamoya เป็นโรคที่เกิดการตีบตันของหลอดเลือด ICA ส่วนปลาย MCA, ACA ส่วนต้น ร่วมกับการเพิ่มขึ้นของ collateral vessel โรค Moyamoya เป็นโรคที่พบในกลุ่มชาวญี่ปุ่นและเอเชีย มากกว่าประเทศตะวันตก⁷ โดยในประเทศ ญี่ปุ่น, จีน และเกาหลี มีรายงานการพบโรคนี้ 3-16 รายต่อประชากร 100,000 คน โดยผู้ป่วยอาจเกิด TIA, ischemic stroke หรือ hemorrhagic stroke ก็ได้⁸

Physiology of cerebrovascular hemodynamic and cerebrovascular reserve

สมองเป็นอวัยวะที่มีการใช้พลังงานสูงต่อเนื่องตลอดเวลา ร่างกายจำเป็นต้องมีกลไกในการให้สารพลังงานแก่เนื้อเยื่อสมองโดยการส่งเลือดมาเลี้ยงสมองในอัตราประมาณ 50 ml/min/100g ของเนื้อเยื่อสมอง ซึ่ง cere-

bral blood flow นี้จำเป็นต้องมีการรักษาระดับที่คงที่ไม่ว่า cerebral perfusion pressure จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ตาม เนื่องจากหาก cerebral blood flow ลดลงสมองจะเกิดการขาดเลือด ในทางกลับกันหาก cerebral blood flow เพิ่มขึ้น จะเกิดภาวะสมองบวม หรืออาจเกิดเลือดออกในสมองได้

ความสัมพันธ์ของการไหลเวียนของเลือดกับ cerebral perfusion pressure และ cerebral vascular resistance เป็นไปตามสมการ

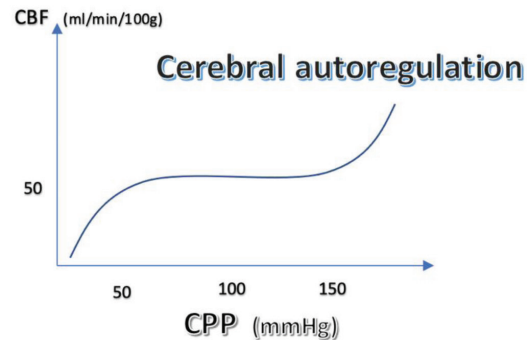
$$\text{Cerebral blood flow} = \frac{\text{Cerebral perfusion pressure}}{\text{cerebral vascular resistance}}$$

การควบคุมปริมาณเลือดที่เลี้ยงสมองให้คงที่สามารถทำได้โดยกลไก cerebral autoregulation กล่าวคือ เมื่อ cerebral perfusion pressure ลดลง กล้ามเนื้อในหลอดเลือดจะคลายตัวเพื่อให้หลอดเลือดขยายตัวส่งผลให้ cerebral vascular resistance ลดลง ในทางกลับกันหาก cerebral perfusion pressure เพิ่มขึ้นกล้ามเนื้อในหลอดเลือดจะหดตัวเพื่อให้หลอดเลือดหดตัวส่งผลให้ cerebral vascular resistance เพิ่มขึ้นซึ่งผลสุดท้ายคือ cerebral blood flow จะมีค่าคงที่ เมื่อ cerebral perfusion pressure อยู่ในช่วง 50-150 mmHg โดยหลอดเลือดส่วนที่บีบเทาใน cerebral autoregulation มากที่สุดคือ precapillary arteriole^{2,9,10}

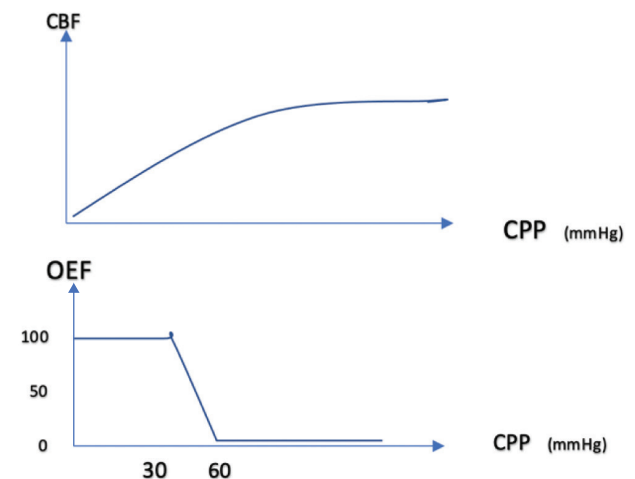
Cerebrovascular reserve หมายถึงความสามารถของหลอดเลือดในการขยายตัวเพื่อก่อให้เกิด cerebral autoregulation¹² หาก cerebral perfusion pressure ลดลงเกินกว่าที่ autoregulation จะควบคุมได้ ร่างกายจะมีกลไกในการปรับตัวโดยการเพิ่ม oxygen extraction fraction คือการดูดเอา oxygen ออกจากเลือดเพิ่มขึ้นจากปกติเพื่อป้องกันไม่ให้สมองขาด oxygen^{2,9,10}

เมื่อสมองเกิดพยาธิสภาพเช่น cerebral trauma, ischemic stroke หรือ intracerebral hemorrhage กลไก cerebral autoregulation นี้จะแย่งหรือหายไป หรืออาจกล่าวว่า cerebrovascular reserve ลดลง ซึ่งส่งผลให้สมอง

ในเลือดมีค่าลดลงกล้ามเนื้อในหลอดเลือดจะเกิดการหดตัว ทำให้หลอดเลือดหดตัว ส่งผลให้ cerebral blood flow



รูปที่ 1 กราฟแสดง autoregulation สังเกตว่า ในช่วง CPP 50 - 150 mmHg CBF จะมีค่าคงที่ (ดัดแปลงจาก Monica et al.⁹)

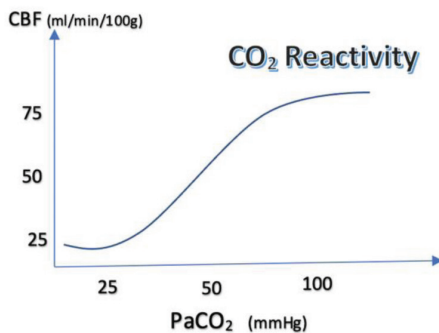


รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Oxygen extraction fraction ที่เพิ่มขึ้นเมื่อ cerebral perfusion pressure ลดลง (ดัดแปลงจาก Power et al.²)

เสี่ยงต่อการขาดเลือดมากขึ้นเมื่อมี perfusion pressure ลดลง^{11,12}

นอกจากหลอดเลือดสมองจะมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของ cerebral perfusion pressure แล้ว หลอดเลือดยังมีการตอบสนองต่อระดับ carbon dioxide ในเลือดด้วย โดยเมื่อ CO₂ ในเลือดมีค่าเพิ่มขึ้นกล้ามเนื้อในหลอดเลือดจะมีการคลายตัว ทำให้หลอดเลือดขยายตัว ส่งผลให้ cerebral blood flow เพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน หาก CO₂

ลดลง ความสามารถในการตอบสนองของหลอดเลือดต่อระดับ CO_2 ในเลือดนี้เรียกว่า CO_2 reactivity⁹⁾



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับ CO_2 ในเลือด และ cerebral blood flow (ดัดแปลงจาก Monica et al.⁹⁾)

ทั้งกลไกในการเกิด cerebral autoregulation และ CO_2 reactivity ต่างก็ขึ้นกับความสามารถในการคลายตัวและหดตัวเพื่อปรับเปลี่ยนขนาดของหลอดเลือดเช่นเดียวกัน cerebral autoregulation, cerebrovascular reserve และ CO_2 reactivity จึงมีความสัมพันธ์ต่อกัน กล่าวคือหาก CO_2 reactivity น้อย (หลอดเลือดขยายตัวน้อยเมื่อมีระดับ CO_2 ในเลือดที่เพิ่มขึ้น) cerebrovascular reserve ก็จะไม่ค่อยตามไปด้วย ซึ่งส่งผลให้ cerebral autoregulation แย่ตามไปด้วย ถึงแม้ความสัมพันธ์นี้จะไม่ได้เป็นการแปรผันตรงเชิงเส้น (non linear relationship) เนื่องจาก autoregulation เป็นการตอบสนองของกล้ามเนื้อหลอดเลือดโดยตรงต่อแรงเชิงกลคือความดันที่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่ CO_2 reactivity เป็นการตอบสนองของกล้ามเนื้อหลอดเลือดต่อสารเคมีโดยมี endothelial cell เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย อย่างไรก็ตามในทางคลินิกสามารถใช้ CO_2 reactivity ในการประมาณ cerebrovascular reserve และ cerebral autoregulation ได้เป็นอย่างดี^{13,14,15}

ความสำคัญในทางคลินิกของ cerebrovascular reserve ในภาวะ chronic cerebrovascular insufficiency

การมีภาวะ impaired cerebrovascular reserve แสดงถึงความสามารถในการรักษาระดับ cerebral blood

flow ที่ลดลง ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงในการเกิดภาวะสมองขาดเลือด และอาจใช้เป็นปัจจัยหนึ่งในการพิจารณาเลือกการรักษาโดยการผ่าตัด extracranial-intracranial bypass เพื่อเพิ่มปริมาณเลือดที่มาเลี้ยงสมอง

ในผู้ป่วยที่มีภาวะ intracranial และ extracranial ICA stenosis จาก atherosclerosis การมี impaired cerebrovascular reserve หรือมีการเพิ่มขึ้นของ oxygen extraction fraction ทั้งในกลุ่ม symptomatic และ asymptomatic จะเพิ่มโอกาสเกิด ischemic stroke ในช่วงระยะเวลา 5 ปี เทียบกับกลุ่มที่มี cerebrovascular reserve ที่ปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มที่มี impaired cerebrovascular reserve จะมีโอกาสเกิด ischemic stroke 13-17%/ปี ในขณะที่กลุ่มที่ cerebrovascular reserve ปกติ โอกาสเกิด ischemic stroke 3-4%/ปี ($P < 0.05$)^{16,17,18,19,20,21,22,23} ซึ่งการผ่าตัด extracranial-intracranial bypass ในผู้ป่วยกลุ่มนี้จะลดโอกาสเกิด ischemic stroke ลงแต่ผลที่ได้ยังไม่มีความสำคัญทางสถิติ²³

ในผู้ป่วยโรค Moyamoya จะมีภาวะ impaired cerebrovascular reserve อยู่แล้ว โดยผู้ที่มีภาวะ impaired cerebrovascular reserve ที่รุนแรงจะมีโอกาสเกิด ischemic event จะสูงกว่ากลุ่มที่ impaired cerebrovascular reserve ไม่รุนแรง (โอกาสเกิด ischemic event ในเวลา 3 ปี 15.6% ในกลุ่มที่ severe impaired CVR เทียบกับ 1.5% ในกลุ่มที่ CVR เสียไม่รุนแรง $P < 0.05$)²⁴

ในด้านของการรักษาโรค Moyamoya การประเมิน cerebrovascular reserve ไม่ได้มีบทบาทมากนักในการตัดสินใจผ่าตัด STA-MCA bypass โดยส่วนใหญ่ศัลยแพทย์จะตัดสินใจผ่าตัดจากอาการของผู้ป่วยเป็นหลัก โดยมีเพียงแค่บางสถาบันเท่านั้นที่ใช้ cerebrovascular reserve ในการตัดสินใจผ่าตัด^{25,26} ในด้านการเลือกบริเวณในการผ่าตัด STA-MCA bypass การต่อหลอดเลือดในบริเวณที่มี cerebrovascular reserve ต่ำจะเกิด angiogenesis ได้ดีกว่าการต่อหลอดเลือดในบริเวณที่ cerebrovascular reserve ผิดปกติไม่มาก²⁷

นอกจากการใช้ cerebrovascular reserve ในการ

พยากรณ์ความเสี่ยงในการเกิดสมองขาดเลือดในอนาคต และใช้ในการเลือกบริเวณในการตัดต่อหลอดเลือดแล้ว การประเมิน cerebrovascular reserve ในผู้ป่วย Moyamoya มีประโยชน์ในเรื่องการประเมินความเสี่ยงในการเกิดข้อแทรกซ้อนระหว่าง และหลังผ่าตัดอีกด้วย โดยผู้ป่วยที่มี Impaired cerebrovascular reserve ที่รุนแรง จะมีโอกาสเกิด perioperative ischemic stroke และ post operative hyper-perfusion syndrome มากกว่ากลุ่มที่ impaired cerebrovascular reserve ไม่รุนแรง^{28,29,30}

การประเมิน cerebrovascular reserve

มาตรฐานในการวัด cerebrovascular reserve ทำได้โดยการเพิ่มระดับ CO₂ ในเลือดของผู้ป่วย แล้วทำวัด cerebral blood flow ก่อนและหลังการเพิ่ม CO₂ จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับ การเพิ่มระดับ CO₂ ในเลือด อาจทำได้โดยการให้ Acetazolamide ทางหลอดเลือดดำซึ่ง Acetazolamide จะแพร่ผ่าน blood-brain barrier เข้าไปยับยั้ง enzyme carbonic anhydrase ใน brain ส่งผลให้ CO₂ มีค่าสูงขึ้น หรืออาจทำได้โดยการให้ผู้ป่วย สูดหายใจเอา ก๊าซ CO₂ เข้าไปโดยตรง ส่วนการวัด cerebral blood flow นั้นสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การใช้ CT perfusion, MR perfusion, SPECT, PET หรือ transcranial doppler ultrasound³¹

การทำ acetazolamide challenge ทำได้โดยการให้ acetazolamide 16-18 mg/kg (บางสถาบันอาจให้ขนาดยา 1g เท่ากันในทุกผู้ป่วยทุกราย) ทางหลอดเลือดดำ โดยหลอดเลือดจะเริ่มขยายตัวที่ 5 นาทีหลังให้ยา และจะขยายตัวมากที่สุดที่ 10 นาที และฤทธิ์ยาจะหมดไปทีหลัง 20 นาที ในคนปกติ cerebral blood flow สามารถเพิ่มได้จากเดิม 30-60%

ค่า cerebrovascular reserve สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$CVR = \frac{CBF_{postacetazolamide} - CBF_{preacetazolamide}}{CBF_{preacetazolamide}} \times 100$$

ข้อได้เปรียบของ acetazolamide challenge เมื่อเทียบกับการทำ CO₂ Inhalation คือไม่ส่งผลต่อ Systemic blood pressure, heart rate และ respiratory rate³¹

ผลข้างเคียงจากการให้ acetazolamide ที่ไม่รุนแรงสามารถพบได้บ่อยได้แก่ อาการชาอบริมฝีปาก หรือชาปลายมือปลายเท้าซึ่งพบได้ 51.4%, อาการปวดศีรษะพบได้ 42.4%, อาการปัสสาวะบ่อยพบได้ 13.5%, อาการคลื่นไส้พบได้ 12.7%, อาการอ่อนเพลียพบได้ 10.6%, การรับรสผิดปกติ 7.2% สังเกตว่าอาการเหล่านี้พบได้ค่อนข้างมาก แต่เป็นเพียงชั่วคราวและไม่มีอันตรายรุนแรง^{31,32,33}

ข้อแทรกซ้อนที่รุนแรงจากการได้รับ acetazolamide ที่มีการรายงานได้แก่การเกิด pulmonary edema, cardio-respiratory arrest ซึ่งพบได้น้อยมาก (< 1 %) และทั้งหมดเกิดในผู้ป่วยที่มีอายุมากกว่า 70 ปี^{34,35}

การเกิด ischemic stroke จาก steal phenomenon หลังได้รับ acetazolamide (กล่าวคือการที่หลอดเลือดที่ปกติมีการขยายตัวในขณะที่ หลอดเลือดที่ผิดปกติไม่สามารถขยายตัวได้ทำให้เลือดถูก shunt ออกจากบริเวณที่ผิดปกติจนสมองในบริเวณนั้นเกิดการขาดเลือด) เป็นข้อพึงระวังในทางทฤษฎี อย่างไรก็ตามในทางเวชปฏิบัติยังไม่มีรายงานการเกิดภาวะดังกล่าว^{31,36}

นอกจากผลข้างเคียงดังที่ได้กล่าวไปแล้ว acetazolamide ยังมีปฏิกิริยากับยาอื่นที่ต้องพึงระวัง ได้แก่

acetazolamide ทำให้ปัสสาวะเป็นด่างซึ่งจะเพิ่มการขับยา lithium, quinidine, procainamide, methenamine, phenobarbital และ salicylates ทำให้ระดับยาเหล่านี้ลดลง นอกเหนือจากการลดระดับยาบางตัวผ่านการทำให้ปัสสาวะให้เป็นด่างแล้ว acetazolamide ยังสามารถเพิ่มระดับยา cyclosporine หากมีการใช้ร่วมกัน ซึ่งอาจทำให้เกิด nephrotoxicity ได้ และ acetazolamide ยังเพิ่มโอกาสเกิด digitalis toxicity อีกด้วย และหากได้รับ acetazolamide ร่วมกับ salicylate จะเกิดภาวะ metabolic acidosis และ CNS depression ได้³¹

นอกเหนือจากข้อด้อยของ acetazolamide ที่กล่าว

มาทั้งหมด ข้อจำกัดที่สำคัญที่สุดสำหรับการทำ acetazolamide challenge ในประเทศไทยคือ ไม่มีการนำเข้ายา intravenous acetazolamide

การทำ CO₂ inhalation test ทำได้โดยการให้ผู้ป่วยสูดดม CO₂ ความเข้มข้น 3 - 5 % แล้วทำการวัด cerebral blood flow โดยในคนปกติ PaCO₂ ที่เพิ่มขึ้น 1 mmHg จะทำให้ cerebral blood flow จะเพิ่มขึ้น 0.01 - 0.02 mL/g/min ผลการขยายตัวของหลอดเลือดนี้จะเกิดขึ้นที่หลังสูดดม CO₂ และหลอดเลือดจะกลับสู่ภาวะปกติอย่างรวดเร็วหลังหยุดสูดดม CO₂

ค่า cerebrovascular reserve สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$CVR = \frac{CBF_{post-CO_2} - CBF_{pre-CO_2}}{CBF_{pre-CO_2}} \times \frac{100}{Pa_{pre-CO_2} - Pa_{post-CO_2}}$$

ผลการเพิ่ม cerebral blood flow จากการทำ CO₂ inhalation test จะน้อยกว่า การทำ acetazolamide challenge อย่างมาก นอกจากนี้การทำ CO₂ inhalation test ยังมีผลข้างเคียงได้แก่การเปลี่ยนแปลง heart rate และ systemic blood pressure โดย blood pressure สามารถเพิ่มขึ้นได้สูงถึง 10 mmHg

โดยรวมแล้ว CO₂ inhalation test มีขั้นตอนการทำที่ซับซ้อนกว่า และให้ผลที่ชัดเจนน้อยกว่า acetazolamide challenge³¹

การประเมิน cerebrovascular reserve โดยการใช้ resting state hemodynamic parameter

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การประเมิน cerebrovascular reserve แบบมาตรฐานไม่ว่าจะโดยการทำ acetazolamide challenge หรือการทำ CO₂ inhalation test ล้วนมีขั้นตอนที่ซับซ้อนพอสมควร มีผลข้างเคียง และข้อจำกัดอยู่ไม่น้อย ทำให้ในบางประเทศไม่สามารถประเมิน cerebrovascular reserve ได้ด้วยวิธีมาตรฐาน

การหาทางเลือกอื่นในการประเมิน cerebrovascular reserve จึงเป็นประโยชน์อย่างมาก

ในปี ค.ศ. 1984 Gibbs และคณะ สังเกตพบว่า ในผู้ป่วยหลอดเลือดแดง internal carotid ตีบตันบางรายจะมีการเพิ่มขึ้นของ mean transit time (MTT) ในขณะที่ค่า cerebral blood flow (CBF) และค่า cerebral blood volume (CBV) ยังไม่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่า resting state hemodynamic parameter (CBF, CBV, MTT) แต่ละตัวมีความไวไม่เท่ากันในการประเมินความเสี่ยงในการเกิดสมองขาดเลือด โดยที่ MTT อาจบ่งบอกถึงการมี impaired cerebrovascular reserve ได้³⁷

ปี ค.ศ. 2000 Kim และคณะได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ MRI perfusion เทียบกับการวัด cerebrovascular reserve (CVR) จากการทำ acetazolamide challenge 99mTc-HMPAO SPECT ในผู้ป่วย unilateral ICA occlusion 10 รายพบว่า mean transit time (MTT) สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญ ($r = 0.69, P < 0.05$) ในขณะที่ CBV, CBF ไม่ได้สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญ³⁸

ปี ค.ศ. 2002 Kikuchi และคณะได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ MRI perfusion เทียบกับการวัด cerebrovascular reserve (CVR) จากการทำ acetazolamide challenge Xe SPECT ในผู้ป่วย chronic occlusive cerebrovascular disease 17 ราย (34 hemisphere) พบว่า กลุ่มที่มี severe impair CVR (CBF increase $\leq 0\%$) มี MTT สูงกว่ากลุ่ม moderate impair CVR (CBF increase $> 0\%, \leq 15\%$) และกลุ่มปกติ (CBF increase $> 15\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.0004$ และ $p < 0.0001$ ตามลำดับ) โดย MTT ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับ CVR ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($r = -0.789, P < 0.0001$) ส่วนค่า CBF, CBV ในแต่ละกลุ่มไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ³⁹

ปี ค.ศ. 2002 Kaneko และคณะได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ MRI perfusion เทียบกับการวัด oxygen extraction

fraction (OEF) จาก ^{15}O -PETในกลุ่มตัวอย่าง 17 ราย ซึ่งประกอบด้วย ผู้ป่วย asymptomatic ICA stenosis 11 ราย และอาสาสมัครปกติ 6 ราย MTT สัมพันธ์กับ OEF อย่างมีนัยสำคัญ ($r = 0.81, P < 0.001$) ในขณะที่ CBF, CBV ไม่ได้สัมพันธ์กับ OEF อย่างมีนัยสำคัญ⁴⁰

ปี ค.ศ. 2006 Tanaka และคณะได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ MRI perfusion เทียบกับการวัด oxygen extraction fraction (OEF) จาก ^{15}O -PETในผู้ป่วย Moyamoya disease 36 ราย พบว่า MTT สัมพันธ์ กับ OEF ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($R^2 = 0.61, P < 0.001$) โดยที่ CBF, CBV ไม่ได้สัมพันธ์กับ OEF อย่างมีนัยสำคัญ⁴¹

ปี ค.ศ. 2008 Rim และคณะได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ CT perfusion เทียบกับการวัด cerebrovascular reserve (CVR) จากการทำ acetazolamide challenge SPECTในผู้ป่วย Moyamoya disease 19 ราย พบว่า MTT สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญในบริเวณ MCA territory, basal ganglia area และ watershed area ($r = -0.56$ to $-0.43, P < 0.05$) CBV สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในบริเวณ watershed area ($r = -0.65, P < 0.05$) ส่วนค่า CBF ไม่ได้สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญในทุกบริเวณ⁴²

ปี ค.ศ. 2008 Amita และคณะได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ CT perfusion เทียบกับการวัด oxygen extraction fraction (OEF) จาก ^{15}O -PETใน ผู้ป่วย cervical carotid occlusion 6 ราย (12 hemispheres) พบว่า MTT สัมพันธ์กับ OEF อย่างมีนัยสำคัญ ($R^2 = 0.590, p < 0.001$) ในขณะที่ CBV, CBF ไม่ได้สัมพันธ์กับ OEF อย่างมีนัยสำคัญ⁴³

ปี ค.ศ. 2009 Kim และคณะได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ CT perfusion เทียบกับการวัด CVR โดย acetazolamide challenge $^{99\text{mTc}}$ SPECT ในผู้ป่วยที่มี unilateral ICA หรือ MCA stenosis จำนวน 23 ราย พบว่า MTT ที่เพิ่ม

ขึ้นจากปกติเกิน 1.5 วินาที สัมพันธ์ กับ การมี impair CVR (CBF ลดลง $> 15\%$ หลังได้รับ acetazolamide) อย่างมีนัยสำคัญ (sensitivity 88%, specificity 70% $P < 0.001$)⁴⁴

ปี ค.ศ. 2010 Park และคณะได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ CT perfusion เทียบกับการวัด CVR โดย acetazolamide challenge SPECT ในผู้ป่วย 35 รายที่ได้รับการผ่าตัด STA-MCA bypass (Moyamoya disease 26 ราย, atherosclerosis 9 ราย) ก่อนผ่าตัด, early post op (mean 6.6 days), late post op (mean 6.4 months) พบว่าหลังผ่าตัด (late post op) CVR ในช่วงที่ผ่าตัดดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.001$) และ MTT สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญ ในช่วง pre op ($r = 0.343, p < 0.001$) และ late post op ($r = 0.365, p < 0.001$) โดยที่ CBV, CBF ไม่ได้สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญ⁴⁵

ปี ค.ศ. 2010 Eicker และคณะได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ CT perfusion เทียบกับการวัด CVR โดย acetazolamide challenge SPECT ในผู้ป่วย 13 ราย (symptomatic ICA/ MCA occlusion 9 ราย และ Moyamoya 4 ราย) พบว่า MTT และ TTP สัมพันธ์กับการ impaired CVR อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.005$) ในขณะที่ CBV, CBF ไม่ได้สัมพันธ์กับการ impaired CVR อย่างมีนัยสำคัญ⁴⁶

ปี ค.ศ. 2016 Kawano และคณะได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ MRI perfusion เทียบกับการวัด CVR โดย acetazolamide challenge SPECT ในผู้ป่วย Moyamoya 33 ราย

พบว่า MTT สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญในบริเวณ ACA territory ($r = -0.5154, p < 0.0001$) และ MCA territory ($r = -0.5636, p < 0.0001$) ส่วนในบริเวณ basal ganglia MTT ไม่ได้สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญ โดยการมี MTT ที่ยาวขึ้น สามารถทำนายการมี impaired CVR ได้ โดยมี sensitivity 68.4%, specificity 91.2%, positive predictive value 68.4% และ nega-

tive predictive value 91.2% ในขณะที่ CBF, CBV ไม่ได้สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญ⁴⁷

ปี ค.ศ. 2017 Hashimoto และคณะได้รายงานการศึกษาเปรียบเทียบการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ CT perfusion กับการวัด

CVR โดย acetazolamide challenge ¹²³I-IMP SPECT ในผู้ป่วย unilateral ICA หรือ MCA stenosis 20 ราย พบว่า MTT สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญ ($r = 0.717$, $p < 0.001$) ในขณะที่ CBF, CBV ไม่ได้สัมพันธ์กับ CVR อย่างมีนัยสำคัญ⁴⁸

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาการวัด resting state hemodynamic parameter กับการวัด CVR

Author	No. of cases	Disease	Method of measure resting hemodynamic	Method of measure CVR/ OEF	Result
Kim et al. 2000	10 cases	unilateral ICA occlusion	MR perfusion	acetazolamide challenge SPECT	MTT correlate with CVR
Kikuchi et al. 2002	17 cases (34 hemisphere)	chronic occlusive cerebrovascular disease	MR perfusion	acetazolamide challenge SPECT	MTT correlate with CVR
Kaneko et al. 2002	17 cases	asymptomatic ICA stenosis 11 cases normal volunteer 6 cases	MR perfusion	OEF ¹⁵ O-PET	MTT correlate with OEF
Tanaka et al. 2006	36 cases	Moyamoya disease	MR perfusion	OEF ¹⁵ O-PET	MTT correlate with OEF
Rim et al. 2008	19 cases	Moyamoya disease	CT perfusion	acetazolamide challenge SPECT	MTT correlate with CVR in MCA, basal ganglia & watershed area
Amita et al. 2008	6 cases (12 hemisphere)	cervical carotid occlusion	CT perfusion	OEF ¹⁵ O-PET	MTT correlate with OEF
Kim et al. 2009	23 cases	unilateral ICA/MCA stenosis	CT perfusion	acetazolamide challenge SPECT	MTT correlate with CVR (Sensitivity 88%, specificity 70%)
Eicker et al. 2010	13 cases	symptomatic ICA/MCA occlusion 9 cases Moyamoya 4 cases	CT perfusion	acetazolamide challenge SPECT	MTT, TTP correlate with CVR
Kawano et al. 2016	33 cases	Moyamoya	MR perfusion	acetazolamide challenge SPECT	MTT correlate with CVR in MCA, ACA but not basal ganglia (Sensitivity 68.4%, specificity 91.2 %)
Hashimoto et al. 2017	20 cases	unilateral ICA/MCA stenosis	CT perfusion	acetazolamide challenge SPECT	MTT correlate with CVR

ในด้านของการศึกษาความสัมพันธ์ของ MTT กับอาการทางคลินิกโดยตรงนั้น

ปี ค.ศ. 2016 Robert และคณะรายงานการศึกษาการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ PET ในผู้ป่วย Symptomatic ICA occlusion 68 ราย แล้วติดตามการเกิด ischemic stroke ในช่วงเวลา 5 ปี แล้วทำ cox regression analysis พบว่า MTT ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการเกิด recurrent stroke อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) sensitivity 77.8%, specificity 76.3%⁴⁹

ปี ค.ศ. 2016 Hirai และคณะรายงานการศึกษาการวัด resting hemodynamic parameter จากการทำ MRI perfusion ในผู้ป่วย Moyamoya disease จำนวน 122 ราย (157 hemisphere) ซึ่งแบ่งกลุ่มตามอาการทางคลินิกเป็น asymptomatic, hemorrhagic, infarction และ TIA พบว่า MTT ในกลุ่มที่มีอาการ (TIA, hemorrhage, infarct) มี MTT ในทุก area ยกเว้น thalamus มากกว่า กลุ่ม asymptomatic อย่าง significant ($P < 0.01$) และกลุ่ม TIA มี MTT ในบริเวณ frontal lobe ยาวกว่า hemorrhage อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)⁵⁰

บทสรุป

การประเมิน Cerebrovascular reserve มีความสำคัญอย่างมากในกลุ่มผู้ป่วย chronic cerebrovascular insufficiency ทั้งในกลุ่ม atherosclerosis และ Moyamoya disease ซึ่งโดยมาตรฐาน Cerebrovascular reserve สามารถประเมินได้จากการทำ acetazolamide challenge หรือ CO₂ inhalation ซึ่งทั้งสองวิธีมีความเสี่ยง และข้อจำกัดอยู่พอสมควร การใช้ resting hemodynamic parameter คือ MTT จากการทำ CT perfusion หรือ MR perfusion มีความสัมพันธ์กับ Cerebrovascular reserve โดยมี sensitivity และ specificity ในการประเมินภาวะ impaired cerebrovascular reserve อยู่ที่ 68.4-88% และ 70-91.2% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการศึกษาหลายการศึกษาไม่ได้เป็นการเปรียบเทียบ resting state hemodynamic parameter กับการวัด Cerebrovascular reserve โดยการให้

acetazolamide challenge โดยตรง แต่ใช้การเปรียบเทียบกับ การวัด oxygen extraction fraction แทน การแปลผลจึงต้องคำนึงถึงข้อจำกัดเหล่านี้ และในอนาคตควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของการใช้ resting hemodynamic state ในการประเมิน Cerebrovascular reserve มากกว่าที่มีในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามในสถาบันที่มีข้อจำกัดในการวัด CVR โดยวิธีมาตรฐาน การใช้ resting hemodynamic parameter คือ MTT เพื่อทดแทนการวัด CVR โดยวิธีมาตรฐาน อาจทำได้ด้วยความระมัดระวัง

เอกสารอ้างอิง

1. Ajay G, Levi JC, Maya H, Diana D, Nikesh A, Huiibo S, et al. Cerebrovascular reserve and stroke risk in patients with carotid stenosis or occlusion a systematic review and meta-analysis. *Stroke*. 2012;43:2884-91.
2. Power WJ. Cerebral hemodynamics in ischemic cerebrovascular disease. *Ann Neurol*. 1991;29:231-40.
3. Zhou D, Meng R, Si JL, Jing YY, Jia YD, Shu LS, et al. Advances in chronic cerebral circulation insufficiency. *CNS Neurosci Ther*. 2018;24:5-17.
4. Ovsenik A, Podbregar M, Fabjan A. Cerebral blood flow impairment and cognitive decline in heart failure. *Brain Behav*. 2021;11:2176.
5. Bang OH. Intracranial atherosclerosis: current understanding and perspectives. *J Stroke*. 2014;16:27-35.
6. Peter K, Maxim M, Travis MD, Kenneth VS, Adnan HS, Elad IL, et al. Cervical carotid artery stenosis latest update on diagnosis and management. *Curr Probl Cardiol*. 2012;37:127-69.
7. Suzuki J, Kodama N. Moyamoya disease a review. *Stroke*. 1983;14:104-9.
8. Jong SK. Moyamoya disease epidemiology, clinical features and diagnosis. *J Stroke*. 2016;18:2-11.
9. Monica SV, Lorri AL, Arthur ML. Cerebral blood flow and vascular physiology. *Anesthesiology Clin N Am*. 2002;20:247-64.
10. Lassen NA, Christensen MS. Physiology of cerebral

- blood flow. *Br J Anaesth.* 1976;48:71.
11. Paulson OB, Strandgaard S, Edvinsson L. Cerebral autoregulation. *Cerebrovasc brain metab Rev* 1990;2:161-92.
12. Georgios T, Andrei VA. Cerebral hemodynamics in acute stroke pathophysiology and clinical implications. *J Vasc Interv Neurol.* 2008;1:65-9.
13. Mauro U, Carlo AL. Interaction among autoregulation, CO₂ reactivity, and intracranial pressure a mathematical model. *Vasc Physiol.* 1998;274:H1715-28.
14. Enoch PW, Hermes AK, John LP. Dependence of pial arteriolar response to hypercapnia on vessel size. *Am J Physiol.* 1980;238:697-703.
15. Shahar L, Diana G, Victor M, Giris J. Impaired cerebral CO₂ vasoreactivity association with endothelial dysfunction. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2006;291:H1856-61.
16. Reinhard M, Schwarzwe G, Briel M. Cerebrovascular reactivity predicts stroke in high-grade artery disease. *Neurology.* 2014;83:1424-31.
17. Ajay G, J. Levi C, Maya H, Diana D, Nikesh A, Huibo S, et al. Cerebrovascular reserve and stroke risk in patients with carotid stenosis or occlusion a systematic review and meta analysis. *Stroke.* 2012;43:2884-91.
18. Ogasawara K, Ogawa A, Yoshimoto T. Cerebrovascular reactivity to acetazolamide and outcome in patients with symptomatic internal carotid or middle cerebral artery occlusion. A xenon-133 single-photon emission computed tomography study. *Stroke.* 2002;33:1857-62.
19. Silvestrini M, Vernieri F, Pasqualetti P. Impaired cerebral vasoreactivity and risk of stroke in patients with asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA.* 2000;283:2122-27.
20. Markus H, Cullinane M. Severely impaired cerebrovascular reactivity predicts stroke and TIA risk in patients with carotid artery stenosis and occlusion. *Brain.* 2001;124:457-67.
21. Yamauchi H, Fukuyama H, Nagahama Y. Significance of increased oxygen extraction fraction in five-year prognosis of major cerebral arterial occlusive diseases. *J Nucl Med.* 1999;40:1992-8.
22. Gur AY, Bova I, Bornstein NM. Is impaired cerebral vasomotor reactivity a predictive factor of stroke in asymptomatic patients?. *Stroke.* 1996;27:2188-90.
23. Garrett MC, Komotar RJ, Starke RM. The efficacy of direct extracranial-intracranial bypass in the treatment of symptomatic hemodynamic failure secondary to athero-occlusive disease a systematic review. *Clin Neurol Neurosurg.* 2009;111:319-26.
24. Dominique H, Nathanaelle IA, Lionel C, Christina R, Marc AL, Jean PG, et al. Predictors of clinical or cerebral lesion progression in adult moyamoya angiopathy. *Neurology.* 2019;93:23.
25. Marco L, GreG Z, Raphael G, TereSa BS, Gary KS. Quantitative hemodynamic studies in moyamoya disease. *Neurosurg Focus.* 2009;26:E5.
26. Norberto A, Ondrej C, Mario Z. Trends in the management of adult Moyamoya disease in the United States results of a nationwide survey. *World Neurosurg.* 2010;73 :361-4.
27. Nariai T, Suzuki R, Matsushima Y, Ichimura K, Hirakawa K, Senda M. Surgically induced angiogenesis to compensate for hemodynamic cerebral ischemia. *Stroke.* 1994;25:1014-21.
28. Antonucci, Burns, Pulling JR, Marks, Steinberg, Zaharchuk. Acute preoperative infarcts and poor cerebrovascular reserve are independent risk factors for severe ischemic complications following direct extracranial-intracranial bypass for Moyamoya disease. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2016;37:228-35.
29. Zhao WG, Luo Q, Jia JB, Yu JL. Cerebral hyperperfusion syndrome after revascularization surgery in patients with moyamoya disease. *Br J Neurosurg.* 2013;27:321-5.
30. Haruto U, Satoshi K, Kenji H, Tohru S, Kiyohiro H, Nagara T. Predictors and clinical features of postoperative hyperperfusion after surgical revascularization for Moyamoya disease. *Stroke.* 2015;43:2610-6.
31. Clifford JE, Pina CS. Perfusion imaging of cerebrovas-

- cular reserve. *Neuroimag Clin N Am*. 2005;15:367–81.
32. Christopher NS, Robert LO, Jeremy EO, Bradley AE, Atul M. Side effects of acetazolamide a systematic review and meta-analysis assessing overall risk and dose dependence. *BMJ Open Res*. 2020;7:e000557.
 33. Humber GS, Theodore BK, Mary EM, Ronnie DF, Jerry DA, Jamie JG, et al. The rCBF response to diamox in normal subjects and cerebrovascular disease patients. *J Neurosurg*. 1987;67:525–34. DENNIS E. MCDONNELL
 34. Zimmermann S, Achenbach S, Wolf M, Janka R, Marwan M, Mahler V. Recurrent shock and pulmonary edema due to acetazolamide medication after cataract surgery. *Heart Lung*. 2014;43:124–6.
 35. Hu CY, Lee BJ, Cheng HF, Wang CY. Acetazolamide-related life-threatening hypophosphatemia in a glaucoma patient. *J Glaucoma*. 2015;24:e31–3.
 36. Yonas H, Pindzola RR. Physiological determination of cerebrovascular reserves and its use in clinical management. *Cerebrovasc Brain Metab Rev*. 1994;6:325–40.
 37. Gibbs JM, Wise RJ, Leenders KL, Jones T. Evaluation of cerebral perfusion reserve in patients with carotid-artery occlusion. *Lancet*. 1984;1:310–4.
 38. Kim JH, Lee SJ, Shin T, Kang KH, Choi PY, Kim JH, et al. Correlative assessment of hemodynamic parameters obtained with T2*-weighted perfusion MR imaging and SPECT in symptomatic carotid artery occlusion. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2000;21:1450–6.
 39. Kikuchi K, Murase K, Miki H, Yasuhara Y, Sugawara Y, Mochizuki T, et al. Quantitative evaluation of mean transit times obtained with dynamic susceptibility contrast-enhanced MR imaging and with (133)Xe SPECT in occlusive cerebrovascular disease. *AJR Am J Roentgenol*. 2002;179:229–35.
 40. Kaneko K, Kuwabara Y, Mihara F. Validation of the CBF, CBV, and MTT values by perfusion MRI occlusive cerebrovascular disease: A comparison with 150-PET. *Acad Radiol*. 2002;11:489–97.
 41. Tanaka Y, Nariai T, Nagaoka T, Akimoto H, Ishiwata K, Ishii K, et al. Quantitative evaluation of cerebral hemodynamics in patients with moyamoya disease by dynamic susceptibility contrast magnetic resonance imaging – comparison with positron emission tomography. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2006;26:291–300.
 42. Rim HS, Kim YS, Shin SK. Which CT perfusion parameter best reflects cerebrovascular reserve? correlation of acetazolamide-challenged CT perfusion with single-photon emission CT in Moyamoya patients. *Am J Neuroradiol*. 2008;29:1658–63.
 43. Amita K, Wade SS, William JP, Alessandro C, Jeffrey DC, Tom V, et al. Perfusion CT compared to H2150/O150 PET in patients with chronic cervical carotid artery occlusion. *Neuroradiology*. 2008;50:745–51.
 44. Kim E, Sohn CH, Na DG, Kim JE, Chang KH, Kim JH, et al. Perfusion computed tomography evaluation of cerebral hemodynamic impairment in patients with unilateral chronic steno-occlusive disease a comparison with the acetazolamide challenge 99mTc-hexamethylpropyleneamine oxime single-photon emission computed tomography. *J Comput Assist Tomogr*. 2009;33:546–51.
 45. Park JC, Kim JE, Kang HS, Sohn CH, Lee DS, Oh CW, et al. CT perfusion with angiography as a substitute for both conventional digital subtraction angiography and acetazolamide-challenged SPECT in the follow-up of postbypass patients. *Cerebrovasc Dis*. 2010;30:547–55.
 46. Eicker SO, Turowski B, Heiroth HJ, Steiger HJ, Hänggi D. A comparative study of perfusion CT and 99m Tc-HMPAO SPECT measurement to assess cerebrovascular reserve capacity in patients with internal carotid artery occlusion. *Eur J Med Res*. 2011;16:484–90.
 47. Kawano T, Ohmori Y, Kaku Y, Muta D, Uekawa K, Nakagawa T, Amadatsu T, et al. Prolonged mean transit time detected by dynamic susceptibility contrast magnetic resonance imaging predicts cerebrovascular reserve impairment in patients with Moyamoya disease. *Cerebrovasc Dis*. 2016;42:131–8.

-
48. Atsumu H, Takeshi M, Katsuya K, Shouhei N, Tohru H, Masahiko W, et al. Assessment of hemodynamic compromise using computed tomography perfusion in combination with ^{123}I -IMP single-photon emission computed tomography without acetazolamide challenge test. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2017;26:627–35.
49. Robert L. Grubb Jr, Colin PD, Tom OV, David AC, William JP. Relative mean transit time predicts subsequent stroke in symptomatic carotid occlusion. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2016;25:1421–4.
50. Sakyo H, Motoki I, Yoji T, Shoko H, Tadashi N, Taketoshi M. Correlation between clinical presentations and hemodynamic parameters measured by dynamic susceptibility contrast magnetic resonance imaging in adult patients with Moyamoya disease. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2017;26:2814–20.

การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อกำหนดภาวะน้ำไขสันหลังรั่วระหว่างการผ่าตัดเนื้องอกต่อมใต้สมองผ่าน ทางโพรงจุก

กุสาวดี จีงศิริกุลวิทย์, พ.บ.

รุ่งศักดิ์ ศิวานุวัฒน์, พ.บ.

สาขาประสาทศัลยศาสตร์ ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อกำหนดโอกาสน้ำไขสันหลังรั่ว ระหว่างการผ่าตัดเนื้องอกต่อมใต้สมอง ผ่านทางโพรงจุก ด้วยปัญญาประดิษฐ์

วิธีดำเนินงานวิจัย: งานวิจัยนี้ รวบรวมข้อมูลผู้ป่วยเนื้องอกต่อมใต้สมองที่ได้รับการผ่าตัดผ่านทางโพรงจุก โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2558- 31 ธันวาคม 2563 โดยรวบรวมข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วย ลักษณะของเนื้องอก และวิธีการผ่าตัด รวมถึงการแก้ไขเมื่อเกิดภาวะน้ำไขสันหลังรั่ว ทั้งหมด 289 คน และนำ ข้อมูลชุดดังกล่าวมาสร้างปัญญาประดิษฐ์โดยเลือกใช้ 2 model คือ random forest และ logistic regression เพื่อหา model ที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลดังกล่าวและมีความน่าเชื่อถือที่สุด

ผลลัพธ์: จากชุดข้อมูลที่น่ามาใช้พบว่ามีส่วนผู้ที่สภาวะน้ำไขสันหลังรั่วหลังจากการผ่าตัดอยู่ที่ 24.6% ปัจจัย ที่ส่งผลต่อน้ำไขสันหลังรั่วนั้นได้แก่ ความสูงของเนื้องอก น้ำไขสันหลังโตก่อนการผ่าตัด เคยได้รับการผ่าตัดมาก่อน ผลชิ้นเนื้อชนิดหลังฮอร์โมน อายุ ฉายแสง เพศ ดัชนีมวลกาย การผ่าตัดเนื้องอกหมด ตามลำดับ เมื่อนำความเกี่ยวข้องมาทำนายทั้งหมดมาอยู่ในคำสั่งลำดับวิธี ตามการเรียนรู้ของปัญญาประดิษฐ์จะได้การทำนายผลลัพธ์ว่ามีโอกาสน้ำไขสันหลังรั่วหรือไม่ โดย logistic regression model มีค่า F1 score มากกว่า จึงนำมาใช้ในการ ทำนายผลลัพธ์ (0.43 VS 0.40)

สรุป: เมื่อนำปัจจัยเสี่ยงต่างๆ มาวิเคราะห์ด้วยปัญญาประดิษฐ์ พบว่าสามารถใช้ logistic regression model มี ค่า F1 score ที่มากกว่า เพื่อกำหนดภาวะน้ำไขสันหลังรั่วจากการผ่าตัดผ่านโพรงจุกในกลุ่มผู้ป่วยเนื้องอกต่อมใต้สมอง

คำสำคัญ: น้ำไขสันหลังรั่วระหว่างการผ่าตัด เนื้องอกต่อมใต้สมอง ผ่าตัดผ่านทางโพรงจุก ปัญญาประดิษฐ์

Abstract

Prediction of Intraoperative CSF Leakage Associated with Transsphenoidal Pituitary Adenoma Surgery using Artificial Intelligence

Kusawadee Juengsirakulwit, MD., Rungsak Siwanuwatn, MD.

Neurosurgery Division, Department of Surgery, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University

Objectives: This study was to using artificial intelligence for prediction of intraoperative CSF leak in transsphenoidal surgery for pituitary adenoma.

Material and Methods: Retrospective study of the pituitary adenoma patients who underwent transsphenoidal surgery in KCMH during 1/1/2015 – 31/12/2020, this study included patients. The associated intraoperative Cerebrospinal fluid (CSF) leak with demographic data, tumor characteristics, and operative techniques were analyzed. Two different algorithms were lined up for comparison of the accuracy (logistic regression and random forest model).

Result: The rate of intra operative CSF leak in the series was 24.6%. The risk factors were height of tumor, hydrocephalus, previous surgery, secretory tumor, age, radiation treatment, sex, BMI, and attempt to gross total resection. The logistic regression model was more accuracy than random forest model. (F1 score 0.43 VS 0.40)

Conclusion: This study was analyzed all the risk factors for CSF leakage after surgery via artificial intelligence. This logistic regression model presents better F1 score and offers a valuable tool for prediction of intraoperative CSF leakage after transsphenoidal surgery in pituitary tumor

Keywords: intraoperative CSF leakage, pituitary adenoma, transsphenoidal surgery, artificial intelligence

บทนำ (INTRODUCTION)

ปัจจุบันนี้เนื้องอกต่อมใต้สมอง (pituitary tumor) ที่จำเป็นต้องรักษาด้วยวิธีผ่าตัดนั้น การผ่าตัดผ่านทางโพรงจมูก (transsphenoidal approach) เป็นการผ่าตัดที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเสียเลือดน้อยกว่า ระยะเวลาในการพักฟื้นน้อยกว่า และเป็นการเข้าถึงเนื้องอกโดยตรงที่ไม่ผ่านเนื้อสมองปกติ แต่หนึ่งในภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจากการผ่าตัดด้วยวิธีดังกล่าวที่สำคัญ คือภาวะ น้ำไขสันหลังรั่วหลังจากการผ่าตัดซึ่งนำไปสู่การติดเชื้อเยื่อหุ้มสมองตามมา พบได้ประมาณ 5-10% และสาเหตุสำคัญคือภาวะน้ำไขสันหลังรั่วระหว่างการผ่าตัด พบได้ประมาณ 10-30%¹

มีการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาต่างๆที่ผ่านมาพบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะน้ำไขสันหลังรั่วระหว่างการ

ผ่าตัดประกอบไปด้วย ดัชนีมวลกายที่มากขึ้น (BMI)²⁻⁵, อายุ⁵ ที่เพิ่มมากขึ้นอธิบายจากเยื่อหุ้มสมอง (arachnoid) ติดกับเนื้องอกค่อนข้างมาก, การผ่าตัดร่วมกับการผ่าตัดกะโหลก, ผู้ป่วยที่เคยได้รับการผ่าตัดมาก่อน⁶, การมีภาวะน้ำไขสันหลังโต (hydrocephalus)³ ซึ่งทำให้ความดันสมองเพิ่มขึ้น, เนื้องอกขนาดใหญ่⁷, การฉายแสง⁶, เนื้องอกชนิดหลังฮอร์โมน⁸ ซึ่งจำเป็นต้องผ่าตัดเพื่อให้ได้เนื้องอกออกมากที่สุดเพื่อลดภาวะแทรกซ้อนต่างๆ จากฮอร์โมน สำหรับปัจจัยที่ป้องกันการเกิดภาวะนี้คือ ประสบการณ์ของหมอผ่าตัดที่มากขึ้น⁹ และการใส่สายระบายน้ำที่หลัง^{1,5} ระหว่างการผ่าตัด ดังนั้นเราจึงเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าวของผู้ป่วยในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เพื่อศึกษาหาเหตุปัจจัยที่นำไปสู่ภาวะน้ำไขสันหลังรั่ว เพื่อประเมินก่อนการผ่าตัด และสามารถเตรียมวิธีการป้องกัน หรือเตรียม nasoseptal

flap เพื่อป้องกันภาวะนี้ และลดโอกาสการติดเชื้อเยื่อหุ้มสมองที่จะเกิดตามมาได้

ปัจจุบันมีการใช้ artificial intelligence หรือปัญญาประดิษฐ์เพิ่มมากขึ้น ในทางการแพทย์ รวมถึงศัลยกรรมประสาท¹⁰ เพื่อทำนายโอกาสการเกิดโรค การวินิจฉัยโรค การศึกษานี้จึงนำมาใช้เพื่อทำนายโอกาสที่จะเกิดน้ำไขสันหลังรั่วก่อนการผ่าตัด จากข้อมูลที่รวบรวมของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

วัสดุและวิธีการ (Material and methods)

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลแบบ retrospective cross sectional study ผู้ป่วยโรคเนื้องอกต่อมใต้สมองที่ได้รับการผ่าตัดผ่านทางโพรงจุกโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ทุกช่วงอายุ ตั้งแต่ 1/1/2558-31/12/2563 จำนวน 289 คน

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองโดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย IRB No. 290/64

ขั้นตอนการผ่าตัด

การผ่าตัดเนื้องอกต่อมใต้สมองผ่านทางโพรงจุก (transsphenoidal approach) สามารถเข้าถึงบริเวณเนื้องอกได้ 3 วิธีการผ่าตัด

1. Endoscopic endonasal approach
2. Microscopic endonasal approach
3. Microscopic sublabial approach

ซึ่งทำตามความถนัดของศัลยแพทย์ทั้งสิ้น 4 คน หากระหว่างการผ่าตัดไม่พบน้ำไขสันหลังรั่ว จะยืนยันด้วยวิธีการ Valsalva เพื่อยืนยันภาวะนี้ สำหรับการซ่อมแซมภาวน้ำไขสันหลังรั่วนั้น อาจใช้ไขมัน หรือใช้ nasoseptal flap เพื่อปิดตำแหน่งน้ำไขสันหลังรั่ว ร่วมกับการใส่สายระบายน้ำที่หลัง (lumbar drainage) 5-7 วัน

การเก็บข้อมูล

ผู้ป่วยที่เข้าร่วมงานวิจัยทุกคนได้รับการเก็บข้อมูลทั่วไป เช่น เพศ, อายุ, ปีที่เข้ารับการผ่าตัด, วิธีการผ่าตัด, ชนิดของเนื้องอก, ค่าดัชนีมวลกาย, ขนาดและความสูงของเนื้องอก และภาวะโพรงน้ำสมองโตที่มีก่อนการผ่าตัด, ประวัติการผ่าตัดและการฉายแสง และผลลัพธ์จากการผ่าตัด มีการติดเชื้อหลังการผ่าตัดหรือไม่ และสามารถผ่าตัดได้หมดหรือไม่ ประเมินจากเอกซเรย์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหลังผ่าตัด

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ ผู้ป่วยน้ำไขสันหลังรั่ว ขนาดเนื้องอกและความสูง การฉายแสง หรือเคยผ่าตัดบริเวณนี้มาก่อน แสดงผลเป็นจำนวนหรือเปอร์เซ็นต์

การป้อนข้อมูลพื้นฐานเพื่อให้ปัญญาประดิษฐ์ได้เรียนรู้ประกอบไปด้วยข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย (อายุ, เพศ, ดัชนีมวลกาย) ข้อมูลการผ่าตัด (เดือนและปีที่เข้ารับการผ่าตัด, ข้อมูลการผ่าตัดก่อนหน้านี้, การฉายแสง) ข้อมูลเนื้องอกต่อมใต้สมอง (ขนาดและความสูงของเนื้องอก, ภาวะโพรงน้ำสมองโต, ผลฮอร์โมนของผู้ป่วย) ผลจากการผ่าตัด (เยื่อหุ้มสมองติดเชื้อ, เสียชีวิต) และผลลัพธ์คือภาวะน้ำไขสันหลังรั่วระหว่างการผ่าตัด ในกลุ่มข้อมูลผู้ป่วยทั้งหมดนั้น ได้มีการแบ่งผู้ป่วย 202 คนเพื่อเป็นข้อมูลการเรียนรู้ และ 87 คนเพื่อเป็นข้อมูลทดสอบระบบของปัญญาประดิษฐ์

การศึกษานี้ใช้ model logistic regression และ random forest เพื่อทำนายโอกาสน้ำไขสันหลังรั่วโดยสมองกลจะเลือก model ที่มีค่าความน่าเชื่อถือมากกว่าเพื่อมาใช้ในการทำนาย หากในอนาคตมีการเรียนรู้ข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้น โปรแกรมจะสามารถเลือกใช้ model ที่มีค่า F1 score ที่มากกว่าเพื่อมาทำนายผลลัพธ์ที่ต้องการ ลักษณะการคำนวณทางสถิติ ตามที่แนบในภาคผนวก

การทำนายผลลัพธ์สามารถกรอกข้อมูลเข้าระบบปัญญาประดิษฐ์ เพื่อนำไปสู่การประมวลผล ซึ่งระบบ

จะประมวลผลเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เรียกว่า machine learning คือที่ได้จากการคำนวณโดย model อย่างเดียว และ Machine learning + business sense คือส่วนที่นำมาเฉลี่ยกับค่าตัวแปรที่มีนัยยะสำคัญที่มีผลต่อการทำนาย เพื่อให้ใกล้เคียงกับการตัดสินใจของมนุษย์มากขึ้น

ในการศึกษาี้ ยังคงใช้การทำนาย Machine learning เนื่องจากเป็นค่าการทำนายของสมองกลเพียงอย่างเดียว หากในอนาคต มีการนำข้อมูลมาทดสอบที่มากขึ้น และพบว่าค่าใดมีค่าใกล้เคียงความจริงมากกว่า ระบบปัญญาประดิษฐ์จะมีการเปลี่ยนแปลงไปใช้ค่านั้นในการตัดสินใจ ในกระบวนการตัดสินใจของปัญญาประดิษฐ์นี้ เริ่มต้นจากการใช้ normal sense คือการทดสอบความแม่นยำของระบบก่อน โดยทดสอบว่าผู้ป่วยมีการผ่าตัดหรือไม่ หากไม่ก็จะทำนายผลลัพธ์เป็น 0 ซึ่งในชุดข้อมูลไม่มีการทำนายดังกล่าว แสดงถึงความน่าเชื่อถือในเบื้องต้น จากนั้นระบบจะนำค่า Machine learning มาเปรียบเทียบกับ best threshold

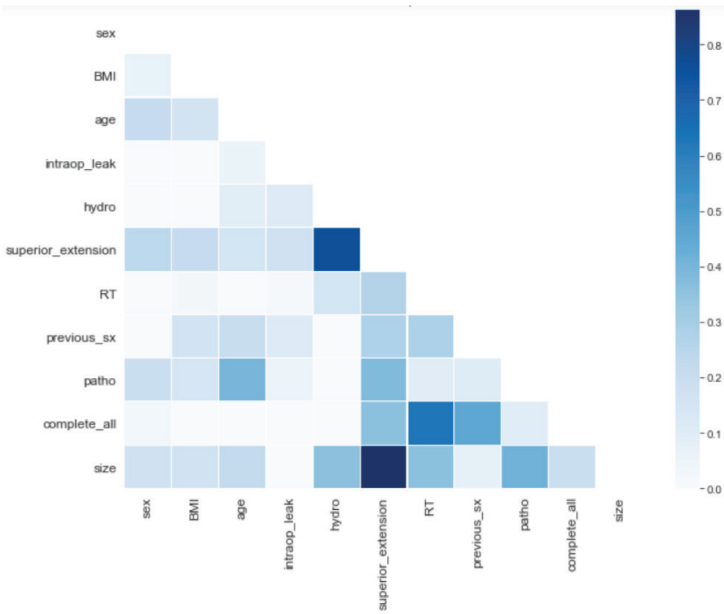
หากมากกว่าหรือเท่ากับ จะทำนายผลลัพธ์เป็น 1 คือมีภาวะน้ำไขสันหลังรั่ว หากน้อยกว่าจะทำนายผลลัพธ์เป็น 0 คือไม่มีภาวะน้ำไขสันหลังรั่ว

ผลการวิจัย (RESULTS)

จากตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย เนื้องอกต่อมใต้สมอง และลักษณะทางเอกซเรย์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพบว่า โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ช่วงการผ่าตัดระหว่าง 1 มกราคม 2558 – 31 ธันวาคม 2563 นั้น มีผู้ป่วยที่มีภาวะน้ำไขสันหลังรั่วทั้งสิ้น 24.6% ผู้ป่วยส่วนมากมีค่าดัชนีมวลกายอยู่ที่ $< 25 \text{ kg/m}^2$ ลักษณะข้อเนื้องอกส่วนมากขึ้นสูงจนกดเบียดคณพรงน้ำสมองที่ 3 (3rd ventricle) ส่วนหน้า 37% และมีขนาด 2-4 เซนติเมตรถึง 51.9% และร้อยละ 65.4 เป็นเนื้องอกชนิดไม่หลังฮอร์โมนสำหรับชนิดที่หลังฮอร์โมน พบ Acromegaly เป็นส่วนมาก (12.5%)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

Characteristics			
อายุ			
mean	50.26 ปี	เคยได้รับการฉายแสง	20.4%
เพศ,			
ผู้ชาย : ผู้หญิง	47.1% : 52.9%	ชนิดของเนื้องอก	
CSF leakage	24.6%	Non functioning	65.4%
ดัชนีมวลกาย		Acromegaly	12.5%
$< 25 \text{ kg/m}^2$	50.5%	Cushing	6.9%
25-30 kg/m^2	31.8%	Prolactinoma	3.8%
30-40 kg/m^2	15.6%	Apoplexy	11.4%
$> 40 \text{ kg/m}^2$	2.1%	ขนาด	
น้ำไขสันหลังโต	2.4%	$< 1 \text{ ซม.}$	11.4%
ความสูงของเนื้องอก			
Intrasellar	25.3%	1-2 ซม.	22.5%
Suprasellar cistern	33.9%	2-4 ซม.	51.9%
Anterior recess of 3 rd ventricle obliterated	37%	$> 4 \text{ ซม.}$	14.2%
Floor of 3 rd ventricle grossly displaced	3.8%	เคยผ่าตัดมาก่อน	18.3%



รูปที่ 1

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับน้ำไขสันหลังรั่ว พบว่าลักษณะของเนื้องอกทั้งความสูงและ

ขนาดของเนื้องอกมีผลต่อผลลัพธ์ มากกว่าปัจจัยอื่นๆ ซึ่งแสดงตามความเข้มดังรูป

ตารางที่ 2 ผลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 2 models

Model	ROC	F1 score	Accuracy	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
Logistic regression	54.22%	0.43	0.54	0.71	0.48	0.31	0.84
Random forest	44.32%	0.40	0.48	0.71	0.41	0.28	0.82

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลที่นำมาให้ปัญญาประดิษฐ์ได้เรียนรู้และทดสอบพบว่า logistic regression model มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ และควรนำมาใช้ทำนายโอกาสที่น้ำไขสันหลังรั่ว เนื่องจาก F1 score ที่ดีกว่า (0.43 VS 0.40) เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ ผลลัพธ์ของน้ำไขสันหลังรั่ว มีน้อยกว่าการไม่มีน้ำไขสันหลังรั่วค่อนข้างมาก ผู้เขียนจึงใช้ค่าทางสถิติที่ช่วยตัดสินใจเลือก Model คือ F1 score

พบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติของ model นั้น ค่าความแม่นยำอยู่ที่ 54% อาจเนื่องจากข้อมูลที่ยังมีไม่มากพอ แต่เนื่องจากการศึกษาที่ใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์ จึงสามารถเพิ่มข้อมูลเพื่อให้สมองกลได้เรียนรู้และพัฒนายิ่งขึ้นไปอีกได้ และจากตารางที่ 2 พบว่า ค่า positive predic-

tive value ค่อนข้างต่ำ (0.31) แต่ค่า Negative predictive value ค่อนข้างสูง (0.84) แสดงให้เห็นว่า หากโปรแกรมทำนายว่าเคสนี้มีโอกาสที่น้ำไขสันหลังไม่รั่วแล้ว โอกาสที่น้ำไขสันหลังไม่รั่วก็ค่อนข้างน่าเชื่อถือ

วิจารณ์ (DISCUSSIONS)

เนื้องอกต่อใต้สมอง หรือ pituitary adenoma พบได้ค่อนข้างมากในกลุ่มเนื้องอกสมอง การผ่าตัดในปัจจุบัน หากไม่มีข้อห้ามในการผ่าตัดผ่านทางโพรงจมูก จะเลือกการผ่าตัดด้วยวิธีนี้ แต่พบว่าภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญ คือ ภาวะน้ำไขสันหลังรั่ว ซึ่งในการศึกษาพบได้ถึง 24.6% ดังนั้นหากสามารถทำนายได้ก่อนการผ่าตัด ศัลยแพทย์จะสามารถเตรียมวิธีการซ่อมแซมบริเวณที่น้ำไขสันหลัง

ร้าวได้ หรือระมัดระวังระหว่างการผ่าตัด

เนื่องจากปัจจุบัน ยังไม่มี gold standard ของปัจจัยที่ทำให้เกิดน้ำไขสันหลังรั่ว ร่วมกับงานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นถึงบางปัจจัยเท่านั้นที่ทำให้เกิดน้ำไขสันหลังรั่วเท่านั้น งานวิจัยนี้จึงได้รวบรวมปัจจัยที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดภาวะนี้ทั้งหมดจากการรวบรวมงานวิจัยก่อนหน้า และการวิเคราะห์ด้วยปัญญาประดิษฐ์ มีข้อที่เหนือกว่าการใช้กระบวนการทางสถิติทั่วไปคือสามารถนำข้อมูลหลาย ๆ ส่วนมาเรียนรู้ วิเคราะห์ และสร้าง algorithm เพื่อทำนายผลลัพธ์ในอนาคต รวมถึงสามารถเรียนรู้ข้อมูลใหม่ๆเพิ่มเติมในอนาคต เพื่อให้ปัญญาประดิษฐ์ได้พัฒนาความน่าเชื่อถือมากขึ้นเรื่อยๆอีกด้วย สำหรับสถิตินั้น เป็นการนำข้อมูลมาคำนวณเพื่อหาความเกี่ยวข้อง และแปลผลเพื่อหาผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เท่านั้น

ข้อจำกัดของการศึกษานี้คือขนาดของประชากร เนื่องจากผลลัพธ์น้ำไขสันหลังรั่วมีเพียง 24.6% ทำให้ค่าทางสถิติที่เปรียบเทียบ 2 model จากข้อมูลที่นำมาทดสอบค่อนข้างต่ำ ซึ่งในอนาคตที่ปัญญาประดิษฐ์ได้เรียนรู้ข้อมูลเพิ่มมากขึ้น ความน่าเชื่อถือก็จะมากขึ้นด้วยเช่นกัน

จากการศึกษานี้ สามารถพัฒนาสมองกลให้มีความแม่นยำมากขึ้นในอนาคตได้ ในรูปแบบการเรียนรู้จากโรงพยาบาลต่างๆ เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของปัจจัยเพิ่มมากขึ้น

สรุป (CONSLUSIONS)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่ใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อทำนายโอกาสน้ำไขสันหลังรั่วจากการผ่าตัดเนื้องอกต่อมใต้สมอง ผ่านโปรแกรม และเลือกใช้ logistic regression model เนื่องจากมีค่าความแม่นยำที่มากกว่า (F1 score ที่มากกว่า) และในอนาคตยังสามารถพัฒนาสมองกลให้แม่นยำมากยิ่งขึ้นไปอีก หากได้เรียนรู้ข้อมูลมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง(references)

1. Mehta GU, Oldfield EH. Prevention of intraoperative cerebrospinal fluid leaks by lumbar cerebrospinal fluid

drainage during surgery for pituitary macroadenomas. J Neurosurg. 2012;116(6):1299-303.

2. Fraser S, Gardner PA, Koutourousiou M, Kubik M, Fernandez-Miranda JC, Snyderman CH, et al. Risk factors associated with postoperative cerebrospinal fluid leak after endoscopic endonasal skull base surgery. J Neurosurg. 2018. 128(4):1066-71.
3. Patel PN, Stafford AM, Patrinely JR, Smith DK, Turner JH, Russell PT, et al. Risk Factors for Intraoperative and Postoperative Cerebrospinal Fluid Leaks in Endoscopic Transsphenoidal Sellar Surgery. Otolaryngol Head Neck Surg. 2018;158(5):952-60.
4. Sullivan CB, Schwalje AT, Jensen M, Li L, Dlouhy BJ, Greenlee JD, et al. Elevated body mass index and risk of postoperative CSF leak following transsphenoidal surgery. J Neurosurg. 2012;116(6):1311-7.
5. Ivan ME, Iorgulescu JB, El-Sayed I, McDermott MW, Parsa AT, Pletcher SD, et al. Risk factors for postoperative cerebrospinal fluid leak and meningitis after expanded endoscopic endonasal surgery. J Clin Neurosci. 2015; 22(1):48-54.
6. Nishioka H, Haraoka J, Ikeda Y. Risk factors of cerebrospinal fluid rhinorrhea following transsphenoidal surgery. Acta Neurochir (Wien). 2005;147(11): 1163-6; discussion 1166.
7. Jakimovski D, Bonci G, Attia M, Shao H, Hofstetter C, Tsiouris AJ, et al. Incidence and significance of intraoperative cerebrospinal fluid leak in endoscopic pituitary surgery using intrathecal fluorescein. World Neurosurg. 2014;82(3-4):e513-23.
8. Hannan CJ, Almhani H, Al-Mahfoudh R, Bhojak M, Looby S, Javadpour M. Predicting post-operative cerebrospinal fluid (CSF) leak following endoscopic transnasal pituitary and anterior skull base surgery: a multivariate analysis. Acta Neurochir (Wien). 2020. 162(6):1309-15.
9. Shikary T, Andaluz N, Meinzen-Derr J, Edwards C, Theodosopoulos P, Zimmer LA. Operative Learning Curve After Transition to Endoscopic Transsphenoidal Pituitary Surgery. World Neurosurg. 2017;102:608-12.
10. Mofatteh M. Neurosurgery and artificial intelligence. AIMS Neurosci. 2021;8(4):477-95.

ภาคผนวก

Evaluation Metrics	Description
Sensitivity	True Positive Rate (TPR) = When it's actually yes, how often does it predict yes? $True\ Positive\ Rate = \frac{True\ Positives}{True\ Positives + False\ Negatives}$
Fall-Out	False Positive Rate (FPR) = When it's actually no, how often does it predict yes? $False\ Positive\ Rate = \frac{False\ Positives}{False\ Positives + True\ Negatives}$
ROC Curve	Receiver Operating Characteristic Curve = Plot of Sensitivity (y-axis) against Fall-Out (x-axis) for different thresholds - Curve with higher Area Under Curve (AUC) has better performance
Precision	When it predicts yes, how often is it correct? $Precision = \frac{True\ Positives}{True\ Positives + False\ Positives}$
Recall	Same as Sensitivity or TPR
Precision-Recall Curve	Plot of Precision (y-axis) against Recall (x-axis) for different thresholds - Curve with higher Area Under Curve (AUC) has better performance
F1-Score	The weighted average of the precision and recall. $F1 - Score = 2 \times \left(\frac{precision \times recall}{precision + recall} \right)$
Accuracy	How often is the model correct? $Accuracy = \frac{True\ Positives + True\ Negatives}{All\ Positives + All\ Negatives}$

Social Outcome and Quality of Life after Epilepsy Surgery in Hippocampal Sclerosis

Peerasin Towachiraporn, M.D.*

Krishnapundha Bunyaratavej, M.D.*

Chusak Limotai, MD., M.Sc.†

*Neurosurgery Surgery Unit, Department of Surgery, Faculty of Medicine,
Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

†Department of Medicine, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Abstract

Background: Quality of life is worse in patients with epilepsy as compared to that of general population. Although seizure freedom is the ultimate treatment goal in epilepsy surgery, patient's expectations and improvement in quality of life may also include other social aspects such as education, employment, income, driving and social relationships.

Objective: To investigate social outcomes, quality of life, social factors influencing quality of life, presurgical patient's expectation and patient's satisfaction after temporal lobe epilepsy (TLE) surgery.

Methods: Seventy-three patients with medically refractory hippocampal sclerosis (HS) who underwent epilepsy surgery between January 2014 and December 2019 at King Chulalongkorn Memorial Hospital (KCMH) were evaluated. The socioeconomic data was collected from the subjects and their caregivers by a questionnaire-interview. All patients had completed at least 2-year postoperative follow-up.

Results: There were 27 males (37%) and 46 females (63%) with mean age of 35.82 ± 10.14 years at the time of surgery. Seventy-one (97%) patients underwent standard anterior temporal lobectomy. Sixty-six (90.41%) patients reported excellent seizure outcome (ILAE Class I). For social outcome, there were significant changes in driving status (45.21 vs 60.27%, $p = 0.008$) but there was no significant change in other aspects (education, employment, income, marital status) after surgery. All patients reported excellent postoperative quality of life. The factors which were associated with better quality of life following surgery were employment ($p = 0.036$) and ability to drive ($p = 0.006$). Sixty-four (88%) patients cited seizure control as their main expectation. Sixty-seven (91.78%) patients were satisfied with surgery and would suggest other patients to pursue similar surgical treatment.

Conclusions: Surgery for medically refractory temporal lobe epilepsy improves social outcomes in driving aspect. Gaining employment and ability to drive after surgery are important factors influencing better quality of life. Vocational and driving rehabilitation program should be included in comprehensive epilepsy treatment program in order to enhance postoperative quality of life in TLE patients.

Keywords: Temporal lobe epilepsy, Hippocampal sclerosis, Epilepsy surgery, Social outcome, Quality of life

บทคัดย่อ

พีรศิลป์ โตชีราภรณ์, พบ.^{*}, กฤษณพันธ์ บุญยะรัตเวช, พบ., วว.ประสาทศัลยศาสตร์,
ชูศักดิ์ ลิ้มทัย, พบ., วว.ประสาทวิทยา[†]

^{*}หน่วยประสาทศัลยศาสตร์ ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[†]สาขาประสาทวิทยา ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความเป็นมา: ผู้ป่วยโรคลมชักมีคุณภาพชีวิตต่ำกว่าประชากรทั่วไป แม้ว่าเป้าหมายหลักของการรักษาผู้ป่วยโรคลมชักคือการทำให้อาการชักลดลงหรือหายจากอาการชัก ความคาดหวังของผู้ป่วยและปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตอาจมีมากกว่าการควบคุมอาการชักได้ แต่ยังรวมถึงปัจจัยอื่นๆ ทางสังคม เช่น การศึกษา การมีอาชีพ มีรายได้ ความสามารถในการขับขี่ และ ความสัมพันธ์ทางสังคม เป็นต้น

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลการรักษาในด้านสังคม คุณภาพชีวิต ปัจจัยทางสังคมที่มีผลต่อคุณภาพชีวิต ความคาดหวังและความพึงพอใจของผู้ป่วยโรคลมชักที่ได้รับการผ่าตัด

วิธีการศึกษา: ผู้ป่วยโรคลมชักทั้งหมด 73 คน ที่ได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคฮิโปแคมปัสฟอที่ไม่ตอบสนองต่อการรักษาด้วยยา และได้รับการผ่าตัดตั้งแต่ พ.ศ. 2557 – 2562 ณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ผู้ป่วยทั้งหมดได้รับการตรวจติดตามอย่างน้อย 2 ปีหลังผ่าตัด เก็บข้อมูลโดยใช้วิธีสัมภาษณ์ร่วมกับแบบสอบถาม

ผลการศึกษา: ผู้ป่วยทั้งหมด 73 คน เป็นเพศชาย 27 คน (37%) และเพศหญิง 46 คน (63%) อายุเฉลี่ยของผู้ป่วย ณ ช่วงที่ได้รับการผ่าตัดคือ 35.82 ± 10.14 ปี ผู้ป่วยร้อยละ 97 ได้รับการผ่าตัด standard anterior temporal lobectomy ผลการส่งตรวจทางพยาธิวิทยาเป็น hippocampal sclerosis (HS) ทั้งหมด ผู้ป่วยร้อยละ 90.41 มีผลการรักษาควบคุมอาการชักได้ดี (ILAE Class I)

ผลการรักษาพบว่าจำนวนผู้ป่วยที่สามารถขับขี่พาหนะได้มีมากขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ (45.21 vs 60.27% , $p=0.008$) แต่ในด้านอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ สถานะสมรส ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเทียบก่อนและหลังผ่าตัด คุณภาพชีวิตโดยรวมของผู้ป่วยในการศึกษาอยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตที่ดีคือ การมีอาชีพ ($p=0.036$) และมีความสามารถในการขับขี่พาหนะ ($p=0.006$) ร้อยละ 88 ของผู้ป่วยต้องการหายจากอาการชักหลังจากได้รับการผ่าตัด โดยรวมผู้ป่วยส่วนใหญ่พึงพอใจต่อการรักษาโดยการผ่าตัดและจะแนะนำการรักษาโดยการผ่าตัดให้แก่ผู้อื่นที่เป็นโรคลมชักต่อไป

สรุป: การผ่าตัดรักษาผู้ป่วยโรคลมชักที่ไม่ตอบสนองต่อการรักษาด้วยยาช่วยเพิ่มความสามารถในการขับขี่พาหนะกับผู้ป่วย และปัจจัยที่ส่งผลต่อผลต่อคุณภาพชีวิตที่ดีคือ การมีอาชีพและมีความสามารถในการขับขี่พาหนะ ดังนั้นการฟื้นฟูสมรรถภาพด้านอาชีพและการขับขี่มีความสำคัญและควรรวมไว้ในระบบการรักษาผู้ป่วยโรคลมชักเพื่อให้การรักษาเป็นแบบองค์รวมมากขึ้นและช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตให้แก่ผู้ป่วย

คำสำคัญ: โรคลมชัก, โรคฮิโปแคมปัสฟอ, การผ่าตัดรักษาผู้ป่วยโรคลมชัก, ผลการรักษาในด้านสังคม, คุณภาพชีวิต

Introduction

Temporal lobe epilepsy (TLE) is the most common form of focal epilepsy¹. Hippocampal sclerosis (HS) is a common pathology encountered in TLE². Quality of life is generally lower in patients with epilepsy as compared to that of general population³. The randomized controlled

trial showed superiority of surgery over medical therapy in terms of seizure control, quality of life, and rates of employment among patients with medical refractory TLE^{4,5}. Seizure freedom was 40–80% after TLE surgery in long term follow up (5–10 years)⁶. Although seizure freedom is the ultimate treatment goal in epi-

lepsy surgery, patient's expectations may go beyond seizure control. Epilepsy patients have lower rates of employment, lower socioeconomic status, and lower income compared to the general population⁷⁻⁹. Thus, their expectations may also include improvement of other aspects such as education, employment, income, driving, and social relationships. Educational outcomes may be related to the location of surgery, duration of epilepsy prior to surgery, and age at onset of seizures¹⁰. Memory impairment is the most common cognitive adverse effect of TLE surgery and may have a negative impact on a patient's educational capability especially after dominant temporal lobe resections¹¹. For employment outcomes after epilepsy surgery, the data are inconsistent. Some studies showed no change in employment status¹²⁻¹⁴, while others reported increased employment^{15,16}. The factors predicting favorable employment outcomes include younger age, shorter duration of epilepsy, pre-existing employment, and favorable seizure outcome^{10,12,13}. There are only a few studies exploring changes in income after epilepsy surgery. One study showed an increase in average annual incomes per capita of 45.08% after surgery¹⁵, while another study did not show a significant increase of financial independence after surgery (72% vs 80%, $p > 0.05$). However, the patients who had surgery were financially better as compared to the medically treated patients (80% vs 52%)¹⁷. The ability to drive is another important aspect with a significant impact on daily living including employment, socializing, and health care visits^{10,12}. Obstacles for driving in post-surgery TLE patient include visual field defect, persistent seizure after surgery, and older age at the time of surgery^{10,18}. People with epilepsy have lower marriage rates, higher social isolation rates. They are less likely to live independently and less likely to have children than the general population¹⁹. After surgery, TLE patients had

higher marriage rates than those with extratemporal lobe epilepsy and seizure-free patients had higher marriage rates than those with recurrent seizures²⁰. Recently, there are a few studies investigating social outcome and quality of life after epilepsy surgery in TLE patients. To the best of authors' knowledge, this data is lacking in Thailand. Therefore, this study is aimed to evaluate the social outcome, quality of life and patient's satisfaction after epilepsy surgery in Thai TLE patients.

Materials and Methods

This is a descriptive, cross sectional study reviewing database of the Chulalongkorn Comprehensive Epilepsy Center of Excellence (CCEC), King Chulalongkorn Memorial Hospital (KCMH), Thai Red Cross Society. This study involving human participants was approved by the Institutional Review Board (IRB No. 861/63 and COA No. 060/2021)

Patients

This study recruited 73 patients who were over 18 years old with medically refractory hippocampal sclerosis and underwent epilepsy surgery between January 2014 and December 2019. All patients had at least 2 years of post-surgery follow-up. Patients who were unable to complete the questionnaires were excluded.

Data collection

The demographic data were retrieved and collected from the database. Socioeconomic data was obtained from the subjects and their caregivers by the questionnaire-interview at CCEC or by a telephone interview during COVID-19 pandemic situation.

The questionnaires consist of 3 parts. Firstly, socioeconomic status includes pre- and post-operative data of educational level, employment status, incomes,

marital status, and driving. Secondly, the quality of life as measured by EQ-5D-5L (Thai version for Thailand). Lastly, presurgical expectations and postsurgical satisfaction as evaluated by the subjects.

Outcome measures

The occupation was classified by using modified kuppuswamy's scale²¹ into professional, semi-professional, arithmetic skill job, skilled worker, semi-skilled worker, unskilled worker, and unemployed. Change in employment status after surgery was categorized into improved, worsened, or unchanged.

EQ-5D-5L consists of two parts. First part of the descriptive system comprises five dimensions: mobility, self-care, usual activities, pain/discomfort, and anxiety/depression. Each dimension is graded into 5 levels: no problems, slight problems, moderate problems, severe problems, and extreme problems. This utility score of this part was calculated by Thai population-based preference scores²². Second part is the EQ VAS which is the patient's self-rated health report on a vertical visual analogue scale (0-100).

Statistical analysis

Descriptive categorical data were presented as frequency and percentage, whereas continuous data the central tendency with associated data dispersion was reported as mean with standard deviation (SD) or median with interquartile range (IQR) depending on distribution normality of the data. McNemar's test was used to test association of the social outcomes pre- versus post-operative period. For a test of the difference of the visual analog scale score of the quality-of-life assessment at postoperative period between positive and negative social outcomes, unpaired t-test was employed. To assess the factors influencing better

quality of life at postoperative period, univariate and multivariate linear regression model, adjusted with all other social outcomes, was used. Level of statistical significance was set to < 0.05 in all analyses.

Result

Baseline characteristics

There were 27 (37%) males and 46 (63%) females with a mean age of 35.82 ± 10.14 years at the time of surgery. The mean age at onset of epilepsy was 12.64 ± 6.95 years and the mean duration of epilepsy prior to surgery was 23.26 ± 10.16 years. The median of monthly seizure frequency was 30 (IQR = 50). A mean post-surgery follow-up duration was 4.38 ± 1.72 (range 1.54 – 7.73) years. At the time of the last follow up, 66 (90.41%) patients reported seizure freedom (ILAE Class I). Details of clinical data are presented in Table 1.

Social outcome and quality of life

Education level

There was only 1 patient with higher educational level after the surgery. Overall, there was no significant difference of educational level between pre- and post-operative period. Details of education level before and after surgery are shown in Table 2.

Employment outcome

Prior to surgery, 55 (75.34%) patients were employed. After surgery, 5 (6.8%) additional patients were employed but the difference of pre- and post-operative employment did not reach statistical significance (75.34% vs 82.19%, $P = 0.059$). Details of employment status are shown in Table 2.

In both pre- and post-surgery period, over 50% of patients were in the semi-skilled worker (e.g. farmer

Table 1 Clinical data of patients (N =73)

Characteristics	Results
History of febrile seizure, n (%)	29 (39.73)
History of CNS infection, n (%)	5 (6.85)
History of head injury, n (%)	13 (17.81)
History of status epilepticus, n (%)	8 (11.11)
Intellectual disability, n (%)	0 (0)
Abnormal neurological signs, n (%)	5 (6.94)
Psychiatric comorbidity, n (%)	4 (5.48)
Family history of epilepsy, n (%)	17 (23.29)
Type of surgery, n (%)	
Standard anterior temporal lobectomy	71 (97.26)
Selective amygdalo-hippocampectomy	1 (1.37)
Lesionectomy	1 (1.37)
Pathological findings, n (%)	
HS only	30 (41.10)
HS with gliosis	42 (57.54)
HS with benign-tumor	1 (1.37)

and factory worker) and unskilled worker (e.g. merchant, housekeeper) group. After surgery, the number of patient who were in skilled worker group or above had increased from 36 (49.32%) to 39 (53.42%).

However, there is no significant change in class of occupation in after surgery. The class of occupations are detailed in Table 2.

Income

Majority of the patients had average monthly income ranging from 5,000 to 30,000 baht. The number of patients with income has increased from 48 (65.8%) to 52 (71.2%) postoperatively but that did not reach statistically significance ($p = 0.206$). Details of patient's income are shown in Table 2.

Other aspects

There was a significant increase of driving status after surgery (45.21 vs 60.27%, $p = 0.008$) but there was no significant change of marital or parental status between pre- and post- operative period. Details are shown in Table 2.

Quality of life

After surgery at the time of the questionnaire-interview, median of EQ-5D-5L score of all five dimensions (mobility, self-care, usual activities, pain/discomfort and anxiety/depression) were 1 and mean

Table 2 Social outcomes

Social outcomes	Pre-surgery	Post-surgery	p values
Education, n (%)			
Primary school	15 (20.55)	14 (19.18)	NA
Secondary school (high school)	28 (38.36)	29 (39.73)	
Vocational certificate	9 (12.33)	9 (12.33)	
Bachelor degree or higher	21 (28.77)	21 (28.77)	
Education category, n (%)			
Primary school	15 (20.55)	14 (19.18)	0.317
Higher than primary school	58 (79.45)	59 (80.82)	
Employment, n (%)			
Employed	55 (75.34)	60 (82.19)	0.059
Unemployed	18 (24.66)	13 (17.81)	
Occupation, n (%)			
Professional	3 (5.45)	2 (3.33)	NA
Semi-professional	5 (9.09)	6 (10.00)	
Arithmetic skill job	3 (5.45)	4 (6.67)	
Skilled worker	10 (18.18)	8 (13.33)	
Semi-skilled worker	15 (27.27)	19 (31.67)	
Unskilled worker	13 (23.64)	14 (23.33)	
Monk	6 (10.91)	7 (11.67)	

Table 2 Social outcomes (cont.)

Social outcomes	Pre-surgery	Post-surgery	p values
Occupation category, n (%)			
Professional/Skilled worker	36 (49.32)	39 (53.42)	0.317
Unskilled worker /monk/unemployed	37 (50.68)	34 (46.58)	
Income per month (Baht), n (%)			
No income	25 (34.35)	21 (28.77)	NA
1,000 – 5,000	9 (12.33)	12 (16.44)	
> 5,000 – 10,000	17 (23.29)	16 (21.92)	
> 10,000 – 30,000	16 (21.92)	17 (23.29)	
> 30,000 – 50,000	6 (8.22)	5 (6.85)	
> 50,000	0 (0)	2 (2.74)	
Income category, n (%)			0.206
No income	25 (34.25)	21 (28.77)	
Having income	48 (65.75)	52 (71.23)	
Marital status, n (%)			
Single	46 (63.01)	42 (57.53)	NA
Married	22 (30.14)	23 (31.51)	
Divorced	5 (6.85)	8 (10.96)	
Marital category, n (%)			
Single/divorced	51 (69.86)	50 (68.49)	0.706
Marriage	22 (30.14)	23 (31.51)	
Having a child, n (%)			
Yes	20 (27.40)	24 (32.88)	0.103
No	53 (72.60)	49 (67.12)	
Driving, n (%)			
Yes	33 (45.21)	44 (60.27)	0.008*
No	40 (54.79)	29 (39.73)	
Median EQ-5D-5L score (range)			
Mobility		1 (1-4)	
Self-care		1 (1-2)	
Usual activity		1 (1-3)	
Pain/discomfort		1 (1-3)	
Anxiety/depression		1 (1-4)	
Mean utility (SD)		0.95 (0.08)	
Mean EQ visual analog scale score (SD)		85.77 (13.89)	

utility score was 0.95 ± 0.08 . Mean EQ visual analog scale score was 85.77 ± 13.89 . (see Table 2).

Impact of Covid-19 outbreak on employment status and income after surgery (Figure 1)

Although Covid 19 pandemic did not significantly affect employment rate of the patients in this study (94.52% vs 97.26% $p = 0.414$), the number of patients reported postoperative loss of income has increased significantly as compared to pre-pandemic period (2.74% vs 16.64%, $p = 0.008$) (see Figure 1).

Social factors and postoperative quality of life

The factors influencing better quality of life at postoperative period are shown in Figure 2. Compared by EQ VAS score, patients with higher EQ VAS were employed (mean EQ VAS 87.35 vs 78.46, $p=0.036$) and were able to drive (mean EQ VAS 89.36 vs 80.31, $p = 0.006$). Other social factors including education level, income, marital status, and parental status do not show significant impact on the quality of life.

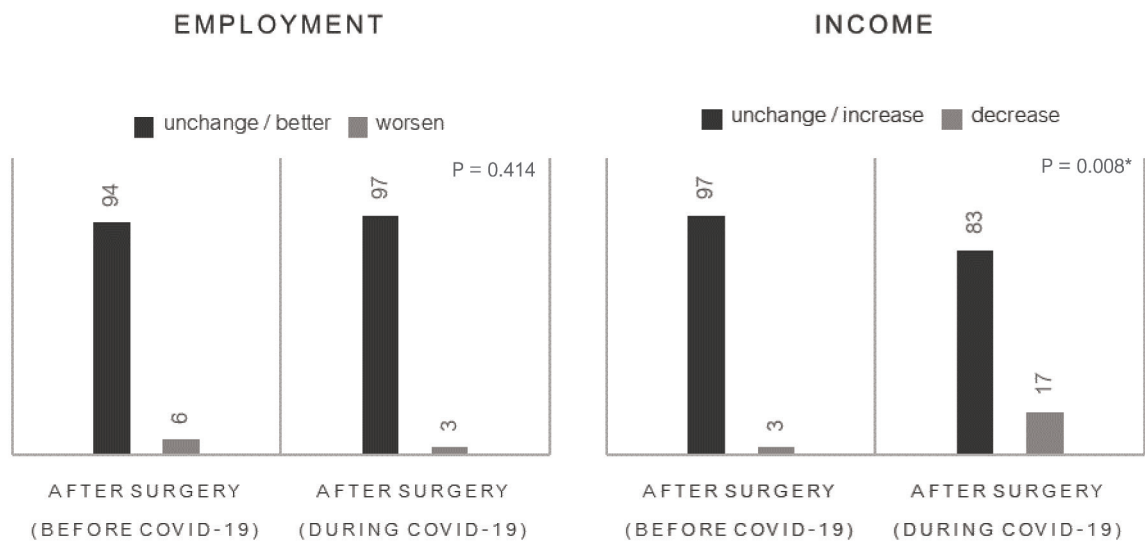


Figure 1 Impact of Covid-19 outbreak on employment and incomes

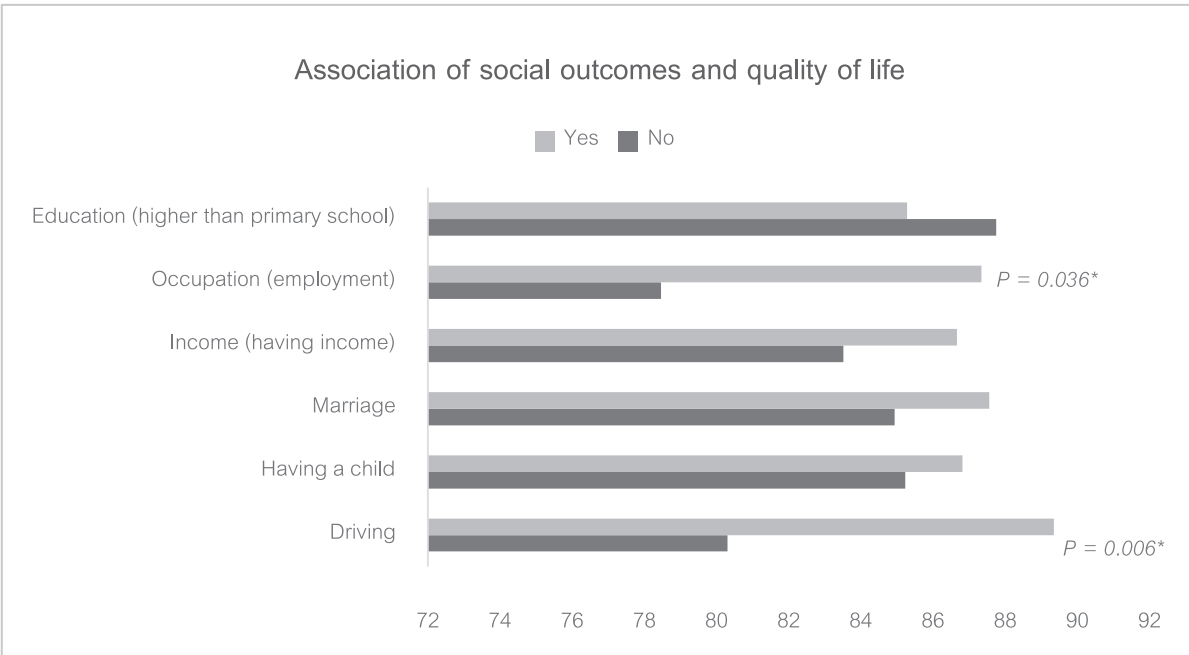


Figure 2 Factors influencing on better quality of life at postoperative period

Table 3 Best model to predict better quality of life upon multivariate analysis

Factors	Adjusted R-square	β-coefficient (95% CI)	p value
Driving	11.23	7.95 (1.57 - 14.34)	0.015
Employment		6.78 (-1.39 - 14.94)	0.102

Preoperative expectations and postoperative patient’s satisfaction

The distributions of patient’s expectations of epilepsy surgery are shown in Table 4. Their main goals were to become seizure-free, to live independently, and to be employed in 87.67%, 76.71%, 75.34%, respectively. Sixty-seven (91.8%) patients were

satisfied with the surgical outcome and they would advise others suffering from epilepsy to pursue surgical treatment. There was one patient who would not advise others to seek surgical treatment because she suffered from memory impairment and hemiparesis after surgery. Five (6.85%) patients were not sure if they would advise others to pursue surgical treatment.

Table 4 Expectations and patient’s satisfaction after the surgery in each aspect and suggestions for others to pursue the surgery

Aspects	At pre-surgery period	Satisfactions after the surgery
	Number of patients who expected improvements with the surgery in each aspect (%)	Likert median score (range)
Seizure control	64 (87.67)	6 (4-6)
Self-care	56 (76.71)	6 (3-6)
Ability to work	55 (75.34)	6 (3-6)
Marriage	15 (20.55)	5 (3-6)
Education	12 (16.44)	5 (3-6)
Suggestions for others to pursue the surgery	Yes, n (%)	67 (91.78)
	No, n (%)	1 (1.37)
	Not sure, n (%)	5 (6.85)

Discussions

To the best of the author’s knowledge, this is the first study exploring a social outcome and quality of life after epilepsy surgery in Thai TLE patients. Among various studied social outcomes, there was significant change in driving status only which is similar to those earlier studies from the United States^{14,17,23} and Sweden²⁴. Other social outcomes in this study (education, employment, income, marital status) were not significantly changed after surgery.

Despite the average age of seizure onset of 12 years and a high seizure freedom rate in our series, there was almost no change in educational outcome.

This is likely due to the fact that the mean age at surgery was 35 years which is well beyond studying age for the general population. Instead, they might be more interested in pursuing employment rather than an academic degree after a successful surgery. In the future study, it is worthwhile investigating if earlier surgical intervention during a patient’s academic year would improve their educational outcome.

Although the number of patients who were employed had increased after surgery, it did not reach a statistically significant difference. In previous studies, the results were contradicting where some studies showed no change in employment¹²⁻¹⁴, while others re-

ported increased employment^{15,16}. The previous study in Thailand by Lochareernkul et al.¹⁵, has shown significant improvement of employment status following epilepsy surgery from unemployed to higher categories of professional achievement. The number of unemployed and no income individuals decreased from 66 to 25 cases (62.1 % reduction rate) after surgery ($p < 0.001$). The conflicting results among studies may be a result of a different population. Lincy et al. reported that younger age at surgery, shorter duration of epilepsy, longer follow-up duration, and lower income were associated with favorable employment outcomes, however, only shorter duration of epilepsy was independently predictive in multivariate models¹³. In the large prospective study by Edelvik et al., preoperative educational level and preoperative vocational status were associated with favorable employment outcomes¹².

Due to Covid-19 pandemic in Thailand, the government imposed a national lockdown in April-May 2020 followed by COVID-19 Prevention & Response Policy to limit the spread. The pandemic had affected the economy in many ways. This study evaluated the association of Covid-19 outbreak with employment and income in TLE patient and our findings showed that the number of patients who reported monthly income loss had increased significantly during Covid-19 outbreak (2.74% vs 16.64%, $p = 0.008$) but Covid-19 outbreak did not significant impact on employment. In the nationwide cross-sectional study in Thailand by Ruengorn et al.²⁵, on how Covid 19 affected the general population. Forty-nine percent of the general population reported income losses and 11.4% had lost employment which led to adverse mental health outcomes.

Overall, the quality of life of our patients was excellent. This study showed the factors influencing better

quality of life at postoperative period were employment and ability to drive. The patients who were employed and able to drive tended to have better quality of life than those who were not. In the study by Auriel et al. employment was an important outcome measure that has been positively correlated with quality of life²⁶. Study by Lee et al. suggested that unemployment was a contributing factor to depression²⁷. In addition, the ability to drive had a significant impact on daily life. It allows a patient to live independently and as well as promotes employment and social activities. Seizure attacks while driving diminished QOL in epilepsy patients even though they only suffered minor injuries²⁸. Therefore, improvement in driving status is a very important patient expectation of epilepsy surgery outcome. Results of previous and our studies support that gaining employment and ability to drive after surgery may improve quality of life.

For a majority of our patients, seizure control appeared to be the main goal of surgical treatment, followed by living independently, and being employed. Social relationship and education were of less concern. This is similar to the study by Lincy et al.¹³ from India, a developing country's perspective. Interestingly, the results from the developed countries were different. Bower et al.²⁹ from the United States, showed driving was the most important aim. In the study by Taylor et al.³⁰ from Ireland, desire for work and driving were the main goals of the patients.

Overall, from this study result, surgery for medically refractory temporal lobe epilepsy improves social outcomes only in driving. Gaining employment and ability to drive after surgery are important factors influencing a better quality of life. Therefore, the vocational and driving rehabilitation program after epilepsy surgery was important. To enhance the employment outcome,

patients require occupational assessment to identify their individual abilities, limitations, and goals before epilepsy surgery. After surgery, they require continued support in vocational training and employment support.

There are several limitations in this study. First, the retrospective single-center study may incur patient selection bias. Second, a small sample size of a heterogeneous population certainly limits the statistical power of the analysis. Third, the patient's opinion about the expectation of epilepsy surgery for more than 2 years after having had surgery might not truly represent the opinions they had before surgery. Lastly, the COVID-19 pandemic situation in Thailand since January 2020 may be a confounding factor of socioeconomic outcome and quality of life of epilepsy patients in this study. Further prospective multicenter study could provide more definitive information on this topic.

Conclusion

Surgery for medically refractory temporal lobe epilepsy improves social outcomes only in driving status. Gaining employment and ability to drive after surgery are important factors which have a positive impact on the quality of life. Therefore, vocational and driving rehabilitation programs should be included in a comprehensive epilepsy treatment program to promote quality of life improvement in TLE patients after surgery.

REFERENCES

1. Blair RDG. Temporal lobe epilepsy semiology. *Epilepsy Res Treat.* 2012;2012:751510.
2. Blümcke I. Neuropathology of focal epilepsies: A critical review. *Epilepsy Behav.* 2009;15:34-9.
3. Berto P. Quality of Life in Patients with Epilepsy and Impact of Treatments. *PharmacoEconomics* 2002;20:1039-59.
4. Wiebe S, Blume WT, Girvin JP, Eliasziw M. A Randomized, controlled trial of surgery for temporal-lobe epilepsy. *N Engl J Med.* 2001;345:311-8.
5. Engel J, McDermott MP, Wiebe S, Langfitt JT, Stern JM, Dewar S, et al. Early Surgical therapy for drug-resistant temporal lobe epilepsy: a randomized trial. *JAMA.* 2012;307:922-30.
6. Hirsch LJ. Long-term outcome after epilepsy surgery: relapsing, remitting disorder? *Epilepsy Curr.* 2012;12:140-2.
7. Lindsten H, Stenlund H, Edlund C, Forsgren L. Socio-economic prognosis after a newly diagnosed unprovoked epileptic seizure in adults: a population-based case-control study. *Epilepsia.* 2002;43:1239-50.
8. Gilliam F, Kuzniecky R, Faught E, Black L, Carpenter G, Schrodt R. Patient-validated content of epilepsy-specific quality-of-life measurement. *Epilepsia.* 1997;38:233-6.
9. Wo MCM, Lim KS, Choo WY, Tan CT. Employability among people with uncontrolled seizures: an interpretative phenomenological approach. *Epilepsy Behav.* 2015;45:21-30.
10. Hamiwka L, Macrodimitris S, Tellez-Zenteno JF, Metcalfe A, Wiebe S, Kwon C-S, et al. Social outcomes after temporal or extratemporal epilepsy surgery: a systematic review. *Epilepsia.* 2011;52:870-9.
11. Hoppe C, Elger CE, Helmstaedter C. Long-term memory impairment in patients with focal epilepsy. *Epilepsia.* 2007;48:26-9.
12. Edelvik A, Flink R, Malmgren K. Prospective and longitudinal long-term employment outcomes after resective epilepsy surgery. *Neurology.* 2015;85:1482-90.
13. George L, Iyer RS, James R, Sankara Sarma P, Radhakrishnan K. Employment outcome and satisfaction after anterior temporal lobectomy for refractory epilepsy: a developing country's perspective. *Epilepsy Behav.* 2009;16:495-500.
14. Chin PS, Berg AT, Spencer SS, Sperling MR, Haut SR, Langfitt JT, et al. Employment outcomes following resective epilepsy surgery. *Epilepsia.* 2007;48:2253-7.
15. Locharernkul C, Kanchanatawan B, Bunyaratavej K, Srikijvilaikul T, Deesudchit T, Tepmongkol S, et al. Quality of life after successful epilepsy surgery: evaluation by occupational achievement and income

- acquisition. *J Med Assoc Thai.* 2005;88 Suppl 4:S207-13.
16. Zarroli K, Tracy JI, Nei M, Sharan A, Sperling MR. Employment after anterior temporal lobectomy. *Epilepsia.* 2011;52:925-31.
17. Jones JE, Berven NL, Ramirez L, Woodard A, Hermann BP. Long-term Psychosocial Outcomes of Anterior Temporal Lobectomy. *Epilepsia.* 2002;43:896-903.
18. Winston GP. Epilepsy surgery, vision, and driving: what has surgery taught us and could modern imaging reduce the risk of visual deficits? *Epilepsia.* 2013;54:1877-88.
19. Shackleton DP, Kasteleijn-Nolst Trenité DGA, de Craen AJM, Vandenbroucke JP, Westendorp RGJ. Living with epilepsy. *Neurology.* 2003;61:64.
20. Carran MA, Kohler CG, O'Connor MJ, Cloud B, Sperling MR. Marital status after epilepsy surgery. *Epilepsia.* 1999;40:1755-60.
21. Wani RT. Socioeconomic status scales—modified Kuppuswamy and Udai Pareekh's scale updated for 2019. *J Family Med Prim Care.* 2019;8:1846-9.
22. Pattanaphesaj J, Thavorncharoensap M. Measurement properties of the EQ-5D-5L compared to EQ-5D-3L in the Thai diabetes patients. *Health Qual Life Outcomes.* 2015;13:14-.
23. Erickson JC, Ellenbogen RG, Khajevi K, Mulligan L, Ford GC, Jabbari B. Temporal lobectomy for refractory epilepsy in the U.S. Military. *Mil Med.* 2005;170:201-5.
24. Asztely F, Ekstedt G, Rydenhag B, Malmgren K. Long term follow-up of the first 70 operated adults in the Göteborg Epilepsy Surgery Series with respect to seizures, psychosocial outcome and use of antiepileptic drugs. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2007;78:605-9.
25. Ruengorn C, Awiphan R, Wongpakaran N, Wongpakaran T, Nochaiwong S, for the Health O, et al. Association of job loss, income loss, and financial burden with adverse mental health outcomes during coronavirus disease 2019 pandemic in Thailand: a nationwide cross-sectional study. *Depress Anxiety.* 2021;38:648-60.
26. Auriel E, Landov H, Blatt I, Theitler J, Gandelman-Marton R, Chistik V, et al. Quality of life in seizure-free patients with epilepsy on monotherapy. *Epilepsy Behav.* 2009;14:130-3.
27. Lee S-A, Lee S-M, No Y-J. Factors contributing to depression in patients with epilepsy. *Epilepsia.* 2010;51:1305-8.
28. Tiamkao S, Sawanyawisuth K, Towanabut S, Visudhipun P. Seizure attacks while driving: quality of life in persons with epilepsy. *Can J Neurol Sci.* 2009;36:475-9.
29. Bower CM, Hays RD, Devinsky O, Spencer SS, Sperling MR, Haut S, et al. Expectations prior to epilepsy surgery: an exploratory comparison of men and women. *Seizure.* 2009;18:228-31.
30. Taylor DC, McMackin D, Staunton H, Delanty N, Phillips J. Patients' aims for epilepsy surgery: Desires beyond seizure freedom. *Epilepsia.* 2001;42:629-33.

APPENDICES

แบบสอบถาม

ID _____

ระดับการศึกษา (ก่อนผ่าตัด)		
☐ ไม่ได้เรียนหนังสือ [1]	☐ ประถมศึกษา [2]	☐ มัธยมศึกษา [3]
☐ ปวช / ปวส [4]	☐ ปริญญาตรีขึ้นไป [5]	
ระดับการศึกษา (หลังผ่าตัด)		
☐ ไม่ได้เรียนหนังสือ [1]	☐ ประถมศึกษา [2]	☐ มัธยมศึกษา [3]
☐ ปวช / ปวส [4]	☐ ปริญญาตรีขึ้นไป [5]	
อาชีพ (ก่อนผ่าตัด)		
☐ ประกอบอาชีพ [1]	ระบุ	☐ ไม่ได้ประกอบอาชีพ [2]
อาชีพ (หลังผ่าตัด)		
ก่อนโควิด 19 ระบาด		
☐ ประกอบอาชีพ [1]	ระบุ	☐ ไม่ได้ประกอบอาชีพ [2]
ช่วงโควิด 19 ระบาด (ปัจจุบัน)		
☐ ประกอบอาชีพ [1]	ระบุ	☐ ไม่ได้ประกอบอาชีพ [2]
รายได้ต่อเดือน, บาท (ก่อนผ่าตัด)		
☐ ไม่มีรายได้ [1]	☐ 1,000-5,000 [2]	☐ 5,000-10,000 [3]
☐ 10,000-30,000 [4]	☐ 30,000-50,000 [5]	☐ มากกว่า 50,000 [6]
รายได้ต่อเดือน, บาท (หลังผ่าตัด)		
ก่อนโควิด 19 ระบาด		
☐ ไม่มีรายได้ [1]	☐ 1,000-5,000 [2]	☐ 5,000-10,000 [3]
☐ 10,000-30,000 [4]	☐ 30,000-50,000 [5]	☐ มากกว่า 50,000 [6]
ช่วงโควิด 19 ระบาด (ปัจจุบัน)		
☐ ไม่มีรายได้ [1]	☐ 1,000-5,000 [2]	☐ 5,000-10,000 [3]
☐ 10,000-30,000 [4]	☐ 30,000-50,000 [5]	☐ มากกว่า 50,000 [6]

สถานะภาพสมรส (ก่อนผ่าตัด)						
☐ โสด [1]	☐ สมรส [2]		☐ หย่าร้าง [3]			
สถานะภาพสมรส (หลังผ่าตัด)						
☐ โสด [1]	☐ สมรส [2]		☐ หย่าร้าง [3]			
การตั้งครรภ์หรือมีบุตร (ก่อนผ่าตัด)						
☐ เคย [1]	☐ ไม่เคย [2]					
การตั้งครรภ์หรือมีบุตร (หลังผ่าตัด)						
☐ เคย [1]	☐ ไม่เคย [2]					
ความสามารถในการขับถ่ายปัสสาวะ (ก่อนผ่าตัด)						
☐ สามารถขับขี้ได้ [1]	☐ ไม่สามารถขับขี้ได้ [2]					
ความสามารถในการขับถ่ายปัสสาวะ (หลังผ่าตัด)						
☐ สามารถขับขี้ได้ [1]	☐ ไม่สามารถขับขี้ได้ [2]					
ความคาดหวังต่อผลการรักษา ก่อนการผ่าตัด ความพึงพอใจหลังการผ่าตัด พอใจ พอใจ พอใจ ไม่พอใจ ไม่พอใจ ไม่พอใจ มากที่สุด [6] มาก [5] [4] [3] มาก [2] มากที่สุด [1]						
☐ อาการชักลดลงหรือหายจากอาการชัก	☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐ สามารถช่วยเหลือตัวเอง ดูแลตัวเองได้	☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐ สามารถไปทำงาน ประกอบอาชีพได้	☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐ แต่งงาน มีครอบครัว มีบุตร	☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐ เพื่อให้สามารถเรียนหนังสือได้	☐	☐	☐	☐	☐	☐
☐ อื่นๆ	☐	☐	☐	☐	☐	☐
หากท่านมีใครรู้จักป่วยเป็นโรคลมชัก ท่านจะแนะนำการรักษาโดยการผ่าตัดหรือไม่						
☐ แนะนำ		☐ ไม่แนะนำ		☐ ไม่แน่ใจ		

ในแต่ละหัวข้อ กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องสี่เหลี่ยม เพียงช่องเดียว ที่ตรงกับสุขภาพของท่านในวันนี้ มากที่สุด.

การเคลื่อนไหว

- ข้าพเจ้าไม่มีปัญหาในการเดิน ☐
- ข้าพเจ้ามีปัญหาในการเดินเล็กน้อย ☐
- ข้าพเจ้ามีปัญหาในการเดินปานกลาง ☐
- ข้าพเจ้ามีปัญหาในการเดินอย่างมาก ☐
- ข้าพเจ้าเดินไม่ได้ ☐

การดูแลตนเอง

- ข้าพเจ้าไม่มีปัญหาในการอาบน้ำ หรือใส่เสื้อผ้าด้วยตนเอง ☐
- ข้าพเจ้ามีปัญหาในการอาบน้ำ หรือใส่เสื้อผ้าด้วยตนเองเล็กน้อย ☐
- ข้าพเจ้ามีปัญหาในการอาบน้ำ หรือใส่เสื้อผ้าด้วยตนเองปานกลาง ☐
- ข้าพเจ้ามีปัญหาในการอาบน้ำ หรือใส่เสื้อผ้าด้วยตนเองอย่างมาก ☐
- ข้าพเจ้าอาบน้ำ หรือใส่เสื้อผ้าด้วยตนเองไม่ได้ ☐

กิจกรรมที่ทำเป็นประจำ (เช่น ทำงาน, เรียนหนังสือ, ทำงานบ้าน, กิจกรรมในครอบครัว หรือกิจกรรมยามว่าง)

- ข้าพเจ้าไม่มีปัญหาในการทำกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ ☐
- ข้าพเจ้ามีปัญหาในการทำกิจกรรมที่ทำเป็นประจำเล็กน้อย ☐
- ข้าพเจ้ามีปัญหาในการทำกิจกรรมที่ทำเป็นประจำปานกลาง ☐
- ข้าพเจ้ามีปัญหาในการทำกิจกรรมที่ทำเป็นประจำอย่างมาก ☐
- ข้าพเจ้าทำกิจกรรมที่ทำเป็นประจำไม่ได้ ☐

อาการเจ็บปวด / อาการไม่สบายตัว

- ข้าพเจ้าไม่มีอาการเจ็บปวดหรืออาการไม่สบายตัว ☐
- ข้าพเจ้ามีอาการเจ็บปวดหรืออาการไม่สบายตัวเล็กน้อย ☐
- ข้าพเจ้ามีอาการเจ็บปวดหรืออาการไม่สบายตัวปานกลาง ☐
- ข้าพเจ้ามีอาการเจ็บปวดหรืออาการไม่สบายตัวอย่างมาก ☐
- ข้าพเจ้ามีอาการเจ็บปวดหรืออาการไม่สบายตัวอย่างมากที่สุด ☐

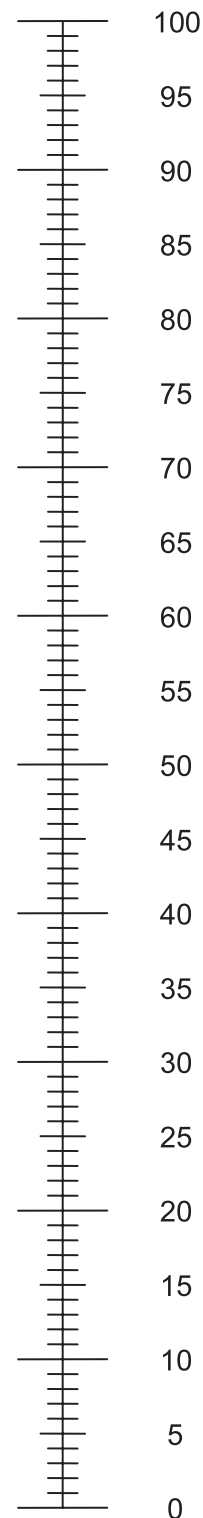
ความวิตกกังวล / ความซึมเศร้า

- ข้าพเจ้าไม่รู้สึกรู้สึกวิตกกังวลหรือซึมเศร้า ☐
- ข้าพเจ้ารู้สึกวิตกกังวลหรือซึมเศร้าเล็กน้อย ☐
- ข้าพเจ้ารู้สึกวิตกกังวลหรือซึมเศร้าปานกลาง ☐
- ข้าพเจ้ารู้สึกวิตกกังวลหรือซึมเศร้าอย่างมาก ☐
- ข้าพเจ้ารู้สึกวิตกกังวลหรือซึมเศร้าอย่างมากที่สุด ☐

- เราอยากทราบว่าสุขภาพของท่านเป็นอย่างไรในวันนี้
- สเกลวัดสุขภาพนี้มีตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 100
- 100 หมายถึง สุขภาพดีที่สุด ตามความคิดของท่าน
0 หมายถึง สุขภาพแย่ที่สุด ตามความคิดของท่าน
- ทำเครื่องหมาย X บนสเกลเพื่อระบุว่าสุขภาพของท่านเป็นอย่างไรในวันนี้
- ตอนนี้ กรุณาใส่ตัวเลขที่คุณได้ทำเครื่องหมายไว้บนสเกลในช่องสี่เหลี่ยมด้านล่างนี้

สุขภาพของท่านในวันนี้ =

สุขภาพดีที่สุด
ตามความคิดของ



สุขภาพแย่ที่สุด
ตามความคิดของท่าน