シャント機能テストについて

バルブ内髄液圧測定, RI study, Infusion test の意義

中田 義隆・能勢 忠男・伴野 悠士・牧 豊

Evaluation Method of Shunt Function

Combination of CSF Pressure Measurement, Radioisotope Study, and Infusion Test

Yoshitaka NAKADA, Tadao NOSE, Yuji TOMONO and Yutaka MAKI

Department of Neurological Surgery, Institute of Clinical Medicine, University of Tsukuba, Ibaraki

Abstract

Shunt function tests were carried out 52 times in 32 cases of suspected malfunction of ventriculoperitoneal or ventriculoatrial shunt. Shunt function tests consisted of radioisotope (RI) study (flow study and shuntgraphy), CSF pressure measurement, and infusion test. The first was performed in all cases, the second in half, and the last in eight.

In the majority of the cases it was not enough to evaluate the shunt function by RI study alone as about 45% of the 21 cases which showed an abnormal flow pattern and abnormal shuntgraphy were found either by surgery or infusion test to actually have patent shunt systems. Such cases were regarded as false positive. All of the three cases which showed abnormal delayed flow pattern and high CSF pressure (above 150 mmH₂O) were found by surgery to have shunt blockage. In addition to RI study, measurement of CSF pressure in the valve was necessary to correctly evaluate shunt functioning. Nine cases which showed delayed flow pattern and low or normal CSF pressure were classified by surgery and/or infusion test into two groups, i.e. the shunt-obstructed group (3 cases), and the shunt-patent group (6 cases). As the opening pressure of the shunt system was revealed by the infusion test, this test was very important in evaluating shunt patency for these cases.

Key words: hydrocephalus, CSF shunt, shunt malfunction, shunt function test, infusion test

I はじめに

水頭症に対するシャント術後に、再び頭蓋内圧亢進症状が出現する、痴呆などの症状が改善されない、拡大した脳室が縮小しない、などシャント機能不良を疑わせる症例に遭遇することがある。その場合、真にシャントの機能が不良であるのか、そうであればどの部位であるのかをみきわめることは、不必要な手術をさけるためにも、必要な再建術を行う際の手術時間の短縮のためにも、きわめて大切なことである。今までに報告されているシャント機能テストには数種類の方法があるが、我々は従来主として radioiso-

tope (RI) によるシャント機能テストを行ってきた。今回それらのデータを分析し報告するとともに、シャント機能検査の進め方についても考察する。

II 対象および方法

1. 対象

1977年10月より1982年7月までに、水頭症に対する髄液シャント術後に機能不良を疑わせた小児18名、成人14名の計32名を対象とした。RI シャント機能テストの回数は小児31回、成人21回の計52回である。検査時に施行されていたシャント術式は ventriculo-peritoneal shunt (V-P シャ

筑波大学脳神経外科

Address reprint requests to: Y. Nakada, M. D., Department of Neurological Surgery, Institute of Clinical Medicine, University of Tsukuba, Tennodai, Sakura-mura, Niihari-gun, Ibaraki 305.

受稿 1982年9月14日 受理 1983年5月12日

ント)46例, ventriculo-atrial shunt (V-A シヤント) 5例, cyst-peritoneal shunt (C-P シヤント) 1例である. 用いられていたバルブは過半数が Pudenz flushing valve であり, 残りは Mishler double lumen flushing valve および Mishler double chamber flushing valve であった.

2. RI シヤント機能テスト

この検査はバルブ内髄液の flow study と shuntgraphy より成る.

Flow study: 患者を横臥位にし, シヤントバルブ上の頭皮の消毒を行う. 25 G 針にて経皮的にシヤントバルブ脳室側を穿刺し, $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 1 mCi (0.3 ml) を速やかに注入する. コリメーターを有するガンマシンチレーションカメラをバルブ上 5 cm に設置し, RI 注入時より10秒単位で10分間の RI カウントを得, data analyser によりバルブ内の RI クリアランス曲線を求める.

Shuntgraphy: Flow study 終了後ただちに脳室および胸部・腹部の撮影を行う. 撮影後もバルブ内に RI がかなり残存しているときは, RI の脳室内逆流と末梢側チューブおよび腹腔内への拡散の程度を知る目的で, 頭皮上よりバルブをパンピングして再度頭部・胸部・腹部を撮影する.

3. 髄液圧の測定

約半数の症例で, バルブの脳室側穿刺あるいは腰椎穿刺により髄液圧の測定を行った.

4. Infusion test

Flow study と shuntgraphy にてシヤント機能不良が疑われているにもかかわらず髄液圧が正常ないし低圧の場合に, シヤントバルブの作動開始圧を知る目的で infusion test を施行した. 本テストは Katzman and Hussey²⁾ の方法により, 患者を側臥位にし20 G 針で腰椎穿刺を行う. 初圧をみたあと, Harvard infusion pump により生理的食塩水を 0.76 ml/min で持続注入し, plateau に達する髄液圧(最高圧)を得, これをシヤントシステムの作動開始圧とみなした. 最高圧が成人では150 mmH₂O 以上, 小児では諸家の報告^{1, 5, 6, 13, 14)}を参考にして110 mmH₂O 以上を異常所見とした.

III 結 果

1. Shuntgraphy の結果

末梢側シヤント機能不良, 中枢側シヤント機能不良, シヤント開存の3群に分類しえた. 末梢側機能不良とは, バ

Fig. 1 Three types of shuntgram. A: Distal tube malfunction. Ventricular reflux (+) and lack of RI spread into the abdominal cavity after valve pumping. B: Ventricular tube malfunction. No ventricular reflux of RI after valve pumping. C: Shunt functioning. Ventricular reflux (+), diffuse RI spread into the abdominal cavity after valve pumping.

ルブ内に注入された RI が末梢側へ拡散せず、さらにバルブのポンピング後に RI が脳室へ逆流するが末梢側チューブ全体には及ばず中断してみえるものであり、V-P shunt の場合はポンピング後 RI が腹腔内に十分拡散しないもの (Fig. 1A) を言う。中枢側機能不良とは、バルブ内の RI がポンピング後に末梢側へと移動するが脳室内へ逆流しないもの (Fig. 1B), あるいは逆流しても脳室全体に十分拡散しないものを言う。シャント開存とは、バルブ内の RI が脳室および腹腔内に十分拡散するもの (Fig. 1C) である。Shuntgraphy の結果は、末梢側機能不良24例(46%), 中枢側機能不良10例(19%), シャント開存18例(35%)であった。

2. Flow study の結果

シャント機能時の流量としては、後述するごとく諸家の報告からみても $T_{1/2}$ が5分以内(我々の実験結果では流量 0.07 ml/min 以上)であればほぼ十分と考えられたので、flow study の結果を以下の3型に分けた。すなわち、10分間まったく flow のない no flow pattern (Fig. 2A), flow はあるが $T_{1/2}$ が5分以上の delayed flow pattern (Fig. 2B), および5分以内の rapid flow pattern (Fig. 2C) である。No flow pattern は21例(40%), delayed flow pattern は15例(29%), rapid flow pattern は16例(31%)であった。

3. 各 flow pattern を示す症例の分析

No flow pattern (21例, Table 1)

<Shuntgram の所見とその結果> : Flow study で no flow pattern を示す21例の shuntgram の診断は、中枢側機能不良7例、末梢側機能不良13例、シャント開存1例であった。機能不良とされた20例中手術により機能不良が確認されたものは11例(55%)で、他の9例(45%)はいずれも手術や infusion test などからシャントは開存しているものと判断された。すなわち45%は false positive で、flow study と shuntgram の結果のみでは十分な診断が下せないと言える。<髄液圧とシャント機能> : 21例中15例に髄液圧の測定がなされ、その結果高圧群、低圧ないし正常圧群の二群に分けた。高圧群5例(<症例1~5>)の髄液圧は170~360 mmH₂O の間にあり、その shuntgram は全例機能不良を示し、手術の結果も全例末梢側閉塞を認めた。低圧ないし正常圧群10例(<症例6~15>)では正常圧が1例で、9例は0~95 mmH₂O と低圧であり、その shuntgram は10例中9例が機能不良を示した。この9例中、髄液圧測定不能の1例に脳室管閉塞が、また2例に末梢側閉塞が証明された。しかし他の6例は、手術や infusion test の結果から機能良好と判断された。以上から、測定可能な正常圧ないしは低圧で、かつ shuntgram で異常所見を呈する症例には、infusion test を行わねば false positive を鑑別できないことが判った。

Fig. 2 Three types of RI-flow pattern. A: No flow pattern, lack of spontaneous clearance. B: Delayed flow pattern. Half time of clearance ($T_{1/2}$) is over 10 minutes. C: Rapid flow pattern. Rapid clearance $T_{1/2}$ is 70 seconds.

Delayed flow pattern (15例, Table 2)

<Shuntgram の所見とその結果> : Shuntgram では、15例中3例が中枢側機能不良、11例が末梢側機能不良、1例がシャント開存と診断された。機能不良とされた14例中8例(57%)はシャント閉塞が証明されたが、6例(43%)は手術や infusion test の結果から機能良好と判断された。すなわち、43%が false positive であり、flow study と shuntgram の結果のみではシャント機能を正確に診断しえないことが判った。

<髄液圧とシャント機能> : 15例中10例に髄液圧の測定がなされ、その結果高圧群と低圧群に分けた。高圧群3例(<症例22~24>)の shuntgram はいずれも末梢側機能不良と

Table 1 Cases showing no flow pattern on RI-shunt flow study

Case	Age	Shuntgram			CSF pressure (mm H ₂ O)	Infusion test		Remarks
		Distal spread	VR	Diagnosis		RP	MP	
1	63	—	—	V-tube malf.	200, L			OP, adh. of P-tube in the abd. cavity
2	1	—	+	P-tube malf.	180, V			OP, obstruction at the tip of P-tube
3	2	—	+	"	170, V			OP, obstruction at the tip of P-tube
4	11	±	+	"	360, V			OP, dislocation of P-tube to the abd. wall
5	14	+	+	"	220, V			OP, CSF malabsorb. in the abd. cavity
6	3	+	—	V-tube malf.	0, V			OP, obstruction at the tip of V-tube
7	4	±	—	"	85, V			OP, obstruction at the tip of A-tube
8	3	—	+	P-tube malf.	60, V			OP, no obstruction
9	25	+	+	"	130, L			OP, no obstruction
10	51	±	+	"	95, L	95	180	OP, obstruction at the tip of P-tube
11	53	+	+	"	60, L	60	140	observ., symptoms unchanged
12	53	±	+	"	80, L	80	110	observ., symptoms improved
13	56	+	+	"	60, L	60	120	observ., symptoms unchanged
14	69	±	+	"	80, L			observ., symptoms improved
15	56	++	+	functioning	50, L	50	90	OP, no obstruction
16	1	+	—	V-tube malf.				OP, no obstruction
17	5	—	—	"				OP, obstruction of A-tube
18	11	+	—	"				OP, obstruction of A-tube
19	50	+	—	"				OP, no obstruction
20	6 mos	—	+	A-tube malf.				OP, obstruction of A-tube
21	51	±	+	P-tube malf.				observ., symptoms improved

In Distal spread, — indicates no visualization of distal tube; ±, visualization of distal tube; +, localization of RI into abdominal cavity; ++, entire diffusion of RI into abdominal cavity. In VR, — indicates no ventricular reflux; +, ventricular reflux. V-tube malf. indicates ventricular tube malfunction; P-tube malf., peritoneal tube malfunction; A-tube malf., atrial tube malfunction; V, valve puncture; L, lumbar puncture; RP, resting pressure; MP, maximum pressure; OP, operation; observ., observation; abd., abdominal; adh., adhesion.

診断され、手術の結果でも全例に末梢側閉塞が認められた。一方低圧ないし正常圧群 7 例の shuntgram では 6 例が機能不良を示し、この 6 例中 2 例のみにシャント閉塞を認め、他の 4 例は手術や infusion test の結果からシャント開存と判断された。すなわちこの群でも、shuntgram で機能不良の所見を呈する症例のうち true positive は約 30% で、true positive と false positive の鑑別には infusion test が必要であることが判明した。

Rapid flow pattern (16例, Table 3)

この群のバルブ内 RI クリアランスは良好で、 $T_{1/2}$ は最短 30 秒、最長 5 分、平均 2 分 45 秒であった。Shuntgram では RI の腹腔内拡散は良好であった。手術は 1 例に行われたが閉塞は認めず、他の 15 例は機能良好と判断されて経過を観察した。

4. Shuntgraphy による閉塞部位診断

Shuntgram 上の中枢側機能不良 (10例)

手術により 10 例中 8 例にシャント閉塞を認め、そのうち 3 例 (<症例 6, 32, 33>) が中枢側閉塞、5 例 (<症例 1, 7, 17, 18, 25>) が末梢側閉塞であった。バルブ内髄液圧は 4 例 (<症例 1, 6, 7, 25>) で測定され、脳室管閉塞の 1 例は 0 mmH₂O と圧測定不能でかつ波動も認めず、末梢側機能不良のそれより極度に低い値を示した。以上より、中枢側機能不良の診断には、shuntgram と併せてバルブ内髄液圧の測定が必要であることが明らかになった。

Shuntgram 上の末梢側機能不良 (24例)

手術により 24 例中 11 例に末梢側閉塞を認めた。閉塞の部位はいずれも末梢側で、腹腔内 1 例 (髄液吸収不全)、末梢管先端 8 例 (末梢管の腹腔内癒着 2 例、末梢管閉塞 5 例、末梢管不完全閉塞の疑い 1 例)、腹壁 1 例 (腹腔管の腹壁内逸脱)、頸部 1 例 (腹腔管の disconnection) であった。11 例中 9 例では shuntgram 上の機能不良の部位と手術による閉塞部位が一致していたが、2 例では一致していなかった。

Table 2 Cases showing delayed flow pattern on RI-shunt flow study

Case	Age	Shuntgram			CSF pressure (mm H ₂ O)	Infusion test		Remarks
		Distal spread	VR	Diagnosis		RP	MP	
22	3	±	+	P-tube malf.	250, V			OP, adh. of P-tube in the abd. cavity
23	5	±	+	"	170, V			OP, adh. of P-tube in the abd. cavity
24	5	±	+	"	320, V			OP, obstruction at the tip of P-tube
25	11 mos	+	—	V-tube malf.	80, V			OP, obstruction at the tip of P-tube
26	17	+	+	P-tube malf.	140, L			OP, no obstruction
27	17	+	+	"	110, L			OP, no obstruction
28	56	+	+	"	100, L	100	200	repeated tap & valve pumping
29	63	±	+	"	70, L			OP, no obstruction
30	76	+	+	"	120, L	120	140	observ., symptoms improved
31	51	++	+	functioning	120, L	120	130	observ., symptoms improved
32	1	±	—	V-tube malf.				OP, obstruction of V-tube
33	1	±	—	"				OP, obstruction of V-tube
34	5	+	+	P-tube malf.				OP, disconnection of P-tube at the neck
35	25	+	+	"				OP, no obstruction
36	60	+	+	"				observ., symptoms improved

Table 3 Cases showing normal flow pattern on RI-shunt flow study

Case	Age	T _{1/2}	Shuntgram			CSF pressure (mm H ₂ O)	Remarks
			Distal spread	VR	Diagnosis		
37	8	30"	+		functioning	50, V	observ., over drainage symptoms
38	9	1'	++		"	60, V	observ., symptoms improved
39	5 mos	2'	+	—	"		observ., large ventricle collapsed
40	11 mos	1'40"	+	+	"		observ., slit ventricle
41	1	3'	+	+	"		observ., symptoms improved
42	1	3'20"	++	—	"		observ., symptoms improved
43	1	3'	+	+	"		OP, no obstruction
44	4	2'	+	+	"		observ., enlarged ventricle unchanged
45	6	3'40"	++		"		observ., enlarged ventricle unchanged
46	7	3'	++	+	"		observ., enlarged ventricle unchanged
47	8	4'	++		"		observ., symptoms improved
48	9	3'	++		"		observ., enlarged ventricle unchanged
49	9	1'10"	++	—	"		observ., symptoms unchanged
50	50	5'	++	+	"		observ., symptoms unchanged
51	56	4'40"	++		"		observ., symptoms unchanged
52	76	3'	++	+	"		observ., symptoms improved

その2例は、頸部機能不良とされた腹壁内逸脱例と腹腔管先端部機能不良とされた頸部での disconnection 例である。

このように、shuntgram で中枢側機能不良とされた場合は、脳室管閉塞例は末梢管閉塞例よりもむしろ少なく、閉

塞部位に関する診断率は低かった。一方 shuntgram で末梢側機能不良とされた場合は、脳室管閉塞例はなく閉塞部位の診断率は高かった。

IV 考 察

1. Flow study

Flow study は、シャントチューブの髄液流量を客観的に知る上で重要である。我々は Hayden ら⁴⁾ の診断基準に基づき、RI クリアランスから $T_{1/2}$ を求め、5 分以内は rapid flow pattern とし、5 分以上を delayed flow と no flow pattern に分けた。 $T_{1/2}$ の流量は我々の実験によると 0.07 ml/min に相当し (Fig. 3)、前田ら⁹⁾ の 0.15 ml/min より低値である。この相違は、バルブ内への RI 注入量の相違によるものと推定される。すなわち、前田らの注入量が 0.15 ml であるのに対し我々のそれは 0.3 ml と量が多く、このため注入時のバルブ内の容量増加が大きくなり、注入後の RI クリアランスに影響したのではないかと考えられる。Rudd ら¹²⁾ の機能良好時の $T_{1/2}$ が 1~7 (平均 3) 分であったこと、大矢ら¹¹⁾ の機能良好時の流量が 0.03~0.33 ml/min であったこと、松岡ら¹⁰⁾ の機能不良時の流量が 0.02 ml/min であったことなどからみて、 $T_{1/2}$ 5 分以内 (流量 0.07 ml/min 以上) を機能良好群すなわち rapid flow pattern 群としたのはほぼ妥当であったと言えよう。異常群である no flow pattern 群と delayed flow pattern 群とは、シャント機能の良否に関する成績にほとんど差がないため、abnormal delayed flow pattern と一括して良いと思われる。しかし、この abnormal delayed flow pattern の症例すべてが、機能不良ではなかった。機能良好でもシャント内髄液流量が緩徐な症例が存在するので、abnormal

Fig 3 Flow rate and half-time of radioactivity clearance $T_{1/2}$ in the Pudenz flushing valve.

delayed flow pattern を示す症例のシャント機能の良否を鑑別するために、French ら²⁾、Graham ら³⁾ は、臥位から立位に体位変換しそこで再び flow study を行い、flow の変化をチェックすべきであると述べている。

2. Shuntgraphy による閉塞部位診断

シャント機能が良好であるにもかかわらず shuntgram で機能不良とされる大きな理由は、それらの症例では髄液流量が少ないため RI がバルブのパンピング後も十分拡散せず、シャント閉塞があるものと誤診されてしまうことである。したがって、abnormal delayed flow pattern を示す症例のシャント機能の良否の決定は flow study と shuntgram のみからでは不十分であり、前述の体位変換による flow study ないしは後述の圧測定を併用せねばならない。Shuntgram で中枢側機能不良とされた症例の誤診率が高かった理由の一つに、RI のバルブ注入部位の問題がある。すなわち、バルブを脳室側に穿刺したつもりが末梢側に穿刺されており、バルブのパンピング後も RI が脳室内に逆流しないため、脳室側機能不良と誤診されたのである。RI の腹腔側注入では脳室側機能不良を見落す可能性があると言われている⁸⁾ため、我々は脳室側注入を原則としてきた。確かに、Mishler dual chamber flushing valve では脳室側穿刺は容易であり、Hakim や Rickham の reservoir でも RI の脳室内逆流はよく得られる^{3,4)}。しかし Pudenz flushing valve と Mishler double lumen flushing valve では、頭皮上からの外観は類似していてもバルブ内の構造が著しく相違しているため、あらかじめ挿入されているバルブの種類を知っていないと穿刺部位を誤りやすい。したがって Graham ら³⁾、Hayden ら⁴⁾ は、RI の ventricular reflux の有無のみからでは中枢側機能不良の診断は困難で、穿刺部位から髄液が排除できないときやバルブ内髄液圧が異常に低くかつ波動を認めないときに、中枢側機能不良と診断すべきであると述べている。

3. 低圧ないし正常圧でシャント機能不良例

バルブ穿刺ないし腰椎穿刺により髄液圧が 0~100 mm H₂O と低値で、かつ機能不良であった症例を 5 例経験した。これらはバルブ穿刺で 0 mmH₂O の脳室管閉塞の 1 例、80~100 mmH₂O の末梢管閉塞 4 例であった。後者のうち 2 例は頭囲も大きく脳室拡大も著明であるが比較的症状の乏しい小児例、他の 2 例はクモ膜下出血後の成人水頭症例であり、いずれも交通性水頭症であった。このように低圧の末梢側機能不良例は、従来あまり注目されていない。わずかに Graham ら³⁾ が、脳室拡大の著明な小児例ではシャント作動開始圧は高くても髄液の resting pressure は低いものがあると述べ、また Hayden ら⁴⁾ が、equivocal な所見を示すもののなかにこのような症例が含まれているこ

Fig. 4 Flow chart of shunt function tests. ICP indicates intracranial pressure; NPH, normal-pressure hydrocephalus; RI, radioisotope.

とを示唆しているのみである。これらの症例では、髄液の resting pressure の測定のみではシャント機能の良否は判断しかねる。松岡¹⁰⁾は、バルブ穿刺による加圧テストによりバルブ開閉圧を知ることができるとし、この方法を推奨している。確かにある種のバルブでは、脳室側を穿刺することと RI 注入時に脳室側チューブを圧迫することが可能なため、その場合は優れた方法であるが、脳室側チューブを圧迫できないときやバルブの腹腔側を穿刺した際は、バルブの開閉圧を正しく示すとはかぎらない。そこで我々は、腰椎穿刺下における infusion test を行った。本法は resting pressure に加えてシャントバルブの作動開始圧を知ることができるので、flow study で abnormal delayed flow pattern を示し、かつバルブ内髄液が波動を有し、低圧ないし正常圧を呈する症例のシャント機能の良否を鑑別するのに有用であった。

4. シャント機能不良を疑った際の検査の進め方

今まで述べたことから、我々のシャント機能テストに対

する考え方を flow chart として Fig. 4 に示した。バルブ穿刺で髄液圧が低圧ないし正常圧のものには RI による flow study を行わねばならないが、高圧のものは末梢側閉塞、測定不能で波動のないものは中枢側閉塞であるから、両者とも flow study の必要はなくただちに shuntgram で閉塞部位を確認すれば良い。ここまでの所要時間は15分前後である。さらに、髄液圧が低圧ないし正常圧でかつ abnormal delayed flow pattern を示すものは、バルブ作動開始圧を知る目的で infusion test を行わねばならず、これに 30～40分を必要とする。したがって、準備時間を含めて、バルブ穿刺から終了までにほぼ60～90分を要する。

V 結 語

1. シャント機能検査は、RI による flow study と shuntgraphy のみでは診断に際して不十分な症例があり、シャントバルブを穿刺して髄液圧の測定と波動の有無をチェックする必要がある。
2. RI flow study において abnormal delayed flow pattern に属し、しかも低圧ないし正常圧を示すもののなかにはシャント機能良好群と不良群とがあり、この二群の鑑別には infusion test が有用である。
3. シャント機能テストの手順を示した。

文 献

- 1) 姉川繁敬, 林 隆士, 石橋 彰, 本田英一郎, 大島勇紀, 倉本進賢, 杉本武夫: 乳幼児の頭蓋内測定 の 臨床的意義—正常児と頭蓋内疾患児の比較検討—. 小児の脳神 6: 59-64, 1981
- 2) French BN, Swanson M: Radionuclide imaging shuntgraphy for evaluation of shunt patency. *Surg Neurol* 16: 173-182, 1981
- 3) Graham P, Howman-giler R, Johnston I, Besser M: Evaluation of CSF shunt patency by means of technetium-99m-DTPA. *J Neurosurg* 57: 262-266, 1982
- 4) Hayden PW, Rudd TG, Shurtleff DB: Combined pressure-radionuclide evaluation of suspected cerebrospinal fluid shunt malfunction: A seven-year clinical experience. *Pediatrics* 66: 679-684, 1980
- 5) Hill A, Volpe JJ: Normal pressure hydrocephalus in the newborn. *Pediatrics* 68: 623-629, 1981
- 6) 本田英一郎, 林 隆士, 正島隆夫, 姉川繁敬, 倉本進賢, 菊川武明: 大泉門上からの非観血的頭蓋内圧測定 装置 の 試作について. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 22: 640-648, 1982
- 7) Katzman R, Hussey F: A simple constant-infusion manometric test for measurement of CSF absorption. *Neurology (Minneapolis)* 20: 534-544, 1970
- 8) 前田敏男, 森 厚文, 久田欣一, 角家 暁: 脳室短絡系 路の核医学の閉塞部位診断—実験的考察—. 核医 13:

- 781-785, 1976
- 9) 前田敏男, 森 厚文, 久田欣一, 角家 暁: 脳室短絡系の脊髄液流量測定法 —ファントム実験—. 核医 14: 297-301, 1977
 - 10) 松岡好美, 端 和夫: 脳室腹腔吻合機能不全例に対する shunt function test の選択. 脳神外科 8 : 43-48, 1980
 - 11) 大矢昌紀, 津金隆一, 伊藤正治, 野尻 健, 佐藤 修, 池井勝美: 髄液短絡流量の定量的測定と Shunt System の機能評価. 小児の脳神 6 : 255-263, 1981
 - 12) Rudd TG, Shurtleff DB, Losser JD, Nelp WB: Radio-nuclide assessment of cerebrospinal fluid shunt function in children. *J Nucl Med* 14: 683-686, 1973
 - 13) Vidyasagar D, Raju TNK: A simple non invasive technique of measuring intracranial pressure in the newborn. *Pediatrics* 59: 957, 1977
 - 14) Welch K: The intracranial pressure in infants. *J Neurosurg* 52: 693-699, 1980
- 〔別刷請求先: 〒305 茨城県新治郡桜村天王台, 筑波大学脳神経外科, 中田義隆〕