小児水頭症—病態概念の変遷と治療—

刈部 博¹⁾, 林 俊哲¹⁾, 成澤 あゆみ¹⁾, 亀山 元信¹⁾, 富永 悌二²⁾

1) 仙台市立病院脳神経外科, 2) 東北大学大学院医学系研究科神経外科学分野

Pediatric Hydrocephalus : Pathophysiological Concept and Treatment

Hiroshi Karibe, M.D.¹⁾, Toshiaki Hayashi, M.D.¹⁾, Ayumi Narisawa, M.D.¹⁾, Motonobu Kameyama, M.D.¹⁾, and Teiji Tominaga, M.D.¹⁾

1) Department of Neurosurgery, Sendai City Hospital, 2) Department of Neurosurgery, Tohoku University Graduate School of Medicine

The evolution of the pathophysiological concept and the surgical treatment of pediatric hydrocephalus are reviewed in this article.

From the era of the ancient Greeks to the 19th century, hydrocephalus has been recognized as the accumulation of cerebrospinal fluid (CSF) in the brain. In the 20th century, the major CSF pathway was elucidated as follows: the majority of CSF was produced from choroid plexuses, passing through the ventricles to the subarachnoid space, then absorbed from the arachnoid granules. The main pathophysiology of hydrocephalus was proposed as disorders of the major CSF pathway. The minor CSF pathway was proposed as CSF exchanges among transependymal, intraparenchymal, perivascular, and interstitial spaces. The concept of minor pathway hydrocephalus in infants was proposed as well as evolution theory in CSF dynamics. In addition, it appears that interstitial fluid and CSF are formed by water filtration from the walls of arterial capillaries, and absorbed from venous capillaries and postcapillary venules.

Hydrocephalus had been treated by open- or closed-ventricular drainage until the 19th century. The third ventriculostomy and the choroid plexectomy were employed in the beginning of the 20th century, but declined in use because of poor results. In recent years, third ventriculostomy has become the first choice of treatment for non-communicating hydrocephalus, because of the technical advancements made utilizing neuroendoscopy. As for shunts, various attempts were made before the 1960's, but these were often complicated by infections or by thrombotic obstructions. Ventriculoperitoneal shunts have become the most popular since the 1960's, and various shunt products have been made to reduce shunt malfunction.

(Received October 26, 2015; accepted December 22, 2015)

Key words : pediatric hydrocephalus, cerebrospinal fluid, major pathway, minor pathway, treatment
Jpn J Neurosurg (Tokyo) 25 : 300-306, 2016

はじめに

小児水頭症の多くは先天性水頭症で、その発生頻度は

1,000 出生に対して 1~2 人、病因としては脊髄髄膜瘤を伴わない先天性水頭症が約 40% を占め最も多く、次いで脊髄髄膜瘤を伴うものが約 30%、さらに周産期頭蓋内出

連絡先: 刈部 博, 〒982-8502 仙台市太白区あすと長町 1-1-1 仙台市立病院脳神経外科

Address reprint requests to: Hiroshi Karibe, M.D., Department of Neurosurgery, Sendai City Hospital, 1-1-1 Asuto-nagamachi, Taihaku-ku, Sendai-shi, Miyagi 982-8502, Japan

Table 1 Theories of CSF dynamics concerning hydrocephalus

Authors & Year	Achievement
Hippocrates, 460-370 B. C.	Water accumulating in the head caused it to swell
Galen, 129-200 A. D.	Ventricles of the brain were in communication
Vesalius, 1514-1564	Clearly described internal hydrocephalus
Sylvius, 1614-1672	Described the cerebral aqueduct
Pacchioni, 1702	Described the arachnoid granules (granular bodies of Pacchioni)
Morgagni, 1682-1771	Described the pathology of hydrocephalus
Monro, 1733-1817	Described the intraventricular foramen of Monro
Whytt, 1768	Defined internal and external hydrocephalus
Magendie, 1783-1855	Described of the outlet of the fourth ventricle
Key & Retzius, 1876	Identified the correct pathway of CSF flow by dye injection techniques
Dandy & Blackfan, 1914	Distinguished between communicating and non-communicating hydrocephalus
Cushing, 1925	Proposed concept of the "Third Circulation"
O'Connell, 1943	Suggested that increased pulse pressure in the ventricle causes communicating hydrocephalus
Russell, 1949	Proposed classification of hydrocephalus as nonobstructive & obstructive
Bering, 1962	Demonstrated that the choroid plexus generated the force for flow of fluid for ventricular enlargement
Bering et al., 1963	Demonstrated changes in formation & absorption of CSF w/in the cerebral ventricles
DiChiro, 1966	Demonstrated cranially directed CSF circulation w/radionuclide cisternography; also hypothesized 2-directional flow of CSF in spinal canal
Di Rocco et al., 1978	Demonstrated that hyperdynamic ventricular pulsation was sufficient to cause ventricular dilation
Oi et al., 1991	Proposed various forms of postshunting isolated compartments; proposed 5-compartment hydrocephalus
Greitz, 1991	Emphasized importance of pistonlike action of brain for pulsatile flow & mixing of CSF
Oi et al., 2006	Proposed "evolution theory in CSF dynamics" & minor pathway hydrocephalus in developing immature brain
Rekate et al., 2008	Demonstrated importance of cortical subarachnoid space in understanding hydrocephalus

血・外傷・腫瘍・感染に続発するものが知られている¹⁾。

水頭症は1疾患単位ではなく、脳脊髄液の産生と吸収の間に不均衡が生じて起こる進行性の病態であり、治療のゴールは進行性の病態を停止性に変えることにあるとされる。本稿では小児水頭症について、特にその病態概念の変遷や治療の歴史について概説する。

水頭症の病態と髄液循環に関する概念の変遷 (Table 1)

古代ギリシャ時代、Hippocrates (460~370 B. C.) は水頭症を「水が頭の中に貯留して腫脹している状態」と認識していたと考えられている¹¹⁾。当時は、髄液貯留が脳の外側か内側かを明瞭に区別できず、Hippocratesが行った治療は硬膜下腔からの髄液ドレナージであった⁹⁾。ローマ時代となり Galen (129~200 A. D.) が脳室間に交通があることを発見したが、そこには“動物としての魂”が宿ると考え、その老廃物が下垂体を通して鼻汁として分泌されると考えていた。

16世紀になり Vesalius (1514~1564) によって初めて、

水頭症は脳室内に水が貯留した状態であると明確に記述された²⁶⁾が、この時代においても水頭症の診断と治療に関しては謎のままであった。

17~18世紀になって、Pacchioni (1665~1726) によるくも膜顆粒の発見、Sylvius (1614~1672) による中脳水道の発見、Monro (1733~1817) による脳室間孔 (Monro 孔) の発見、などの水頭症の病因に関わる解剖学的発見が相次いだ。また、同時代の Morgagni (1682~1771) により水頭症の病理が記述され、水頭症の病因に対する理解が進歩したと考えられる³⁾。Whytt (1714~1766) は1768年に結核性水頭症20剖検例において内水頭症と外水頭症を明瞭に区別した。しかし、この時代にはまだ髄液の循環という概念は存在していなかった¹¹⁾。

19世紀末~20世紀前半にかけて髄液循環が次第に明らかとなり、水頭症の病態概念は近代的な考え方に大きく近づいたといえる。すなわち、Magendie (1783~1855) および Luschka (1820~1875) により第四脳室のくも膜下腔への出口が発見されたことにより、脳室とくも膜下腔との間で髄液が交通していることが証明され、また、髄液が脈絡叢で産生されることもほぼ同時代に明らかに

Fig. 1 Scheme of the major CSF pathway

The majority of CSF is produced from the choroid plexus in the ventricles, it then passes through the interventricular foramina to the third ventricle, the cerebral aqueduct, the fourth ventricle, then the subarachnoid space surrounding the spinal cord and the brain. CSF returns to the vascular system by entering the dural venous sinuses via the arachnoid granulations.

Fig. 2 Scheme of the minor CSF pathway

The minor CSF pathway includes CSF exchanges among the transependymal, intraparenchymal, perivascular, and interstitial (extracellular) spaces. It also involves CSF flow along the cranial and spinal nerve roots, allowing it into the lymphatic channels.

された。Key (1832～1901) と Retzius (1842～1919) は dye injection technique を用いて髄液の major pathway を同定した¹¹⁾。さらに、Dandy (1886～1946) と Blackfan (1883～1941) は動物実験で中脳水道や Monro 孔を閉塞することによって非交通性水頭症を作り出すことに成功し、水頭症は交通性と非交通性とに区別して考えられるようになった⁷⁾。1925 年には Cushing が髄液循環を“第3の循環”とする病態概念を提唱し、その後もさまざまな知見が加わった²⁵⁾ (Table 1)。

近代的な髄液循環の概念は、bulk flow (総体流) として知られる。すなわち、髄液循環には脈絡叢で産生されて、脳室・くも膜下腔を循環し、くも膜絨毛 (顆粒) で吸収される major pathway (Fig. 1) と、脳室上衣・血管周囲腔・神経周囲リンパ管・nerve root sleeve・間質腔を循環する minor pathway (Fig. 2) があり、major pathway と minor pathway はおのおの独立しているわけではなく相互に交通しているとされる¹⁷⁾。髄液産生・循環量は、新生児や乳児では成人より少なく、成長とともに増加し、およそ1歳以降は成人と同等とされる¹²⁾。水頭症の多くは major pathway における髄液循環障害として定義され、髄液循環の major pathway を脳循環としての毛細血管網と並列な数学的回路として捉え、水頭症の病態と治療を分類する試みもある²²⁾。

一方、第三脳室底開窓術の治療成績が1歳未満で不良であることが知られるようになり、未熟脳においては

major pathway の髄液循環障害のみでは説明できない、minor pathway hydrocephalus と呼ばれる病態が示唆されるようになった。髄液循環動態の側面では、胎児期には minor pathway が主たる髄液循環であったものが、成長に伴う脈絡叢やくも膜絨毛の発達とともに変化し、成人では major pathway が主たる髄液循環になる、とする説が提唱されるようになっていく¹⁹⁾ (Table 1)。

近年では、髄液産生・吸収に関して毛細血管の役割が注目されており、髄液は広く毛細血管で分泌・吸収されることが考えられるようになってきている⁵⁾。従来の bulk flow 説を覆す知見か否かの結論は得られていないが、水頭症病態ひいては髄液循環の概念は、さまざまな知見の積み重ねにより変わっていく可能性が示唆される。

水頭症治療の歴史

前述のような水頭症、あるいは髄液循環の概念の変遷に伴って、水頭症に対する外科的治療も変遷してきた。古代ギリシャ時代～19世紀頃までは、主に開放式髄液 (脳室) ドレナージが行われ、時には髄液産生を抑制するためにヨードチンキやヨウ化カリウムの脳室内注入などが試みられていたが、感染のため満足のいく治療成績は得られなかった¹¹⁾。

続いて19世紀末～20世紀初頭には、感染防止を目的としてシャントの先駆けである閉鎖式脳室ドレナージが行われるようになった。材質としては、金・銀・ガラス・ウール・リネン・スレッド・ラバーなどさまざまなものが

Table 2 History of third ventriculostomy

Authors & Year	Procedure & Material
Dandy, 1922	Opened the floor of the third ventricle from a subfrontal approach, which required division of a optic nerve
Mixter, 1923	Early use of endoscopic third ventriculostomy
Dandy, 1945	Modified above from a lateral subtemporal approach
Guiot, 1973	Third ventriculostomy using leucotome under guidance with ventriculography
Sayers, 1976	Stereotactic third ventriculostomy using puncturing needle
Vries, 1978	Third ventriculostomy using puncturing needle under guidance with flexible fiberscope
Jack, 1989	Stereotactic third ventriculostomy using endoscope and leucotome
Manwaring, 1992	Third ventriculostomy using monopolar electrode under guidance with flexible fiberscope
Oka, 1993	Third ventriculostomy using Fogarty balloon under guidance with flexible fiberscope
Sainte-Rose, 1995	Endoscopic third ventriculostomy using monopolar wire and double balloon
Hellwig, 1998	Endoscopic third ventriculostomy using Fogarty balloon

Table 3 History of choroid plexectomy

Authors & Year	Achievement
Lespinasse, 1910	Coagulation of the plexus through an operating cystoscope
Hildebrand, 1923	Resection of choroid plexus
Dandy, 1918	Popularized choroid plexectomy
Putnam, 1943	Reintroduced endoscopic coagulation of the plexus
Scarff, 1963	Reviewing long-term results as 15% mortality and arrest of hydrocephalus in 71% of cases

使用された⁹⁾¹¹⁾²³⁾が、成功例は少数に限られていた。1911年にはPayr (1871～1946)により脳室-上矢状静脈洞シャント（後年になり脳室-頸静脈シャント）が行われ、約半数で良好な治療成績を得ている²⁰⁾が、以後の同様の試みは失敗に終わっている。

20世紀前半に髄液循環が解明されると、Dandyは非交通性水頭症に対する第三脳室底開窓術を報告した⁶⁾。当初はsubfrontal approachで一側視神経を犠牲にすることにより、後にlateral subtemporal approachにより視神経を犠牲にすることなく行われ、1歳以上の症例では29例中24例で治癒せしめた、という良好な治療成績が示されている⁸⁾。また、Stookeyら²⁴⁾は前頭葉経路で終板と第三脳室底を穿刺する簡便法を報告した。さらに、1923年には、Mixter (1880～1958)により最初の内視鏡的第三脳室底開窓術が報告されている。この後、第三脳室底開窓術は効果が不確実で侵襲も強いことから、手技が簡便で効果の高いシャント手術にとって代われ一時は下火になるが、神経内視鏡手術の進歩によりリバイバルされ、近年では非交通性水頭症に対する治療の第1選択となっている¹¹⁾ (Table 2)。

20世紀初頭には、脈絡叢が髄液の主たる産生部位であるとの認識から、1910年にはLespinasseにより膀胱鏡を用いた脈絡叢焼灼術が、1923年にはHildebrandにより脈

絡叢切除術が報告された。これらの手技はDandyにより広く普及され、PutnamとScarffにより内視鏡的脈絡叢焼灼術が再導入されることになったが、治療成績が安定せず、今日では特殊な例外はあるものの多くの場合この手技は行われなくなっている¹¹⁾ (Table 3)。

シャント手術は、今日、最も普及している水頭症手術手技の1つであるが、シャントチューブの留置部位とチューブの材質には歴史的変遷がみて取れる。シャント遠位側の留置部位については、Torkildsenの側脳室-大槽短絡術に始まり、尿管、頸静脈、心耳（心房）、皮下、胸腔などのさまざまな試みがあつて、腹腔が最善であると結論づけられ現在に至っている²⁾。シャントの材質についても、ポリエチレン、ラバーなどの試みがあつて、シリコンが最良であると結論づけられている²¹⁾ (Table 4)。最近の米国のガイドラインでは、抗菌薬含浸シャント (antibiotic-impregnated shunt: AIS) は通常のシリコン製よりも感染予防に有効であるとされている¹⁶⁾。

シャント手術で最も問題となるのは合併症であり、シャント手術の歴史は、いかに合併症を回避するかの歴史であるといっても過言ではない。シャント合併症としては機械的シャント不全、機能的シャント不全、感染が主なものである。欧米多施設におけるシャント不全の発生状況を示した報告によれば、機械的・機能的の両者を

Table 4 History of shunt

Authors & Year	Procedure & Material
Kausch, 1908	First ventriculo-peritoneal shunt
Torkildsen, 1939	Ventriculo-cisterna magna shunt
Matson, 1949	Lumbo-ureter shunt with polyethylene plastic tube A nephrectomy was required before shunt.
Nulsen and Spitz, 1952	Ventriculo-jugular shunt with a spring and stainless steel ball valve, and rubber tube Occlusion of the venous catheter by blood clot was a frequent problem.
Holter, 1955	The first shunt to employ silicone Designed a multiple-slit valve.
Pudenz, 1957	Ventriculo-auricular shunt with silicone tube Silicone was concluded as the best material.
Ames, 1967	Ventriculo-peritoneal shunt To avoid the complications of vascular shunts, the peritoneum was settled as the best resorptive site.
Portnnoy, 1973	Anti-siphon device

含めたシャント不全は、シャント手術後数カ月以内に最も多く、1年以内に25～40%の症例で発生し、その後も毎年4～5%のリスクがあることを示している¹¹⁾。すなわち、シャント手術から5～6年後には半数以上の症例でシャント不全が起これと考えられている。シャント不全の原因として、小児例で最も多いのが近位（頭側）、次いで遠位（腹側）の機械的閉塞であり、閉塞部位が正確に同定できないものを含めると、半数以上が機械的閉塞によるものであるとされる¹¹⁾。その他では、接続部位での折れ曲がりや、腹部臓器へのチューブの迷入、overdrainageなどが知られている。

機械的シャント不全は小児例では半数近くにみられ、成人例よりも高率に発生する。原因としては、手術に伴う凝血塊やdebris、脳室側チューブ先端の位置、水頭症の原因疾患などが関与すると考えられている¹¹⁾¹²⁾。加えて、手術直後に発生することが多く、手技に習熟した術者では発生率が低下することから、シャント手術手技の習熟、タイミング、適応なども重要と考えられている¹¹⁾¹⁸⁾。近年では、機械的シャント不全予防のため脳室側チューブを確実に留置する工夫として、内視鏡・超音波・電磁ナビゲーションなどの手術支援装置を用いた試みがなされている。米国のガイドラインによれば、標準的な脳室穿刺手技に優るエビデンスを得るには至っていないが、超音波や電磁ナビゲーションによる手術支援はオプションとして位置づけられている¹³⁾。

機能的シャント不全の多くはoverdrainageで、シャントバルブ圧が不適切に低い場合やサイフォン効果によって起こる。短期的には低髄液圧性頭痛や硬膜下水腫・硬膜下血腫が、中期的には脳室系の部分的隔絶化やslit-like ventricleが、長期的には二次性頭蓋・脊柱管狭窄や

脊柱変形などがみられ、特に中・長期的なものは小児水頭症でよくみられるという。対策としてシャントバルブにさまざまな工夫が施されてきており、過去にシャント手術を受けた例も含め、今日においても使用されているシャントバルブには、①圧固定式バルブ、②アンチサイフォンバルブ、③圧可変式バルブ、④圧可変式・アンチサイフォン機構付バルブなどがある。従来、複雑な構造のバルブは機能的シャント不全をきたしやすいとの考えがある。小児水頭症において圧固定式バルブと比較して圧可変式バルブの有用性を示唆する報告もある²⁷⁾が、統計学的に他のシャントバルブよりも優れていることが証明されたシャントバルブはないのが現状である⁴⁾。

シャント感染については、シャント手術後2カ月以内の発生が最も多く、感染率は5～12%とされる。起炎菌としては表皮ブドウ球菌によるものが40%を占め最も多く、次いで黄色ブドウ球菌が20%とされる¹¹⁾。感染経路としては、術野の表皮からの直接感染や、常在菌で汚染された手袋や手術器具からの感染が多いと考えられている¹¹⁾。米国のガイドラインでは、術前の抗生剤投与や前述のAISが感染予防策として有効であるとされている¹⁵⁾¹⁶⁾が、手術に際して術野の消毒・洗浄など施設ごとの工夫により対処している点も多いのが現状であろう¹⁴⁾。

結 語

水頭症の病態概念と外科的治療の歴史と変遷について概説した。髄液循環の概念は概ね広く受け入れられているが、成長・発達段階にある小児（特に乳児以下）の髄液循環動態は成人とは異なる可能性がある。シャント手術は、今日、最も広く受け入れられている水頭症治療手

技の1つであるが、機械的・機能的シャント不全の予防、感染予防対策などに洗練・発展の余地があるものと考えられた。

COI：本論文の発表に際し、著者全員に開示すべきCOIはありません。

文 献

- 1) Amacher AL, Wellington J : Infantile hydrocephalus : long-term results of surgical therapy. *Childs Brain* 11 : 217-229, 1984.
- 2) Ames RH : Ventriculo-peritoneal shunts in the management of hydrocephalus. *J Neurosurg* 27 : 525-529, 1967.
- 3) Aronik KE : The history and classification of hydrocephalus. *Neurosurg Clin N Am* 4 : 599-609, 1993.
- 4) Baird LC, Mazzola CA, Auguste KI, Klimo P Jr, Flannery AM : Pediatric Hydrocephalus : Systematic Review and Evidence-Based Guidelines Task Force : Pediatric hydrocephalus : systematic literature review and evidence-based guidelines. Part 5 : Effect of valve type on cerebrospinal fluid shunt efficacy. *J Neurosurg Pediatr* 14 Suppl : 35-43, 2014.
- 5) Bulat M, Klarica M : Recent insights into a new hydrodynamics of the cerebrospinal fluid. *Brain Res Rev* 65 : 99-112, 2011.
- 6) Dandy WE : An operative procedure for hydrocephalus. *Bull Johns Hopkins Hosp* 33 : 189-190, 1922.
- 7) Dandy WE, Blackfan KD : Internal hydrocephalus. An experimental, clinical, and pathological study. *Am J Dis Child* 8 : 406-482, 1914.
- 8) Dandy WE : Diagnosis and treatment of strictures of the aqueduct of Sylvius (causing hydrocephalus). *Arch Surg* 51 : 1-14, 1945.
- 9) Davidhoff LE : Treatment of hydrocephalus. *Arch Surg* 18 : 1737-1762, 1929.
- 10) Drake JM, Sainte-Rose C, DaSilva M, Hirsch JF : Cerebrospinal fluid flow dynamics in children with external ventricular drains. *Neurosurgery* 28 : 242-250, 1991.
- 11) Drake JM, Sainte-Rose C : *The Shunt Book*. Blackwell Science, Cambridge, 1995.
- 12) Drake JM, Kestle JR, Tuli S : CSF shunts 50 years on—past, present and future. *Childs Nerv Syst* 16 : 800-804, 2000.
- 13) Flannery AM, Duhaime AC, Tamber MS, Kemp J : Pediatric Hydrocephalus : Systematic Review and Evidence-Based Guidelines Task Force : Pediatric hydrocephalus : systematic literature review and evidence-based guidelines. Part 3 : Endoscopic computer-assisted electromagnetic navigation and ultrasonography as technical adjuvants for shunt placement. *J Neurosurg Pediatr* 14 Suppl : 24-29, 2014.
- 14) Hayashi T, Shirane R, Yokosawa M, Kimiwada T, Tominaga T : Efficacy of intraoperative irrigation with saline for preventing shunt infection. *J Neurosurg Pediatr* 6 : 273-276, 2010.
- 15) Klimo P Jr, Van Poppel M, Thompson CJ, Baird LC, Duhaime AC, Flannery AM : Pediatric Hydrocephalus : Systematic Review and Evidence-Based Guidelines Task Force : Pediatric hydrocephalus : systematic literature review and evidence-based guidelines. Part 6 : Preoperative antibiotics for shunt surgery in children with hydrocephalus : a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Pediatr* 14 Suppl : 44-52, 2014.
- 16) Klimo P Jr, Thompson CJ, Baird LC, Flannery AM : Pediatric Hydrocephalus : Systematic Review and Evidence-Based Guidelines Task Force : Pediatric hydrocephalus : systematic literature review and evidence-based guidelines. Part 7 : Antibiotic-impregnated shunt systems versus conventional shunts in children : a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Pediatr* 14 Suppl : 53-59, 2014.
- 17) Milhorat TH : The third circulation revisited. *J Neurosurg* 42 : 628-645, 1975.
- 18) 三宅裕治 : シャント治療の現状と問題点. 小児の脳神経 33 : 507-517, 2008.
- 19) Oi S, Di Rocco C : Proposal of “evolution theory in cerebrospinal fluid dynamics” and minor pathway hydrocephalus in developing immature brain. *Childs Nerv Syst* 22 : 662-669, 2006.
- 20) Payr E : Ueber Ventrikeldrainage bei Hydrocephalus. *Verh Dtsch Ges Chir* 40 : 515-535, 1911.
- 21) Pudenz RH, Russell FE, Hurd AH, Sheldon CH : Ventriculo-auriculostomy ; A technique for shunting cerebrospinal fluid into the right auricle ; preliminary report. *J Neurosurg* 14 : 171-179, 1957.
- 22) Rekte HL : The definition and classification of hydrocephalus : a personal recommendation to stimulate debate. *Cerebrospinal Fluid Res* 5 : 2, 2008.
- 23) Sharpe W : The operative treatment of hydrocephalus : a preliminary report of forty-one patients. *Am J Med Sci* 153 : 563-571, 1917.
- 24) Stookey B, Scarff J : Occlusion of the aqueduct Sylvius by neoplastic and non-plastic processes with a rational surgical treatment for relief of the resultant obstructive hydrocephalus. *Bull Neurol Inst NY* 5 : 348-377, 1936.
- 25) Symms NP, Oi S : Theories of cerebrospinal fluid dynamics and hydrocephalus : historical trend. *J Neurosurg Pediatrics* 11 : 170-177, 2013.
- 26) Torack RM : Historical aspects of normal and abnormal brain fluids. II. Hydrocephalus. *Arch Neurol* 39 : 276-279, 1982.
- 27) Zemack G, Bellner J, Siesjö P, Strömblad LG, Romner B : Clinical experience with the use of a shunt with an adjustable valve in children with hydrocephalus. *J Neurosurg* 98 : 471-476, 2003.

要 旨

小児水頭症—病態概念の変遷と治療—

刈部 博 林 俊哲 成澤あゆみ 亀山 元信 富永 悌二

小児水頭症の病態概念の変遷と治療について概説する。古くは水頭症は脳内に髄液が貯留した状態と考えられていた。20世紀に髄液循環の概念が確立し水頭症は髄液循環障害と考えられるようになった。最近、髄液は広く毛細血管から分泌・吸収されることが明らかになり、また、小児の髄液循環は成人とは異なるとする説が唱えられている。水頭症治療は髄液ドレナージに始まり、髄液循環の概念が確立するとともに交通性・非交通性に分けて考えられるようになった。近年、非交通性水頭症治療の第1選択は内視鏡的第三脳室底開窓術である。シャント手術は、さまざまな試みを経て脳室腹腔短絡術が定着した後、シャントバルブにさまざまな改良がなされている。

脳外誌 25 : 300-306, 2016