正常圧水頭症のシャント術適応について

脳波髄液圧トレンド分析法

波出石 弘・鈴木 明文・根本 正史・大田 英則 安井 信之

Indications for Shunting in Normal Pressure Hydrocephalus

Time-dependent Analysis of EEG and Intracranial Pressure

Hiromu HADEISHI, Akifumi SUZUKI, Masahito NEMOTO, Hidenori OHTA
and Nobuyuki YASUI

Department of Surgical Neurology, Research Institute for Brain and Blood Vessels-Akita, Akita

Abstract

A new method has been developed for estimating the need for cerebrospinal fluid (CSF) drainage in patients with normal pressure hydrocephalus (NPH). The method was based on long-term electroencephalography (EEG) monitoring during CSF drainage and computerized analysis of the relationship between the EEG data and CSF pressure changes. Lumbar CSF pressure were monitored. Recordings were first obtained with a closed CSF drainage catheter in place. Subsequently, CSF drainage was carried out at various pressures and graphs of time-dependent trends in EEG parameters and CSF pressure were produced. According to the data obtained, if the magnitude or duration of alpha or beta waves increase and those of delta waves decrease in response to a reduction in CSF pressure, the patient is a good candidate for CSF drainage.

The authors applied this method to nine patients with cerebrovascular diseases who were diagnosed as having NPH on the basis of clinical and computed tomography findings. The seven patients who showed EEG improvement at different CSF pressures underwent ventriculoperitoneal, ventriculoatrial, or lumboperitoneal shunting procedures. One shunt was set at medium pressure (about 10 cmH₂O) and two at low pressure (about 5 cmH₂O), and four patients received shunts without a flushing device and slit valves, so that the pressure was 0 cmH₂O. All seven of these patients improved clinically after the operation, although one patient suffered from chronic subdural hematoma.

Thus, this method proved reliable in predicting the usefulness of CSF shunting in patients with NPH. Also, optimal shunt pressure could be determined prior to the operation. However, we must be alert to the possibility of complications, such as subdural hematoma or effusion, in patients with a low-pressure shunt system.

Key words: normal pressure hydrocephalus, intracranial pressure, electroencephalography, cerebrospinal fluid shunt

I はじめに

正常圧水頭症(normal pressure hydrocephalus: NPH)は、シャント手術により治療可能な疾患として1965年に Adams and Hakim^{1,2)}により提唱されて以来、その診断および治療について多くの研究報告がなされてきた。そして、臨床症状とCTあるいはRIシステルノグラフィーなどの所見の総合的検討から診断を下したのち、多くの例にシャント手術がなされてきた²⁰⁾。しかし、必ずしも全例にシャント手術が有効ではなく、無効例も相当認められた^{12,14,15,19,21)}。そのためシャント手術有効例の選択方法として種々の検査方法も報告されてきたが、いまだ確立されたものはない^{5,10)}。そこで我々は、シャント手術有効例の選択方法として、短期間の髄液ドレナージで頭蓋内圧をコントロールし、その間の脳機能の変化を脳波のトレンド分析で評価する方法を開発した。本法は、シャント手術の適応のみならず、シャント設定圧も推察可能であり、臨床応用において有用であったので報告する。

II 対象および方法

1. 対象

クモ膜下出血(SAH)や脳室穿破を伴う高血圧性脳出血(HIH)により、NPH症状(失見当識、歩行障害、尿失禁)を呈した9例を対象とした。内訳は男性5例、女性4例で、年齢は58～65才、平均60才であった。これらのなかには、すでにシャント手術が施行され髄液圧が設定した圧にコントロールされており、またシャント造影などの検査でもシャント機能不全とは考えられないにもかかわらず、NPH症状の改善を認めない例が5例含まれていた。

2. 方法

鈴木らの開発した脳外科患者コンピュータ監視システム¹⁶⁾を用いた。まず全例に腰部脊髄腔より髄液ドレナージ(以下腰椎ドレナージ)を行い、Statham P 50圧トランスデューサーで髄液圧を持続モニターした。脳波は同側耳朶を不感電極とし、両側後頭部(O₁, O₂)から針電極を用いて単極誘導で記録した。そして、日本電気三栄製シグナルプロセッサ7T17Fを用い、髄液圧は最高 最低 平均値を、脳波は波形認識法¹⁷⁾で付けられた各周波数帯域ごとの波の出現率(%time)について20～30分間の平均値を経時的に求めた。これを5～7日間の経時的トレンドグラフとして表示した。この間、腰椎ドレナージは最初24時間は閉鎖したままとし、ついで開放して設定圧を10, 5, 0 cm 水柱と段階的に下げていった(Fig. 1, 2)。すなわち、我々の方法は、髄液圧を人為的に変化させた場合の脳機能の変動を知る一種の負荷テストである。ただし、短期間の負荷テ

Fig. 1 Outline of the method of estimating the indications for cerebrospinal fluid (CSF) shunting. ICP indicates intracranial pressure; EEG, electroencephalography.

Fig. 2 Diagram of the analyzing system.

トでは脳機能の変化はすぐに現れないと考え、5～7日間にわたるテストとした。

III 症 例

<症例1> 58才、男性

脳室穿破を伴う右混合型出血にて発症し、急性期に血腫除去術を行った。発症2ヵ月後、失見当識、尿失禁などのNPH症状が出現したため、前述の脳波と髄液圧のトレンド分析を行った。腰椎ドレナージの設定圧を徐々に下げて5 cm 水柱としたところ、健側の脳波上slow α 波の増加と δ 波の減少を認めた。しかし、患側では脳波上の変化を認めなかった(Fig. 3)。

脳室一心房(VA)シャント(低圧設定1.5～5.4 cm 水柱)を行い、NPH症状の著明な改善を認めた。CT scan 上も脳室系の縮小とperiventricular lucency (PVL)の消退を認めた(Fig. 4)。

<症例2> 58才、女性

脳底動脈瘤破裂によるクモ膜下出血後急性期に、脳室一

Fig. 3 Case 1. Time-dependent trends in EEGs. The percent time of alpha-1 waves (more than 8 c/sec to less than 9 c/sec) increased and that of delta waves (more than 1 c/sec to less than 4 c/sec) decreased when drainage was carried out under 5 cmH₂O. % Time: frequency band ratio in EEG. O₁ and O₂ indicate occipital leads.

Fig. 4 Computed tomography (CT) scans of Case 1 showing marked ventricular dilatation with periventricular lucency (PVL) (*left*), which improved with low-pressure ventriculoatrial shunting (*right*).

腹腔(VP)シャント(高圧設定9.5~15.0 cm 水柱)を行った。しかし、発症より約6ヵ月後に失見当識、歩行障害、尿失禁などのNPH症状が出現した。そのため脳波と髄液圧のトレンド分析を行い、腰椎ドレナージの設定圧を5 cm 水柱に下げたところで脳波上両側性に β 波の増加と δ 波の減少を認めた(Fig. 5)。低圧設定のVPシャント(1.5~5.4 cm 水柱)を追加し、NPH症状の改善を認めた。CT scan上では、脳室系の縮小と脳表クモ膜下腔の開大を認めた(Fig. 6)。

Fig. 5 Case 2. Time-dependent EEG trends. The percent time of beta-1 waves (more than 13 c/sec to less than 17 c/sec) increased and that of delta waves (more than 1 c/sec to less than 4 c/sec) decreased when drainage was carried out under 5 cmH₂O.

Fig. 6 CT scans of Case 2. Under a high-pressure ventriculo-peritoneal shunt system, marked ventricular dilatation and PVL were evident (*left*). After the shunt system was replaced by a low pressure one, ventricular dilatation decreased and the cortical subarachnoid space opened slightly (*right*).

Fig. 7 Time-dependent EEG trends in Case 3. The percent time of beta-1 waves (more than 13 c/sec to less than 17 c/sec) increased and that of delta waves (more than 1 c/sec to less than 4 c/sec) decreased when drainage was carried out under 0 cmH₂O.

Fig. 8 CT scans of Case 3. Marked ventricular dilatation and PVL are seen (left). After emplacement of a lumbo-peritoneal shunt system without a flow control valve or slit, ventricular dilatation and PVL decreased (right).

<症例 3> 60才, 女性

脳室穿破を伴う左視床出血で発症した。約5ヵ月後, 失

見当識, 尿失禁などのNPH症状が出現したため, 脳波と髄液圧のトレンド分析を行い, 腰椎ドレナージの設定圧を0 cm水柱としたところ, 両側性に β 波が増加し δ 波が減少した(Fig. 7)。臨床的にも発動性が増し意欲の改善などを認めたため, シャント設定圧を0 cm水柱とするべく, シャントデバイスやスリットバルブを使用しない腰部脊髄腔—腹腔(LP)シャントを行った。術後, 見当識, 歩行, 排尿などに著明な改善を認めたが, 軽度の頭部外傷を契機に慢性硬膜下血腫を合併した。しかし, 穿頭術にて大事に至らず, 現在部分介助の状態である。Fig. 8にシャント術前後のCT像を示すが, シャント術後に脳室拡大およびPVLともに改善を認めた。

IV 結 果

今回脳波と髄液圧のトレンド分析を行った9例中, シャント手術を施行または追加した例は7例である。このうち6例は髄液圧を下げるにより徐波出現率の減少と α 波や β 波出現率の増加を認め, 脳波上改善と判定された。1例は, 腰椎ドレナージにて徐波出現率の増加と意識障害が出現した。この症例は, 後日RIシステルノグラフィーなどで中脳水道以下のレベルでの髄液の通過障害が認められたため, 脳室ドレナージによる本検査の再検を行った。結果は, α 波出現率のみ増加し, 徐波の減少を伴わなかったため, 脳波上の改善とは判定しがたかったが, 臨床症状の改善を示した。残り2例は脳波および臨床症状の変化を見い出せず, シャント手術の適応はないと判断した。これら2例はともに最重症の破裂脳動脈瘤術後であり, すでに広汎な脳障害が完成していた症例である(Table 1)。

新たにシャント手術を追加した5例は, シャント造影などによりシャント機能不全とは考えられず, 設定した髄液圧にコントロールされていたにもかかわらずNPH症状を呈していた症例である。これらの症例では, より低圧のシャントシステムを追加することによりNPH症状の改善を認めたが(Table 2), 全例脳梗塞や脳出血などの既往があった。そのうち4例では, 設定圧を0 cm水柱とするべくシャントデバイスやスリットバルブを使用しないLPまたはVPシャントを施行したが, 1例は前述のごとく軽度の頭部外傷を契機に慢性硬膜下血腫を合併した。

また, シャント手術を施行した7例において, 術前と術後1ヵ月目に¹³³Xe静注法による脳循環(CBF)測定を行った。Valmet社製rCBF analyzer BI-1400にて測定し, initial slope indexによる全脳平均血流量にて評価した。その結果, 術後のCBFは軽度の上昇を認めたに過ぎなかった(Fig. 9)。

Table 1 Electroencephalography (EEG) changes during cerebrospinal fluid drainage

	SAH		HIH with ventricular rupture					SAH	
	Case 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Age and Sex	58/F	65/F	60/F	60/M	62/F	58/M	59/M	59/M	60/M
ICP (cmH ₂ O)	5	0	0	0	0	5	10		
EEG (% time)									
delta (1-4 c/sec)	↓	↓	↓	↓	—	↓	↓	—	—
theta (4-8 c/sec)	↓	↓	—	—	—	—	—	—	—
slow alpha (8-9 c/sec)	—	↑	↑	↑	↑	↑	↑	—	—
alpha (9-13 c/sec)	↑	↑	—	—	↑	—	—	—	—
beta (13-30 c/sec)	↑	—	—	—	↓	↑	—	—	—

ICP indicates spinal drainage pressure; SAH, subarachnoid hemorrhage; HIH, hypertensive intracranial hemorrhage. ↑: increased, ↓: decreased, —: no change.

Table 2 Symptoms of normal pressure hydrocephalus and computed tomography (CT) findings after shunt operation

Case	1	2	3	4	5	6	7
Shunt system (pressure*)	VP (high) ↓ VP (low)	VP (medium) ↓ LP (0)	VP (medium) ↓ LP (0)	VP (medium) ↓ LP (0)	VA (low) ↓ VP (0)	VA (low)	VP (medium)
NPH triad							
disorientation	↑	↑↑	↑	↑↑	↑	↑↑	↑↑
gait disturbance	—	↑↑	—	↑↑	↑	—	↑↑
urinary incontinence	↑	↑	—	↑↑	↑	↑	↑↑
CT findings							
ventricular enlargement	—	↑	↑	↑	↑	↑	↑
periventricular lucency	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

*High: about 15 cmH₂O, medium: about 10 cmH₂O, low: about 5 cmH₂O, 0: 0 cmH₂O. VP indicates ventriculoperitoneal; VA, ventriculoatrial; LP, lumboperitoneal. ↑↑: markedly improved, ↑: improved, —: no change.

V 考 察

NPH に対するシャント手術は確立された治療手段である。NPH の診断に際しては、臨床症状、CT scan 上の脳室拡大やPVL、および RI システルノグラフィーでの early ventricular reflux や delayed RI clearance などの所見を参考にする方法が一般的である。しかし、それらの所見が認められシャント手術を行ったにもかかわらず、治療効果の認められない症例が存在することも事実である。そのため、新しい検査方法として持続髄液圧測定による圧波の検討^{8,18)}、infusion test による髄液吸収動態の検討^{4,6,7)}、また髄液排除にて CBF など脳循環代謝の変化^{9,11)}や神経症状の変化¹³⁾を観察する方法などが報告されている。

我々の検討では、すでにシャント手術が行われ頭蓋内圧が低い患者などでは、持続髄液圧測定で圧波が出現しない

症例も認められる。また infusion test は患者個体差により吸収曲線にばらつきが生じやすく、シャント手術施行例においては人為的に髄液吸収動態の変化が生じており、手術適応を決定する方法とはなりがたい。髄液排除による CBF 測定からシャント手術適応を決定しようとする試み^{9,11,20)}については、Fig. 9 に示すごとく、我々の症例ではシャント手術後 1 ヶ月でも CBF の上昇はわずかであり、髄液排除による短時間の髄液圧変化が CBF に変化を与えるとは考えがたい。また、最近 positron emission tomography を利用した報告³⁾も散見するが、この設備を有する施設に限りがあり一般的でない。

大脇ら¹³⁾は、1~2 週間持続脊髄液ドレナージを行い、臨床症状の改善をもってシャント手術適応を決定し良好な成績を得ている。今回我々が行った方法でシャント手術の適応と判断した 7 例中 4 例は、髄液ドレナージ開放により

Fig. 9 Changes in cerebral blood flow (CBF) after shunting, measured by the ^{133}Xe intravenous injection method.

覚醒度が増し応答が早くなるなど、臨床症状の改善を認めている。しかし、残りの3例では脳波上の改善を認めた時点でも症状には変化を認めず、シャント術後臨床症状の改善を認めるまで長時間を要した。これらのことより、単に臨床症状の評価のみで手術適応を決定することは、適応症例を狭める可能性があると思われる。

シャントシステムの設定圧をどのレベルにするかは苦慮する問題である。一般的には、中圧シャントシステム(5.5~9.4 cm 水柱)を第一選択にする場合が多いが、その患者に適した髄液圧に設定するのが理想的である。今回我々が報告した脳波髄液圧トレンド分析法は、髄液圧を髄液ドレナージにより徐々に下げてゆき、どの圧レベルで脳波上の変化が出現するかを見ようとする一種の負荷テストである。数日間にわたる本検査中、脳波上の変化が認められた段階でシャント設定圧を合せ決定しようとした。シャント手術はそもそも慢性硬膜下血腫などの合併症を起こす可能性も潜在的に含んでおり、適切な圧設定により脳機能の改善を図り、また合併症の予防に注意することが必要である。したがって、今回報告したシャント設定圧が0 cm 水柱となるシャントデバイスやスリットバルブを使用しないLPまたはVP シャントは、今後検討を要する問題であると考えられる。シャント手術後、発動性や歩行障害が改善するにつれ頭部外傷を起こす可能性が高くなり、〈症例3〉のごとく慢性硬膜下血腫を合併した例も経験した。このシャントシステムを使用した4例はすべて脳血管障害の既往のある症例で、シャント術後NPH症状の改善を認めた

が、低い頭蓋内圧がそれらの症例に適した圧レベルであったと考えられた。

VI 結 語

正常圧水頭症患者に対するシャント手術の適応と設定圧を決定する方法として、脳波髄液圧トレンド分析法を開発した。本法により、髄液圧を段階的に下げてゆき脳波上の改善を認めた段階での髄液圧を設定圧としてシャント手術を行い、良好な治療効果を得た。

本法はきわめて有用な検査法であったので報告した。

文 献

- 1) Adams RD, Fisher CM, Hakim S, Ojemann RG, Sweet WH: Symptomatic occult hydrocephalus with "normal" cerebrospinal fluid pressure: A treatable syndrome. *N Engl J Med* 273: 117-126, 1965
- 2) Hakim S, Adams RD: The special clinical problem of symptomatic hydrocephalus with normal cerebrospinal fluid pressure; observations on cerebrospinal fluid hydrodynamics. *J Neurol Sci* 2: 307-327, 1965
- 3) 半田 肇, 石川正恒, 米川泰弘, 滝 和郎, 小林 映, 鳥塚莞爾, 米倉義晴, 棚田修二, 藤田 透, 亀山正邦, 福山秀直, 藤本直規, 比嘉敏明, 清水幸夫: クモ膜下出血後の脳血流と脳代謝の変化. 森安信雄(編). 厚生省特定疾患正常圧水頭症調査研究班 昭和58年度研究報告書. 1984, pp 113-118
- 4) Hussey F, Schanzer R: A simple contrast-infusion manometric test for measurement of CSF absorption. II Clinical studies. *Neurology (Minneapolis)* 20: 665-680, 1970
- 5) 木田義久, 坂野公一: 痴呆を伴う成人水頭症の診断—RI metrizamide CT 同時脳槽撮影法による検討—. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 25: 654-661, 1985
- 6) 北見公一, 鈴木明文, 波出石弘, 西村弘美, 安井信之: クモ膜下出血後の正常圧水頭症の検討—病態分析およびシャント有効性について—. *脳と神* 38: 781-788, 1986
- 7) 近藤 勉, 坪川孝志, 土居暢庸, 菅原武仁, 森安信雄: 正常圧水頭症における infusion test とその意義. *脳神経外科* 9: 157-162, 1981
- 8) Lamas E, Lobato RD: Intraventricular pressure and CSF dynamics in chronic adult hydrocephalus. *Surg Neurol* 12: 287-295, 1979
- 9) Mathew NT, Meyer JS, Hartmann A, Ott EO: Abnormal cerebrospinal fluid-blood flow dynamics. Implications in diagnosis treatment and prognosis in normal pressure hydrocephalus. *Arch Neurol* 32: 657-664, 1975
- 10) 松本 悟: 正常圧水頭症の病態—髄液循環動態より—. 森安信雄(編). 第13回脳神経外科特別問題懇話会講演録(正常圧水頭症). 1980, pp 87-102
- 11) Meyer JS, Tachibana H, Hardenberg JP, Dowell RE, Kitagawa Y, Mortel KF: Normal pressure hydrocephalus. Influences on cerebral hemodynamic and cerebrospinal fluid

- pressure. Chemical autoregulation. *Surg Neurol* 21: 195-203, 1984
- 12) 中村紀夫：正常圧水頭症の診断について。森安信雄(編)。厚生省特定疾患正常圧水頭症調査研究班 昭和58年度研究報告書。1984, pp 15-17
 - 13) 大脇 潔, 陳 茂楠, 志村俊郎, 矢嶋浩三, 中沢省三：正常圧水頭症および続発性交通性水頭症に対する持続脊髄ドレナージの価値。 *Neurol Med Chir (Tokyo)* 23: 952-958, 1983
 - 14) 佐野圭司, 田村 晃, 瀬川 弘, 吉益倫夫：正常圧水頭症の循環動態 —CT-CBFによる検討—。森安信雄(編)。厚生省特定疾患正常圧水頭症調査研究班 昭和57年度研究報告書。1983, pp 95-98
 - 15) Stein SC, Langfitt TW: Normal pressure hydrocephalus. Prediction the results of cerebrospinal fluid shunting. *J Neurosurg* 41: 463-470, 1974
 - 16) 鈴木明文, 盛 直久, 波出石弘, 安井信之：脳外科集中治療におけるコンピュータ監視システムの開発。 *Neurol Med Chir (Tokyo)* 27: 409-414, 1987
 - 17) 鈴木明文, 安井信之, 吉岡喜美雄, 竹之内保, 西牟田啓：波形認識法による周波数二次元表示。 *臨脳波* 26: 652-658, 1984
 - 18) 玉木紀彦, 楠 忠樹, 古瀬 繁, 松本 悟：正常圧水頭症における持続頭蓋内圧測定 —特に β 波の病因, 臨床的意義とシャント手術適応基準—。 *脳と神* 35: 131-137, 1983
 - 19) 坪川孝志, 菅原武仁, 森安信雄：正常圧水頭症におけるシャント手術無効例の検討 —特発性脳室拡大全国統計の検討—。松本 悟(編)。厚生省特定疾患難治性水頭症調査研究班 昭和59年度研究報告書。1985, pp 167-175
 - 20) 土田 正, 市川昭道, 岡田耕坪, 田中隆一, 本道洋昭, 杉山義昭, 江塚 勇, 大塚 顕, 原 直行, 渡辺正雄, 桜井淳, 宮沢 登：正常圧水頭症 —診断とshunt手術の適応—。 *脳と神* 33: 657-664, 1981
 - 21) Wood JH, Bartlet D, James AE Jr, Udvarhelyi GB: Normal pressure hydrocephalus: Diagnosis and patient selection for shunt surgery. *Neurology (Minneapolis)* 24: 517-526, 1974
- [別刷請求先：〒010 秋田市千秋久保田町6-10, 秋田県立脳血管研究センター脳神経外科, 波出石弘]