

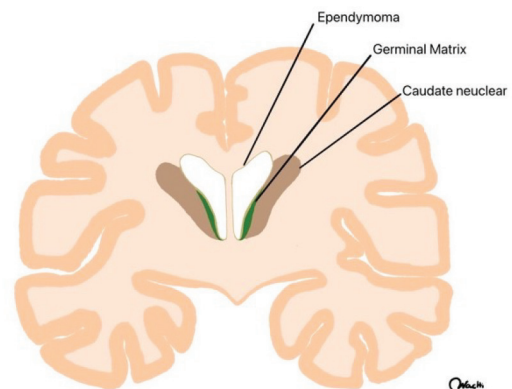
การรักษาภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองหลังจากเกิดเลือดออกในโพรงสมองของการรกที่คลอดก่อนกำหนดด้วยวิธีการล้างเลือดผ่านการส่องกล้องโพรงสมอง

พัฒนสุข กฤตติกากุล, พ.บ. ว.ว.ประสาทศัลยศาสตร์
วชิรชัย พิทักษ์ทอง, พ.บ.

สาขาวิชาประสาทศัลยศาสตร์ ภาควิชาศัลยศาสตร์ โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช

บทนำ

ภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองหลังจากเลือดออกในโพรงสมองของการรกที่คลอดก่อนกำหนด (post-hemorrhagic hydrocephalus of prematurity หรือ PHHP) เป็นภาวะที่เกิดตามหลังจากการมีเลือดออกในโพรงสมอง (intraventricular hemorrhage) พบได้บ่อยถึง 20–50% ในทารกที่คลอดก่อนกำหนดที่มีอายุครรภ์น้อยกว่า 32 สัปดาห์^{1,2,3} ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่มีเลือดออกในชั้น germinal matrix (รูปที่ 1) ที่ยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ขณะตั้งครรภ์ สำหรับ germinal matrix เริ่มสร้างในช่วงอายุครรภ์ 8–28 สัปดาห์ และเจริญเติบโตเต็มที่ตอนอายุครรภ์ 32 สัปดาห์ โดยทารกคลอดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนักยิ่งน้อย จะยิ่งพบอุบัติการณ์ของภาวะเลือดออกในโพรงสมองได้มากขึ้น^{4,5,6,7}



รูปที่ 1 ตำแหน่งของ germinal matrix คือบริเวณสีเขียว ด้าน medial ของ caudate nucleus และชิดกับ lateral wall ของ lateral ventricle

สำหรับภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองหลังจากเลือดออกในโพรงสมองนั้น จะสัมพันธ์กับการมีเลือดออกในสมองที่มีความรุนแรง (severe IVH) ที่จัดอยู่ใน Papile classification grade III และ IV (ตารางที่ 1)⁷ โดยเลือดที่ออกได้ไหลเข้าไปในโพรงสมองจะทำให้เกิดภาวะน้ำใน

โพรงสมองคั่งและทำให้ความดันในกะโหลกศีรษะเพิ่มสูงขึ้นตามมา หากปล่อยทิ้งไว้ความดันในกะโหลกศีรษะที่สูงและการอักเสบจากการที่มีตะกอนของเลือดในโพรง

สมองจะทำให้สมองเกิดความเสียหาย ซึ่งจะมีผลต่อความพิการและภาวะทุพพลภาพในเด็กกลุ่มนี้เป็นอย่างมากในอนาคต

ตารางที่ 1 The Papile Classification of แบ่งการเกิด intraventricular hemorrhage ในเด็ก preterm โดยใช้ อัลตราซาวนด์⁷

The Papile Classification of Preterm Intraventricular Hemorrhage on Ultrasonography ⁷	
Grade I	Isolated germinal matrix hemorrhage
Grade II	Intraventricular hemorrhage without ventricular dilatation
Grade III	Intraventricular hemorrhage with ventricular dilatation
Grade IV	Intraparenchymal hemorrhage plus intraventricular hemorrhage

แนวทางการรักษาภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองหลังจากเกิดเลือดออกในโพรงสมองของการรกที่คลอดก่อนกำหนด

การรักษาปัจจุบันแบ่งออกเป็น

1. การรักษาแบบไม่ผ่าตัด (nonsurgical treatment)
2. การรักษาโดยการผ่าตัดเพื่อระบายน้ำในโพรงสมองเบื้องต้นหรือชั่วคราว (temporary surgical treatment)
3. การรักษาโดยการผ่าตัดเพื่อระบายน้ำในโพรงสมองถาวร (permanent surgical treatment)

การรักษาแบบไม่ผ่าตัด ได้แก่ การเจาะระบายน้ำไขสันหลัง (lumbar puncture) ให้ผลการรักษาที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพมากนัก เนื่องจากผู้ป่วยกลุ่มนี้มักจะมีขนาดตัวที่เล็กทำให้การเจาะระบายน้ำไขสันหลังทำได้ค่อนข้างยาก ระบายได้ในปริมาณที่ไม่มาก อาจจะต้องเจาะระบายบ่อยครั้งทำให้เกิดความเจ็บปวดแก่ผู้ป่วย อย่างไรก็ตามยังมีผู้ป่วยบางกลุ่มที่ตอบสนองได้ดีและภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองสามารถหายไปได้เอง⁸ ในส่วนของการ

เจาะระบายน้ำในโพรงสมองผ่านช่องกะหม่อมด้านหน้า (anterior fontanelle tapping) ควรทำเท่าที่จำเป็น เช่น ผู้ป่วยอยู่เกิดภาวะวิกฤติจากภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองหรือกำลังติดเชื้อทำให้ยังไม่สามารถไปผ่าตัดเพื่อใส่อุปกรณ์ได้ เนื่องจากการเจาะระบายน้ำในโพรงสมองผ่านช่องกะหม่อมด้านหน้านั้นจะเพิ่มโอกาสการติดเชื้อในโพรงสมอง และเกิดภาวะ loculated hydrocephalus ตามมาได้ นอกจากนี้การให้ยาขับปัสสาวะกลุ่ม acetazolamide และ furosemide เพื่อลดการสร้างน้ำในโพรงสมอง ปัจจุบันได้รับการยืนยันแล้วว่าไม่มีประโยชน์ต่อผู้ป่วย อีกทั้งยังทำให้เกิดการสะสมของแคลเซียมในเนื้อไต รวมถึงผลแทรกซ้อนอื่น ๆ ตามมาด้วย^{9,10}

ในส่วนของการรักษาแบบผ่าตัดเพื่อระบายน้ำในโพรงสมองเบื้องต้นหรือชั่วคราวนั้น มีไว้เพื่อรักษาภาวะน้ำในโพรงสมองคั่งจนทำให้เกิดความดันในสมองสูงขึ้น และเกิดอาการทางระบบประสาท ซึ่งมีประโยชน์ในการรักษาในช่วงแรกที่ยังมีภาวะแทรกซ้อนจากการคลอดก่อนกำหนด เช่น น้ำหนักน้อย มีผิวหนังที่บาง

ปริมาณโปรตีนในน้ำในโพรงสมองที่ยังสูงอยู่ ทำให้ไม่สามารถใส่สายระบายน้ำในโพรงสมองแบบถาวรในขณะนั้นได้ ยกตัวอย่างเช่น การใส่อุปกรณ์สำหรับการเจาะระบายน้ำในโพรงสมอง (ventricular access device หรือ VAD)^{11,12} หรือการใส่สายระบายน้ำในโพรงสมองไว้ใต้หนังศีรษะ^{13,14} (ventriculo-subgaleal shunt หรือ VSgS) ในส่วนของการใส่สายระบายน้ำในโพรงสมองออกมายังภายนอก (external ventricular drainage หรือ EVD)¹⁵ มีการศึกษาพบว่าเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดการติดเชื้อในโพรงสมองและภาวะแทรกซ้อนอื่นๆของทารกที่คลอดก่อนกำหนดมากกว่า การใส่ VAD หรือ VSgS¹⁶

การรักษาโดยการผ่าตัดเพื่อระบายน้ำในโพรงสมองถาวร จะทำเมื่อผู้ป่วยยังคงมีอาการของภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองอยู่ (persist of hydrocephalus symptom) โดยเป็นการใส่สายระบายน้ำในโพรงสมองไปยังช่องท้องช่องเยื่อหุ้มปอด หรือ หัวใจห้องบนขวา เป็นต้น โดยมักจะใส่เมื่อทารกอายุมากกว่า 3 เดือนหลังคลอด, น้ำหนักมากกว่า 2.5 กิโลกรัม และ โปรตีนของน้ำในโพรงสมองมีค่าน้อยกว่า 1.5 กรัม/ลิตร¹⁷ นอกจากนี้ยังมีการรักษาด้วยการทำ endoscopic third ventriculostomy with choroid plexus coagulation (ETV-CPC) ซึ่งให้ผลการรักษาที่ดีในเด็กทารกที่มีอายุ 6 เดือน(corrected age) ขึ้นไป¹⁸

ในปี ค.ศ. 2010 Whitelaw และ คณะ¹⁹ ได้เสนอการรักษาภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองหลังจากเกิดเลือดออกในโพรงสมองของทารกที่คลอดก่อนกำหนด ด้วยวิธี DRIFT (Drainage, Irrigation and Fibrinolytic Therapy) โดยการใส่สายระบายน้ำในโพรงสมอง 2 เส้นที่บริเวณ frontal horn ข้างเดียวกัน และ occipital horn ข้างตรงข้าม และใช้ Ringer lactate solution ร่วมกับ recombinant tissue plasminogen activator (rt-PA) เพื่อช่วยในการล้างเลือดที่ออกในโพรงสมอง โดยการศึกษานี้ได้หยุดลงกลางคันเนื่องจากพบว่า มีอุบัติการณ์ของภาวะเลือดออก

ซ้ำเพิ่มขึ้น และ ไม่ได้ลดอัตราการใส่สายระบายน้ำในโพรงสมองแบบถาวรเมื่อผ่านไป 6 เดือน แต่การรักษาด้วยวิธี DRIFT พบว่า ทารกที่ได้รับการรักษามีอาการทางระบบประสาทที่ตึกกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการรักษา โดยเมื่อติดตามอาการต่อเนื่องที่ 2 ปีและ 10 ปี²⁰ พบว่าสามารถลด severe cognitive disability และ ลด overall death ได้

และเนื่องจากปัจจุบันวิวัฒนาการของอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ดีขึ้น ทำให้ต่อมาเกิดแนวคิดของการใช้กล้องส่องโพรงสมอง (endoscope) ในการล้างเลือดผ่านการส่องกล้องในโพรงสมอง(neuro-endoscopic lavage หรือ NEL) ซึ่งมีข้อดีกว่าการรักษาแบบ DRIFT ในแง่ของความปลอดภัย เนื่องจากสามารถมองเห็นและดูดเลือดที่หลงเหลืออยู่ภายในโพรงสมองได้โดยตรง, ควบคุมปริมาณน้ำเข้า-ออกในการล้างเลือดได้²¹ และสามารถเจาะผ่านผนังกั้นระหว่างโพรงสมอง (septum pellucidum) เพื่อไปล้างเลือดที่อยู่ในโพรงสมองด้านตรงข้ามได้ในกรณีที่ ไม่สามารถใส่กล้องเข้าไปล้างใน บริเวณของ foramen of Monro และบริเวณของ third ventricle ที่มีขนาดเล็กได้^{15,22,23}

ทำให้ปี ค.ศ. 2014 Congress of Neurological Surgeons Paediatric Hydrocephalus Guidelines ได้แนะนำให้การทำ NEL เป็นหนึ่งในการรักษาภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองหลังจากเกิดเลือดออกในโพรงสมองที่สามารถทำได้อย่างปลอดภัย²⁴

ข้อบ่งชี้, ขั้นตอนและเทคนิคการผ่าตัดในการรักษาภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองหลังจากเกิดเลือดออกในโพรงสมองของทารกที่คลอดก่อนกำหนดด้วยวิธีการล้างเลือดผ่านการส่องกล้องโพรงสมอง

สำหรับข้อบ่งชี้ในการทำ NEL นั้นปัจจุบัน แนะนำให้รักษาเมื่อ

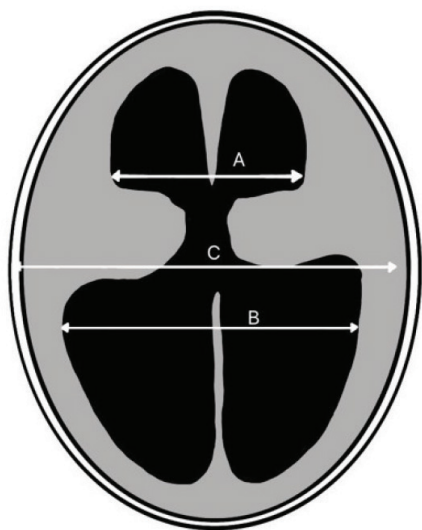
1. วัด head ultrasonography พบว่า ventricular index (maximal width of body of lateral ventricles ทหารด้วย biparietal diameter) > 97 เปอร์เซ็นไทล์ หรือ

anterior horn width > 6 มม.²⁵

2. เส้นรอบวงศีรษะเพิ่มขึ้น 0.5-1 ซม./วัน ติดต่อกัน 2-3 วัน ร่วมกับมีอาการของ ภาวะน้ำในโพรงสมองคั่ง เช่น กะหม่อมหน้ามีการโป่งตึงมากขึ้น, หรือมีการแยกของรอยต่อของกะโหลกศีรษะ (splayed sutures)²⁶

3. มีค่า fronto-occipital horn ratio (FOHR) > 0.55 (รูปที่ 2) ร่วมกับมีอาการ 2 ใน 3 ดังต่อไปนี้²⁷

- 1) หัวใจเต้นช้า (bradycardia)
- 2) มีการแยกของรอยต่อของกะโหลกศีรษะ (splayed sutures)
- 3) กะหม่อมหน้ามีการโป่งตึงมากขึ้น (bulging fontanelle)



$$\text{Fronto-Occipital Horn Ratio (FOHR)} = \frac{(A+B)}{2C}$$

Neuch

รูปที่ 2 วิธีวัด Fronto-occipital horn ratio (FOHR) โดยการวัดความกว้างสุดของ frontal horn และของ occipital horn มาบวกรวมกัน แล้วหารด้วยค่าความกว้างที่สุดของด้านในกะโหลกศีรษะ parietal ในระนาบเดียวกัน

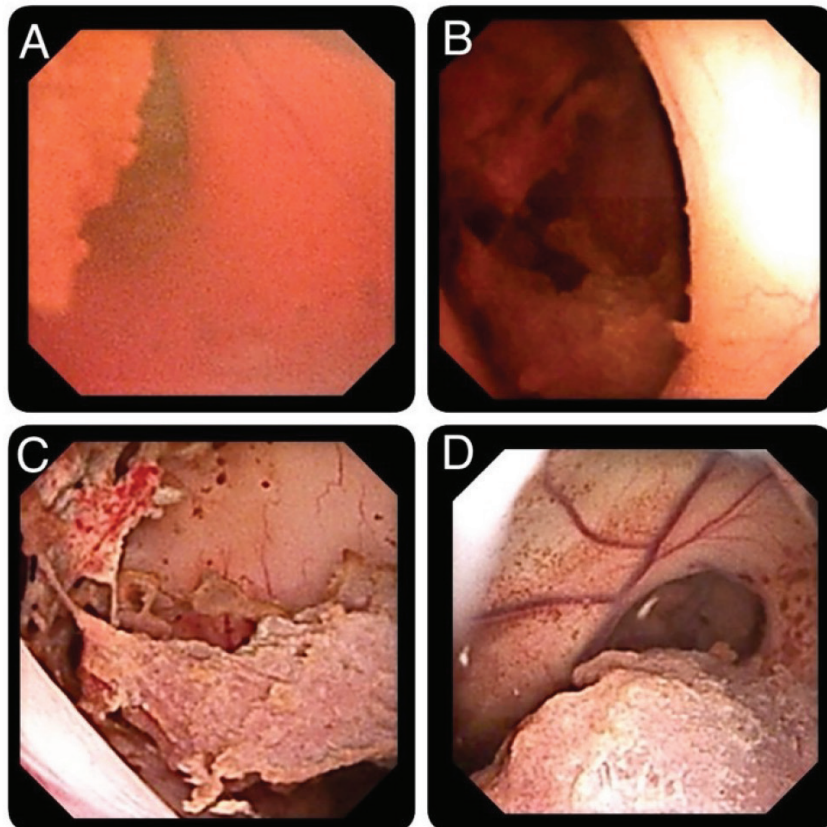
เนื่องจากเทคนิคการผ่าตัด NEL นั้นไม่ได้มีการระบุขั้นตอนที่ชัดเจน ทำให้ค่อนข้างแตกต่างกันไปในประสาทศัลยแพทย์แต่ละราย ซึ่งทำให้ผลการรักษาออกมาไม่เหมือนกัน ดังนั้นในปี ค.ศ. 2022 จึงมีความพยายามปรับปรุงให้แนวทางการรักษาด้วยวิธี NEL ให้เป็นไปในมาตรฐานเดียวกัน โดย Saniya และคณะทำงานของ DOLPHIN-UK ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากกุมารประสาทศัลยแพทย์ในการจัดทำรายงานเรื่อง A Standardised Protocol for Neuro-endoscopic Lavage for Post-haemorrhagic Ventricular Dilatation: A Delphi Consensus Approach และได้ข้อสรุปดังนี้²⁸

ขั้นตอนและเทคนิคการผ่าตัด

เริ่มจัดทำผู้ป่วยให้อยู่ในท่านอนหงาย เปิดแผลเป็นแบบครึ่งวงกลม (semicircular skin incision) ที่บริเวณ 1 ซม. หน้าต่อ coronal suture ในแนว midpupillary line หลังจากนั้นทำการเจาะรู bur hole ขนาดเล็ก เปิดเยื่อหุ้มสมองชั้น dura mater เพื่อใส่กล้องส่องโพรงสมอง (rigid หรือ flexible endoscope) เข้าไปยังตำแหน่ง frontal horn ของ lateral ventricle โดยแนะนำให้ใส่ในโพรงสมองข้างที่มีเลือดอยู่มากที่สุด หลังจากใส่กล้องเข้าไปในโพรงสมองเรียบร้อยแล้ว สามารถเริ่มล้างเลือดด้วย warmed Ringer's lactate solution (อุณหภูมิ 37°C โดยประมาณ) โดยเริ่มล้างจากบริเวณ frontal horn ไปยัง occipital horn ของข้างเดียวกัน จากนั้นให้ล้างต่อไปยังบริเวณของ foramen of Monroe และ third ventricle หลังจากล้างเลือดที่อยู่ในโพรงสมองข้างเดียวกันจน น้ำในโพรงสมอง มีสีที่ใสแล้ว แนะนำให้ทำการเจาะผนังกะโหลกโพรงสมอง (septostomy) เพื่อล้างเลือดที่อยู่ใน lateral ventricle ฝั่งตรงข้าม ในกรณีที่มีลิ่มเลือดที่ล้างไม่ออกสามารถทำ moderate suction โดยใช้ syringe ต่อกับช่อง suction ของกล้องเพื่อเพิ่มแรงดูดก้อนเลือดให้ออกมาได้ แนะนำให้ล้างจนน้ำในโพรงสมองมี

สีใสสามารถมองเห็นโครงสร้างต่าง ๆ ในโพรงสมองได้ชัดเจน(โดยปริมาณของ Ringer's lactate solution ที่ใช้ล้างจะอยู่ที่ประมาณ 2-3 ลิตร) (รูปที่ 3) หลังจากล้างเสร็จแล้วแนะนำให้ใส่อุปกรณ์ในการระบายน้ำในโพรงสมองชั่วคราวต่อเสมอ (EVD, VAD หรือ VSgS) และใช้

gel foam ปิดช่องว่างของ corticotomy tract ต่อมาเย็บชั้น periosteum คลุมทับกระเปาะ reservoir อีกชั้น (กรณีที่ใช้ VAD หรือ VSgS) และ เย็บชั้น galea aponeurosis รวมถึงผิวหนังให้แน่นเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำในโพรงสมองออกมายังภายนอก



รูปที่ 3 (A) รูปแสดงเลือดที่ออกในโพรงสมองก่อนทำการล้าง (B) รูปก่อนเลือดที่อุดตันอยู่บริเวณของ foramen of Monro (C) แสดงการดูดก้อนเลือดออกด้วยเทคนิค moderate suction โดยใช้ syringe (D) รูปหลังจากล้างจนน้ำในโพรงสมองมีสีใส เห็น structure ต่าง ๆ ได้ชัดเจน

การดูแลหลังผ่าตัด

หลังผ่าตัดผู้ป่วยทุกรายควรอยู่สังเกตอาการที่หอผู้ป่วยวิกฤตสำหรับเด็กแรกเกิด แนะนำให้ยาปฏิชีวนะจนถึงหลังผ่าตัด 24 ชม. และติดตามวัดเส้นรอบวงรอบศีรษะ วันละครั้ง ควรทำ ultrasound ศีรษะซ้ำภายใน 24 ชม. เพื่อประเมินก้อนเลือดที่ค้างอยู่รวมถึงภาวะน้ำคั่งใน

โพรงสมอง และทำ ultrasound ซ้ำทุก ๆ 2 วัน หากผู้ป่วยมีศีรษะโตขึ้นเร็วผิดปกติ หรือมีอาการของความดันในกะโหลกศีรษะสูง โดยหากตรวจพบก้อนเลือดที่เหลือค้างอยู่ จะแนะนำให้ไปทำการล้างเลือดผ่านการส่องกล้องโพรงสมอง (re-lavage) อีกครั้ง แต่ถ้ามีเพียงอาการของภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองเพียงอย่างเดียว สามารถ

ปล่อยหรือเจาะระบายน้ำในโพรงสมองผ่าน reservoir ในปริมาณ 10 มล./กก.15 ทุก 12–48 ชม. เพื่อลดอาการได้

ผลการรักษา

สำหรับในกรณีที่ทำ NEL จากการศึกษาของ Schulz M. และคณะในปี ค.ศ. 2014 พบว่า มีโอกาสที่ผู้ป่วยสามารถเอา temporary device ออกได้หลังใส่ไปแล้ว 1 ปี โดยผู้ป่วยที่จำเป็นต้องได้รับการรักษาด้วย permanent treatment ด้วยการใส่ shunt นั้นลดเหลือเพียง 50% เทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ทำ NEL ที่ 100% รวมถึงมี shunt survival rate 63.6% ที่ 12 เดือน และ 56.2% ที่ 24 เดือน¹⁵

สอดคล้องไปกับผลการศึกษาของ Jorge Tirado-Caballero และคณะในปี ค.ศ. 2020 ที่ศึกษาการทำ NEL ในผู้ป่วย modified Papile grade III และ IV จำนวน 46 ราย พบว่ามี permanent shunt rate อยู่ที่ 58.7% และมีผลการรักษาที่ดีขึ้นในแง่ของ good neurological motor outcome (GMFCS Grade I–II) ที่ 65.79% และมี Good neurocognitive outcome ที่ 53.3%²³ โดยปัจจุบันได้มีการศึกษา TROPHY registry study design: a prospective, international multicenter study for the surgical treatment of posthemorrhagic hydrocephalus in neonates²⁹ ที่ขณะนี้กำลังอยู่ในระหว่างขั้นตอนการศึกษาและเก็บข้อมูล เพื่อพัฒนาต่อยอดรวมถึงกำหนดวิธีการรักษาให้เป็นมาตรฐานเดียวกันและดียิ่งขึ้นไปอีกในอนาคต

สรุป

การรักษาภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองหลังจากเกิดเลือดออกในโพรงสมองของทารกที่คลอดก่อนกำหนดด้วยวิธีการล้างเลือดผ่านการส่องกล้องโพรงสมองเป็นวิธีที่ง่ายและปลอดภัย ซึ่งปัจจุบันได้แนะนำให้ใช้

เป็นการรักษาเสริมเพิ่มเติมจากการรักษาโดยการผ่าตัดเพื่อระบายน้ำในโพรงสมองเบื้องต้นหรือชั่วคราว โดยสามารถลดอัตราการใส่และยืดยาวระยะเวลาในการเปลี่ยนสายระบายน้ำในโพรงสมองแบบถาวรได้ รวมถึงให้ผลการรักษาในเรื่องของ motor และ cognitive function ที่ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Duncan CC, Ment LR. Intraventricular hemorrhage and prematurity. *Neurosurg Clin N Am* 1993;4:727–34.
2. Ment LR, Ehrenkranz RA, Philip AG, et al. Risk period for intraventricular hemorrhage of the preterm neonate is independent of gestational age. *Semin Perinatol* 1993;17:338–41.
3. Volpe JJ. *Neurology of the newborn*. 3rd ed. Philadelphia: Saunders; 1995. p. 403–63.
4. Kadri H, Mawla AA, Kazah J. The incidence, timing, and predisposing factors of germinal matrix and intraventricular hemorrhage (GMH/ IVH) in preterm neonates. *Childs Nerv Syst*. 2006;22(9):1086–90.
5. Mancini MC, Barbosa NE, Banwart D, et al. Intraventricular hemorrhage in very low birth weight infants: associated risk factors and outcome in the neonatal period. *Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo* 1999;54:151–4.
6. Paneth N, Pinto-Martin J, Gardiner J, et al. Incidence and timing of germinal matrix intraventricular hemorrhage in low birth weight infants. *Am J Epidemiol* 1993; 137:1167–76.
7. Papile LA, Burstein J, Burstein R, et al. Incidence and evolution of subependymal and intraventricular hemorrhage: a study of infants with birth weights less than 1500 gm. *J Pediatr* 1978;92:529–34.
8. Alan N, Manjila S, Minich N, et al. Reduced ventricular shunt rate in very preterm infants with severe intraventricular hemorrhage: an institutional experience. *J Neurosurg Pediatr*. 2012;10(5):357–64.

9. Whitelaw A, Kennedy CR, Brion LP. Diuretic therapy for newborn infants with posthemorrhagic ventricular dilatation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2001;2:CD002270.
10. Kennedy CR, Ayers S, Campbell MJ, Elbourne D, Hope P, Johnson A: Randomized, controlled trial of acetazolamide and furosemide in posthemorrhagic ventricular dilation in infancy: follow-up at 1 year. *Pediatrics*. 2001;108:597-607.
11. Hudgins RJ, Boydston WR, Gilreath CL. Treatment of posthemorrhagic hydrocephalus in the preterm infant with a ventricular access device. *Pediatr Neurosurg*. 1998;29(6):309-313.
12. McComb JG, Ramos AD, Platzker AC, et al. Management of hydrocephalus secondary to intraventricular hemorrhage in the preterm infant with a subcutaneous ventricular catheter reservoir. *Neurosurgery*. 1983;13(3):295-300.
13. Fulmer BB, Grabb PA, Oakes WJ, et al. Neonatal ventriculosubgaleal shunts. *Neurosurgery*. 2000;47(1):80-83, discussion 83-84.
14. Perret GE, Graf CJ. Subgaleal shunt for temporary ventricle decompression and subdural drainage. *J Neurosurg*. 1977;47(4):590-595.
15. Schulz M, Bührer C, Pohl-Schickinger A, et al. Neuroendoscopic lavage for the treatment of intraventricular hemorrhage and hydrocephalus in neonates. *J Neurosurg Pediatr*. 2014;13:626-35.
16. Gurtner P, Bass T, Gudeman SK, et al. Surgical management of post-hemorrhagic hydrocephalus in 22 low-birth-weight infants. *Childs Nerv Syst*. 1992;8(4):198-202.
17. Whitelaw A, Aquilina K. Management of posthaemorrhagic ventricular dilatation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2012;97(3):F229-F233.
18. Riva-Cambrin J, Kestle JRW, Rozzelle CJ, et al. Predictors of success for combined endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization in a north american setting: a hydrocephalus clinical research network study. *J Neurosurg Pediatr*. 2019;1-11.
19. Whitelaw A, Jary S, Kmita G, et al. Randomized trial of drainage, irrigation and fibrinolytic therapy for premature infants with posthemorrhagic ventricular dilatation: developmental outcome at 2 years. *Pediatrics*. 2010;125(4):e852-8.
20. Luyt K, Jary S, Lea C, et al. Ten-year follow-up of a randomised trial of drainage, irrigation and fibrinolytic therapy (DRIFT) in infants with post-haemorrhagic ventricular dilatation. *Health Technol Assess*. 2019;23(4):1-116.
21. Cavaleiro S, Dastoli PA, Suriano IC, Sparapani F, Mello FB: Brain wash in premature neonate with intraventricular hemorrhage. *Childs Nerv Syst*. 2007; 23:1051(Abstract).
22. D'Arcanges C, Schulz M, Bührer C, et al. Extended experience with neuroendoscopic lavage for posthemorrhagic hydrocephalus in neonates. *World Neurosurg*. 2018;116:e217-24.
23. Tirado-Caballero J, Rivero-Garvia M, Arteaga-Romero F, Herrera-Franco J, Lozano-Gonzalez Á, Marquez-Rivas J. Neuroendoscopic lavage for the management of posthemorrhagic hydrocephalus in preterm infants: safety, effectivity, and lessons learned. *J Neurosurg Pediatr*. 2020;26(3):237-46. doi: 10.3171/2020.2.PEDS2037. PMID: 32413865.
24. Bauer DF, Baird LC, Klimo P, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Treatment of Pediatric Hydrocephalus: Update of the 2014 Guidelines. *Neurosurgery*. 2020;87:1071-5.
25. de Vries LSFG, Liem KD, Heep A, et al. Treatment thresholds for intervention in posthaemorrhagic ventricular dilation: a randomised controlled trial. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2019;104(1):F70-ÄF75.
26. Wellons 3rd JC, Holubkov R, Browd SR, et al. The assessment of bulging fontanel and splitting of sutures in premature infants: an interrater reliability study by the hydrocephalus clinical research network. *J Neurosurg Pediatr*. 2013;11(1):12-4.

-
27. Wellons 3rd JC, Shannon CN, Holubkov R. Shunting outcomes in posthemorrhagic hydrocephalus: results of a Hydrocephalus Clinical Research Network prospective cohort study. *J Neurosurg Pediatr.* 2017;20(1):19–29.
 28. Mediratta S, Chari A, DOLPHIN-UK Collaborators. A standardised protocol for neuro-endoscopic lavage for post-haemorrhagic ventricular dilatation: A Delphi consensus approach. *Childs Nerv Syst.* 2022;38:2181–7.
 29. Thomale UW, Cinalli G, Kulkarni AV, Al-Hakim S, Roth J, Schaumann A, Bühner C, Cavalheiro S, Sgouros S, Constantini S, Bock HC. TROPHY registry study design: a prospective, international multicenter study for the surgical treatment of posthemorrhagic hydrocephalus in neonates. *Childs Nerv Syst.* 2019;35(4):613–9.