

## 《原 著》

# 全髄液腔シンチグラフィーの定量的および臨床的検討 ——特に Spinal Stasis の意義について——

伴野 悠士\* 能勢 忠男\* 牧 豊\*

**要旨** 全髄液腔、ことに脊髄腔の髄液循環動態を検討するため、全髄液腔シンチグラフィーを施行し、成人脳室拡大例 18 例に定量的検討を、122 例にフィルム上の臨床的検討を行った。その結果、(1) RI 注入 48 時間後まで脊髄腔に停滞する例がある (spinal stasis: SS). (2) SS を示すのは ventricular reflux のない例に多かったが、あっても SS が見られるときはシャントは無効であった。(3) SS は加齢により増加する傾向があり、(4) 重症脳血管障害などに多く、精神活動低下が強度な症例に多いなど高度の脳実質の障害が存在すると思われる症例に頻度が高かった。(5) SS 群では全髄液腔の clearance は著しく遅延していた。脊髄腔の髄液流は頭蓋内の動脈性の拍動によるものと考えられるが、これらの結果から spinal stasis は脳実質の障害により髄液拍動流が低減している状態を示しているものと考えられた。

## I. はじめに

Radioisotope cisternography (以下 RICG と略す) は 1964 年 Di Chiro の発表<sup>1)</sup>以来、特に正常圧水頭症 (NPH) の診断とシャント治療の適応決定に広く応用されている。しかしながら、この RICG において水頭症病態を示すとされる異常所見<sup>2,3)</sup>、すなわち RI 注入後 48 時間までの脳室内停滞 (ventricular stasis)、傍矢状部への RI の到達の欠如、RI の clearance の遅延の有無などが必ずしもシャント治療の結果と並行しないことも早くから指摘されていた事実である<sup>4~6)</sup>。したがって現在ではシャント適応の有無の決定には持続頭蓋内圧測定<sup>7,8)</sup>、脳血流量代謝測定<sup>9,10)</sup>、髄液腔内生理食塩水注入試験<sup>11)</sup>等が行われ、近年は CT や MRI などによりさらに多くの情報が得られるようになっているが、それでもシャント手術の効果を 100% 予測できないでいるのが現状である<sup>12)</sup>。

\* 筑波大学臨床医学系脳神経外科

受付：61 年 12 月 25 日

最終稿受付：62 年 2 月 27 日

別刷請求先：茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1 (番 305)

筑波大学臨床医学系

伴 野 悠 士

しかし現在まで髄液循環そのものも十分解析しつくされた訳ではない。ことに脊髄髄液腔における髄液循環に関してはまだ解明されていないことが少なくない。

脊髄髄液腔には、頭蓋内における水頭症に相当するような病態が少ないとあって、この部の髄液循環に対してあまり注意が払われていないようである。これまでの論文のうちでは髄液の產生吸収、循環における脊髄髄液腔の重要性に関して、重く見る著者<sup>13,14)</sup>とそうでない者<sup>15,16)</sup>とがあった。しかし、正常では髄液体量のおおよそ 1/2 を脊髄髄液腔が占めると言われる<sup>17)</sup>。これほどの大きな部分が髄液の循環に何ら関与をしていないとは考えられず、もし積極的に関与していないとしても、水頭症その他髄液循環における病的状態の下ではやはり脊髄腔でも正常とは異なった循環動態を示すはずであろう。本稿ではこの考え方から、RICG に脊髄髄液腔シンチグラムを加えた全髄液腔シンチグラフィーにより、頭蓋内とともに脊髄腔の髄液循環をも捉え、その病的状態に解析を加えたい。

## II. 全髄液腔シンチグラフィーの定量的検討

### 対象および方法

対象は computed tomography (CT) 上脳室拡大が認められ、RICG が施行され、腰部シンチグラム上 isotope が髄腔外に注入されあるいは漏出を認めなかった成人例18例である。男性、女性それぞれ9例、年齢は34歳から76歳まで平均60.2歳であった。原疾患はくも膜下出血7例、高血圧性脳内出血4例、脳梗塞2例、頭蓋頸椎接合部奇形2例、その他2例であった。なお脊椎疾患等を疑って RICG を行ったが、CT、RICG とともに正常であった成人例8例を正常対照群とした。

対象は従来の方法に従い頭部画像上の ventricular reflux の状態により、Group 1: 24時間以内の early ventricular reflux があるが48時間後には消失する群、Group 2: 48時間後まで脳室内に RI が停滞する ventricular stasis 群、Group 3: ventricular reflux を認めないが clearance の遅延する群、の3群に分類した。Group 1 は6例、Group 2 は4例、Group 3 は8例であった。それぞれ臨床的には Group 1 は水頭症の症状は明らかではないが、CT 上中等度ないし高度の脳室拡大を認めた例、Group 2 はくも膜下出血後で種々の程度の水頭症による症状を認めた例、Group 3 は脳内出血、脳梗塞、くも膜下出血後で麻痺等の神経症状と精神活動低下を認めた症例が多くあった。

RICG は  $^{111}\text{In}$ -DTPA 1 mCi を腰椎穿刺により脊髄くも膜下腔に注入した。注入後3, 6, 24, 48時間後にガンマ・カメラにより頭部の static image を撮像するとともに、全身シンチレーション装置 (Searle 社製、LFOV) により、128 cm/min の速度で全髄液腔シンチグラムを撮像し、そのイメージを data processor に入力した。

### 解析方法

コンピュータに入力したデータはイメージ上、Fig. 1 のように分割し、算出した各関心領域の放射活性値は、 $^{111}\text{In}$  の物理学的減衰および background で補正し、RI 注入15分後の全髄液腔カウント数、 $T_{15}$  を 100 として、それに対する百分率

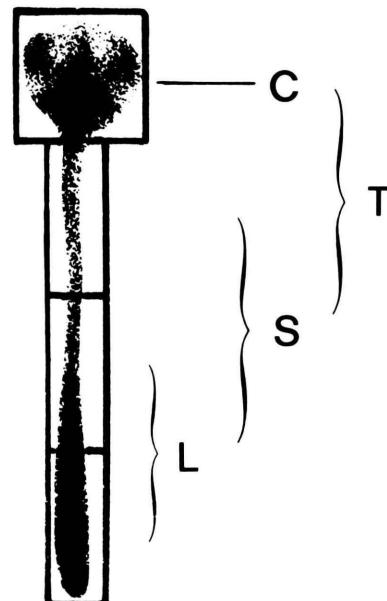


Fig. 1 Regions of interest on whole CSF-axis RI image.

で表した。これらの値は頭部 C、脊髄腔 S、そのうち主に RI の停滞する部位として、尾側 2/3 を L、全髄液腔 C+S を T とした (Fig. 1)。実際に検討に用いた parameter は、(1)  $t_{1/2}$ : 全髄液腔カウント数 T の半減時間; T の各値を結んだ直線が 50% を通過する時間で、髄液腔内 RI の生物学的半減期の概数と見なした。(2)  $T_{48}$ ,  $L_{48}$ : 48 時間後の T, L 値。(3)  $C_{\max}$ : C の最大値、である。これらの parameter の間の関係を求めて RICG における全髄液腔の isotope の動態を検討した。

腰部の isotope の減衰曲線は 2 つの指数曲線の和であり、isotope 注入早期には急激に腰部のカウントは減少するが、その後は緩徐な減衰指数曲線を描くとされる<sup>18~20</sup>。すなわち腰部 isotope のカウント数は  $f(t) = Ae^{-k_1 t} + Be^{-k_2 t}$  の式で表せるという。ただし、t は時間 (hr);  $k_1$  は初期の腰部減衰率定数 (/hr);  $k_2$  は 2 番目の減衰率定数 (/hr); A, B は注入された isotope の量、あるいはこの場合には初期カウント数に対する割合によって決定される定数 (%) である。各種の髄液循環異常例ではこの 2 つの曲線に正常とは異なった傾向が

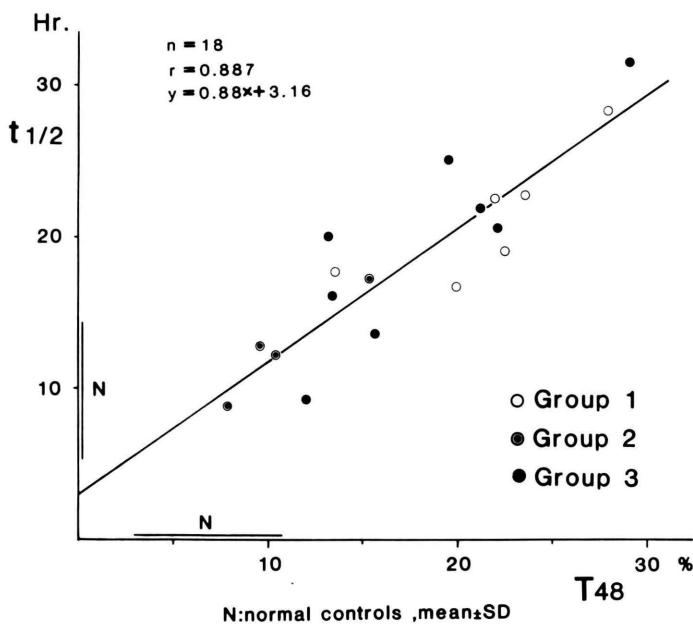


Fig. 2 Relation between  $T_{48}$  and  $t_{1/2}$ . They have significant linear correlation.

見られると考えられ、この腰部減衰曲線に関しても解析を加えた。

### III. 全髄液腔シンチグラフィーによる臨床的検討

上記全髄液腔シンチグラフィーによる定量的解析結果を臨床の場での画像診断に応用するため、フィルム上に記録されたシンチグラムを脊髄髄液腔の髓液循環動態を中心に検討した。

#### 対象および方法

対象は、1978年から1983年まで筑波大学附属病院で RICG を施行した症例のうち、穿刺部位より RI の漏出を認めなかった成人例122例である。 $^{111}\text{In-DTPA}$  による RICG の方法は上記と同様である。これらの全髄液腔シンチグラム上、48時間後まで脊髄腔、特に腰椎部に RI が停滞する所見が少なからず認められた。この所見をわれわれは spinal stasis と呼び、フィルム上明確に視認できるものを spinal stasis 陽性とした。これらの spinal stasis 群 (SS群) の年齢、臨床診断、精神活動低下の有無、全髄液腔における RI の clearance

等に関し、spinal stasis のない群と比較検討した。

### IV. 結 果

#### (1) 全髄液腔シンチグラフィーの定量的検討

Figure 2 は各症例の isotope 注入 48 時間後の放射活性残存率  $T_{48}$  と半減期  $t_{1/2}$  との関係を示したグラフである。この二者間では相関係数 0.887 と高い相関を示し、どちらも全髄液腔における clearance をよく表現すると考えられた。 $T_{48}$  の正常群の値は  $7.8 \pm 2.9\%$  で、正常値はほぼ 10% 以下であった。そして Table 1 にも示されたように脳室拡大を示したこれらの症例は程度の差こそあれ  $t_{1/2}$  が平均 18.6 hr,  $T_{48}$  が平均 17.6% と、正常値と比較して clearance が有意に遅延していた。

$C_{\max}$  は、対象群と正常群では差は認められなかつたが、Group 1 で著明に高い値を示した。これに対して対象群の  $L_{48}$  は平均 3.9% と、正常群の平均 0.6% と比較して有意に高く、脊髄腔に多くの isotope が残存する傾向が見られたが、ことに Group 3 で顕著であった (Table 1)。

**Table 1** Parameters of the subjects on the quantitative RI study of whole CSF axis (Average $\pm$ SD)

	Cases	T <sub>1/2</sub> (hr)	C <sub>max</sub> (%)	T <sub>48</sub> (%)	L <sub>48</sub> (%)
Group 1	6	21.1 $\pm$ 4.2***	44.6 $\pm$ 10.3*	21.5 $\pm$ 4.7***	1.0 $\pm$ 0.2**
Group 2	4	12.7 $\pm$ 3.5*	16.5 $\pm$ 7.7	10.7 $\pm$ 3.2	3.4 $\pm$ 3.2*
Group 3	8	19.7 $\pm$ 6.9***	16.8 $\pm$ 7.7	18.2 $\pm$ 5.8***	6.5 $\pm$ 3.5***
Total	18	18.6 $\pm$ 6.2***	26.0 $\pm$ 15.8	17.6 $\pm$ 6.2***	3.9 $\pm$ 3.6*
Normal	8	7.8 $\pm$ 2.4	26.8 $\pm$ 9.8	7.8 $\pm$ 2.9	0.6 $\pm$ 0.2

\* p<.05 \*\* p<.01 \*\*\* p<.001 vs. Normal Group

**Table 2** Constants of the lumbar tracer clearance curve

	A	k1	B	k2	k1/k2
Normal (8)	97.3 $\pm$ 10.1	.259 $\pm$ .103	12.6 $\pm$ 9.6	.059 $\pm$ .016	4.9 $\pm$ 2.4
Group 1 (6)	78.3 $\pm$ 23.0	.235 $\pm$ .063	18.2 $\pm$ 9.4	.059 $\pm$ .012	4.2 $\pm$ 1.7
Group 2 (4)	102.2 $\pm$ 2.8	.149 $\pm$ .040**	37.2 $\pm$ 23.6	.051 $\pm$ .018	3.3 $\pm$ 1.8
Group 3 (8)	102.0 $\pm$ 7.0	.088 $\pm$ .070**	69.5 $\pm$ 43.5	.047 $\pm$ .010	1.9 $\pm$ 1.6*

\* p<.05 \*\* p<.01 vs. Normal Controls f(t)=Ae<sup>-k1t</sup>+Be<sup>-k2t</sup>

A, B=constants determined by the radioactivity, k1=first rate constant, k2=second rate constant, t=time.

Figure 3 は症例個々における L<sub>48</sub> と C<sub>max</sub> の関係を示したものである。これらの二者間には負の相関があり、双曲線に近似する。すなわち RI が脊髄腔に停滞して頭部に上がらないもの (spinal stasis) と、脊髄腔に残らずほとんどが頭部に上昇する正常に近い型か、かえって正常以上に頭部への移行が多いものとに分けられた。前者は Group 3 に多く、後者は Group 1 に多かった。Group 2 はその中間の所見を呈したが、2 例において Group 3 の多くと同様に脊髄腔に停滞して spinal stasis を示したものも見られた。これらの例では ventricular stasis を示していたにもかかわらずシャント手術が無効であった。なおフィルム上の画像と比較すると spinal stasis が視認可能なのは L<sub>48</sub> が 2.0% 以上であった。

Figure 4 は各群における腰椎レベルの放射活性値と時間との関係を片対数で表したグラフである。少なくとも各点は monoexponential curve には近似せず、さらに強い減少率を示した。経時的な試料数が少なく、このデータから 2 つの指數曲線に回帰できるか否かの検定は困難であるが、前述したように各点はおおむね 6 時間までと 24 時間以降で異なった直線上に乗り、2 つの指數曲線に近似

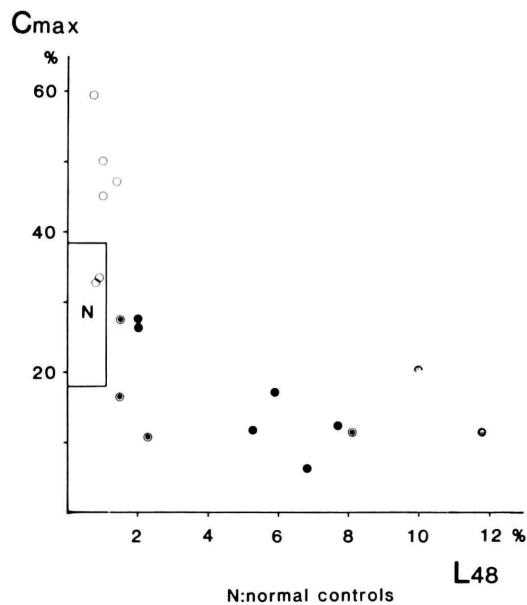


Fig. 3 Relation between L<sub>48</sub> and C<sub>max</sub>. They have negative exponential correlation.

すると見なした。グラフ上初期の減衰直線 A と 24 時間以後の減衰直線 B の成す角度は Groups 1, 2, 3 の順序で次第に大きくなり、Group 3 では直線 A と B の差はほとんどなくなっている。近似計算

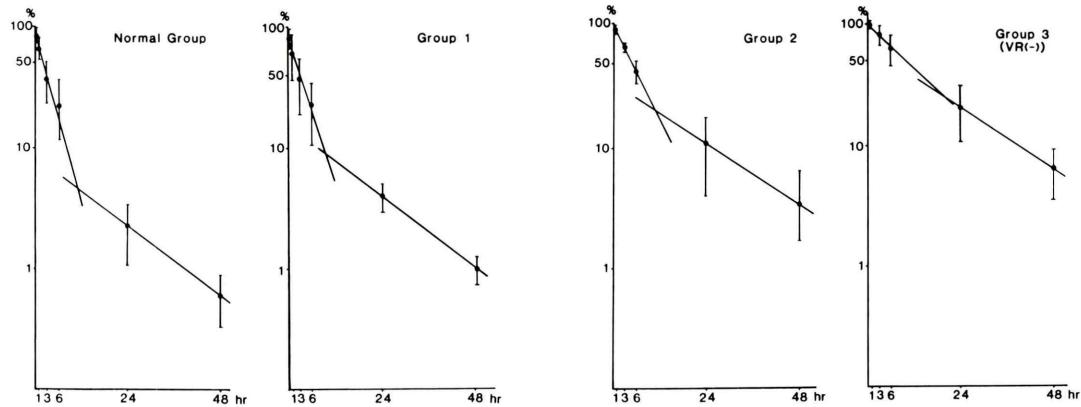


Fig. 4 Semilogarithmic plots of lumbar activity-time function of each group are showing gradual slowing of the initial steep decrease of the activity in order of groups 1, 2, and 3.

により算出した第1曲線の減衰率定数  $k_1$  と、第2曲線の定数  $k_2$  値の平均値を比較したのが Table 2 である。  $k_2$  の値は 4 群の間で有意差はみられず、ほぼ同じ値をとっているが、 $k_1$  の値は Groups 2, 3、特に Group 3 で正常群と有意差を持って低い値を示している。すなわち第2の減衰曲線は 4 群間で差がないが、第1の減衰曲線は Groups 2, 3、ことに Group 3 で減衰率が小さくなり、 $k_2$  の値に近づいており、第2の減衰率をもつ単指数曲線に近づくことが示された。

## (2) 臨床的検討

定量的検討の項で述べたように全髄液腔 RICG の所見は Fig. 5 のごとくおおよそ 3 つの型に分類できた。すなわち、RI が速やかに頭部に移行し、48時間後には髄液腔からほぼ消失する正常型、早期に RI が頭部に移行するが頭部での clearance が遅延する頭部 clearance 遅延型と、これらに対してなかなか RI が頭部に移行せず、注入48時間後も脊髄腔、特に腰椎部に残留停滞し、頭部に移行した少量の RI も delayed flow pattern を示す spinal stasis 型の 3 型である。この spinal stasis を呈した症例は、122例中44例、36.1% であった。

### 1) 年齢

SS 群の平均年齢は  $60.1 \pm 14.3$  歳で、SS (-) 群の  $52.0 \pm 16.5$  歳に比して有意に高齢であり ( $p <$

Table 3 Diagnosis of the patients with spinal stasis

	Total No.	Spinal Stasis No. (%)
Intracerebral Hematoma	9	9 (100)
Cerebral Infarction	17	13 (77)
Senile Dementia, Parkinsonism	14	6 (43)
Arrested or Compensated Hydrocephalus	4	3 (75)
Subarachnoid Hemorrhage	23	7 (30)
Brain Tumor (postop.)	6	2 (33)
C-V Junction Anomaly, Cervical Disorder	11	2 (18)
Posttraumatic Sequellae, Chronic Subdural Hematoma	18	1 (6)
NPH (Idiopathic)	1	0 (0)
Others	19	1 (5)
Total	122	44 (36.1 %)

0.001), spinal stasis には加齢の因子があることが示唆された。

### 2) 臨床診断・原疾患

Spinal stasis を呈する頻度の高かった疾患は、Table 3 にみるように脳内出血、脳梗塞などの脳血管障害であった。脳内出血では 9 例全例に、脳梗塞では 17 例中 13 例に認められ、この 2 疾患の合計では 26 例中 22 例、84.6% が spinal stasis を示したことになる。これは他の疾患におけるよりも有

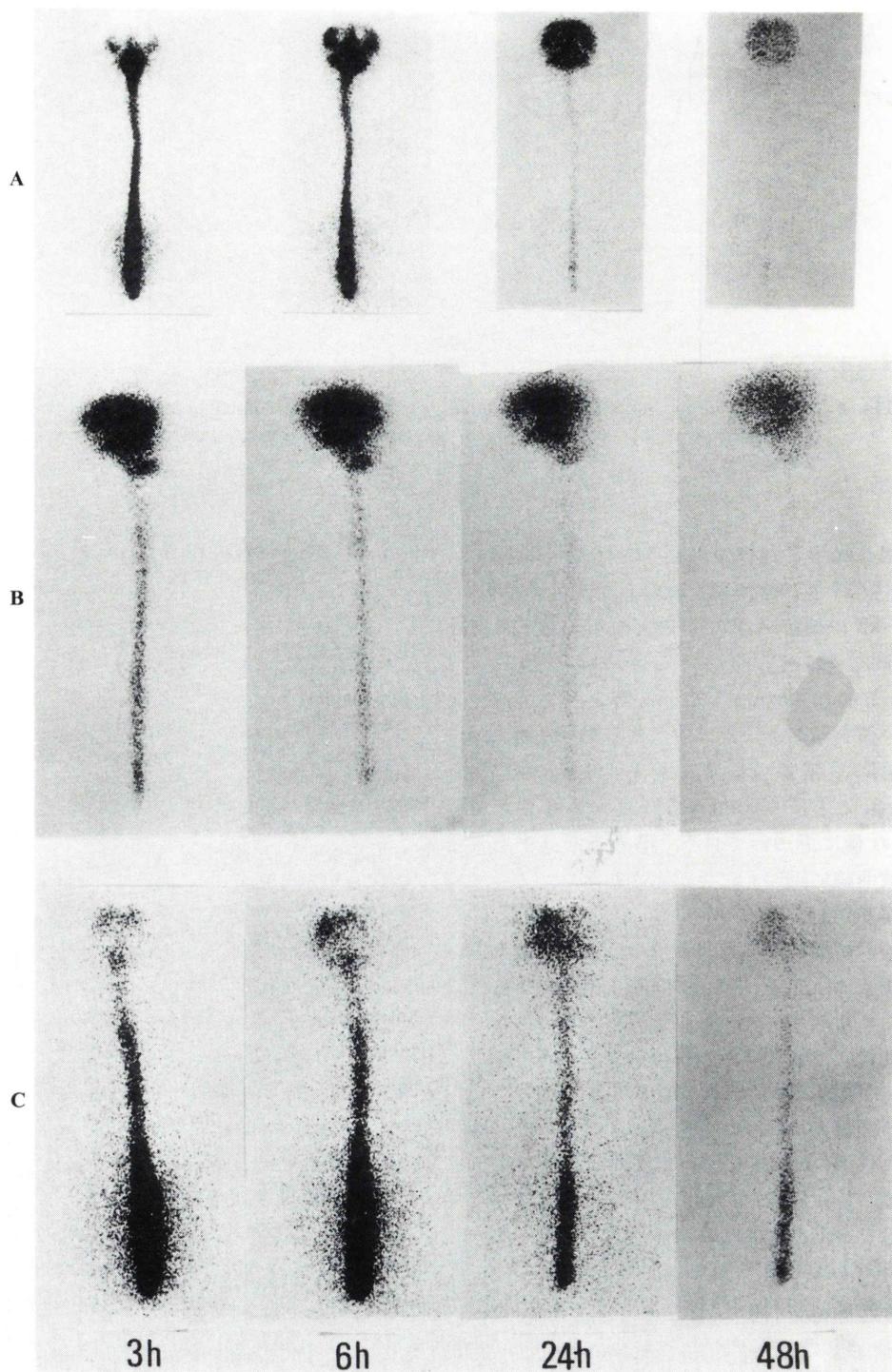
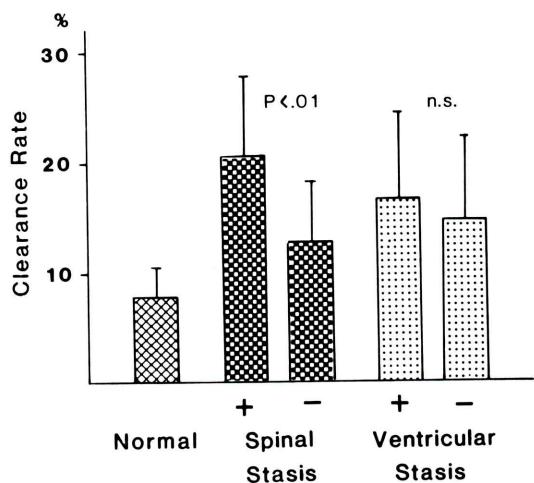


Fig. 5 Representative whole CSF-axis RI images. A: normal, B: intracranial delayed clearance, C: spinal stasis,

**Table 4** Rate of mental function impairment on the patients with or without spinal stasis or ventricular stasis

	Impaired mental function		$p < 0.005$
	(+)	(-)	
Spinal stasis (+) N=38	18	20	
(-) N=63	49	14	
Ventricular stasis (+) N=25	12	13	$p < 0.05$
(-) N=76	55	21	



**Fig. 6** Comparison of clearance rate on whole CSF-axis RI image between groups with and without spinal stasis or ventricular stasis.

意に高い率であった。頭部外傷では spinal stasis の頻度は低かったが、これは重症例が少なかったためと思われる。くも膜下出血では、そのほとんどが ventricular stasis を示したが、23例中7例、約30%のみに spinal stasis を認めた。これらは高齢者重症例に多かった。

### 3) 精神活動低下

対象患者には、記録力低下から無動無言の状態に至る種々の程度の精神活動低下の見られたものが多く含まれていた。病歴上精神活動低下の有無、程度について明記してある101例について、spinal stasis および ventricular stasis の有無により精神活動低下がないか、あっても軽度の記録力低下程度の精神活動低下軽微群の例数と、それ以上の低

下のある重症群の例数を表したのが Table 4 である。SS 群38例中、軽微群と重症群はそれぞれ18例、20例で、SS (-) 群の 49 : 14 例に比して有意に精神活動低下を示す比率が高かった。同様の傾向は ventricular stasis のある群とない群の間にも見られたが、内容的には SS 群では ventricular stasis 群や SS (-) 群におけるよりも無動無言状態やそれに近い重症例が集中していた。

### 4) 全髄液腔の RI clearance

コンピュータによる定量的検討の際に用いた全髄液腔 clearance を表す値、 $T_{48}$  の実用的な代用値として、全髄液腔シンチグラムの RI 注入48時間後のカウント数と3時間後のカウント数の比を百分率で表したもの全髄液腔の clearance 率とすると、正常例9例におけるその平均値および標準偏差値は  $7.7 \pm 2.7\%$  で、定量的検討の際の  $T_{48}$  の正常値 7.8 とほぼ一致した。この clearance 率の正常値も 10% 以下としてよいと思われる。対象のうち全髄液腔シンチグラフィーにおけるカウント数が記録された56例について、spinal stasis の有無によりこの clearance 率を比較してみると、SS (-) 群では  $12.7 \pm 5.4\%$  と clearance 遅延は軽度であるのに対して、SS 群では  $20.5 \pm 7.2\%$  と著明かつ有意に clearance が遅延していた。一方 ventricular stasis の有無により clearance 率を比較すると、両者に有意の差は認められず、ventricular stasis は全髄液腔における clearance と直接関わりがなく、それに対し spinal stasis は clearance 遅延と密接な関係があることが示唆された。

## V. 考 察

脊髄腔における髄液流に関しては、ほとんどないとする説もあったが<sup>[16]</sup>、Di Chiro が isotope を用いた研究によりいくつかの報告をしている<sup>[14, 21]</sup>。それによれば、脊髄腔には速い下降する流れがあり、この速度は頭蓋内のゆっくりした上昇と比較して著しく速く、体位に無関係であるという。さらに脳幹の後方では下降、前方では上昇の double currents となっているとした。RICG の際腰部髄液腔に注入した isotope が拡散のみによるものと

は到底考えられない速度で上昇し頭蓋腔に到達する事実は、少なくとも脊髄髄液腔を上昇する流れが存在することを意味している。頭蓋内髄液総体流は髄液の産生・吸収が主たる generator であるとしても、脊髄腔においては髄液の産生はないと思され、吸収はあってもわずかなものであるとすれば<sup>15,22)</sup>、これら以外に脊髄腔の髄液流の原因を求めるべきであろう。

Bering は<sup>23)</sup>動脈源性の髄液の拍動を髄液流の駆動源として重要視し、その主たる役割を脈絡叢の拍動に求めたが、du Boulay らによれば<sup>24)</sup>髄液の拍動は主に脳底槽の動脈拍動によるものであり、脳に伝えられた拍動が第3脳室の髄液を中脳水道へ、さらに第4脳室から Luschka, Magendie 孔を通じて大槽、脳底槽へとかなりの速さの to-and-fro movement を伴って駆出しており、この動きが髄液流を generate しているという。Magendie 孔を出た髄液は大槽から脊髄腔にやはり拍動により脊髄腔に入り、腰部ではこの頭蓋内から波及した拍動と腹腔内静脈圧とが今度は頭部へ向かう髄液拍動流を作り出し、Di Chiro の述べている上下方向の髄液流が生まれると考えている。最近、MRIにおいて第3脳室、中脳水道、第4脳室、さらに脊髄腔の髄液にこの拍動による速い髄液の動きのための signal-void phenomenon による低信号域が観察されることが報告されているが<sup>25,26)</sup>、これは du Boulay らの理論を支持するものである。

このように髄液流は産生・吸収による turnover に加えて頭蓋内動脈の拍動と一部は呼吸による髄液の transient movement の混合によって起こるものと考えられ、また脊髄腔にも active な髄液の流れが存在し髄液総体流の一部を担っていると考えられる。これまでの脊髄腔を含めた isotope による定量的研究報告では、脊髄腔の放射活性の経時的变化は初期の急峻な減衰曲線とそれに続くなだらかな曲線とからなる biexponential curve になるとされている。前者は髄液循環と拡散、後者は蛋白の吸収によるとする説<sup>18)</sup>や、髄液総体流と transmeningeal transport に関与するとする説<sup>19)</sup>

などがあったが、Cabanes ら<sup>20)</sup>は複数の compartment における数学的 model の理論からこれらの説に疑問を呈し、biexponential form は two-compartmental system において第一の compartment への髄液の再流入があることを意味していることを指摘し、それは血管の拍動によるものであろうとする “ebb and flow” displacement theory を提唱している。これもやはり du Boulay らの説を支持するものであろう。著者らの定量的検討による腰椎部の放射活性減少曲線も正常群では biexponential な減少を見るが、正常群よりも Group 1, Group 1 よりも Group 2, さらにそれよりも Group 3 において初期の曲線の減衰率が減少して第2の曲線に近づき、Group 3 ではほとんど monoexponential curve になっている。これはすなわち spinal stasis を示す例では初期の急速な流れを起こす要因が減少していることを意味している。この要因とは脊髄腔における髄液流を generate するものであり、髄液の産生・吸収の低下、髄液体量の増加などとともに、前に述べてきた頭蓋内髄液拍動の減少が重要なものであろうと考えられる。これが定量的、臨床的検討の双方から示された、spinal stasis 例における著しい clearance の遅延を説明するものであろう。

上村ら<sup>27)</sup>は高血圧性脳出血患者の RICG において RI が脊髄腔に停滞する現象のあることを指摘しているが、今回の臨床上の検討では spinal stasis の所見は高齢者に出現しやすい傾向があり、脳内出血、脳梗塞などの重症脳血管障害が多く、また精神活動低下の強い例に多いなど脳実質障害が強度であると思われる場合に高頻度に出現していた。このことは脳萎縮による髄液腔の拡大・髄液体量の増加も髄液の turnover 低下の一因として考えられるが、spinal stasis 現象の説明としては不十分である。それよりもこの spinal stasis は脳実質の障害による血管拍動の伝達性的低下、すなわち脳実質のエラスタンスの変化による髄液拍動の低下による髄液流の停滞を表すものと考えられる。そしてこれは spinal stasis を示す例では、たとえ NPH の criteria を満たしていてもシャント

手術の効果が乏しいこと<sup>28)</sup>の説明にもなろう。症例は少ないがわれわれの経験では spinal stasis 例ではシャントが無効であり、この所見はシャントの効果を占う指標として有用であると考えている。

## VI. 結 語

臨床の場で RICG 検査時に同時に全髄液腔を検査することは、(1) isotope 注入部位における漏れや誤注入をチェックでき、頭部に十分に isotope が上昇しないときに artifact か、所見かを鑑別できる。(2) 全髄液腔 total の循環、clearance を把握できる。(3) Spinal stasis の所見をとらえられ、シャントの適応や効果の予測に寄与できる、などの利点がある。ことに spinal stasis 現象は脊髄腔の髄液循環における役割を明らかにするという面においても意義深いものである。

## 文 献

- 1) Di Chiro G, Reames PM, Matthews WB Jr: RISA-ventriculography and RISA-cisternography. *Neurology* **14**: 185-191, 1964
- 2) Benson DF, LeMay M, Patten DH, et al: Diagnosis of normal-pressure hydrocephalus. *New Engl J Med* **283**: 609-615, 1970
- 3) Heinz ER, Davis DO, Karp HR: Abnormal isotope cisternography in symptomatic occult hydrocephalus. *Radiology* **95**: 109-120, 1970
- 4) Coblenz JM, Mattis S, Zingesser LH, et al: Presenile dementia. Clinical aspects and evaluation of cerebrospinal fluid dynamics. *Arch Neurol* **29**: 299-308, 1973
- 5) James AA, DeLand FH, Hodges FJ, et al: Normal pressure hydrocephalus. Role of cisternography in diagnosis. *JAMA* **213**: 1615-1622, 1970
- 6) Symon L, Hinzpeter T: The enigma of normal pressure hydrocephalus: Tests to select patients for surgery and to predict shunt function. *Clin Neurosurg* **24**: 285-315, 1976
- 7) Chawla JC, Hulme FA, Cooper R: Intracranial pressure in patients with dementia and communicating hydrocephalus. *J Neurosurg* **40**: 376-380, 1974
- 8) Symon L, Dorsch NWC: Use of long-term intracranial pressure measurement to assess hydrocephalic patients prior to shunt surgery. *J Neurosurg* **42**: 258-273, 1975
- 9) Grubb RL, Rachle ME, Gado M, et al: Cerebral blood flow, oxygen utilization, and blood volume in dementia. *Neurology* **27**: 905-910, 1977
- 10) Mathew NT, Meyer JS, Hartmann A, et al: Abnormal cerebrospinal fluid-blood dynamics. Implications in diagnosis, treatment, and prognosis in normal pressure hydrocephalus. *Arch Neurol* **32**: 657-664, 1975
- 11) Hussey F, Schanzer B, Katzman R: A simple constant-infusion manometric test for measurement of CSF absorption. II. Clinical studies. *Neurology* **20**: 665-680, 1970
- 12) Huckman MS: Normal pressure hydrocephalus: Evaluation of diagnostic and prognostic tests. *AJNR* **2**: 385-395, 1981
- 13) Weigeldt W: Regelmässige Unterschiede in der Zusammensetzung des Liquors an verschiedenen Stellen des Subarachnoidalraumes. *Münch Med Wochenschr* **68**: 838-839, 1921
- 14) Di Chiro G, Hammock MK, Bleyer WA: Spinal descent of cerebrospinal fluid in man. *Neurology* **26**: 1-8, 1976
- 15) Elman R: Spinal arachnoid granulations with especial reference to the cerebrospinal fluid. *Johns Hopkins Hosp Bull* **34**: 99-104, 1923
- 16) Sachs E, Wilkins H, Sams CF: Studies on cerebrospinal circulation by a new method. *Arch Neurol Psychiatr* **23**: 103-151, 1930
- 17) Bull J: Radiation dose in isotope encephalography. (Letter) *Lancet* **1**: 357-358, 1968
- 18) Harbert JC, McCullough DC, Zeiger LS, et al: Spinal cord dosimetry in <sup>131</sup>I-IHSA cisternography. *J Nucl Med* **11**: 534-541, 1970
- 19) Partain CL, Wu HP, Staab EV, et al: A multi-regional kinetics model for cerebrospinal fluid. *Neuroradiology* **127**: 705-711, 1978
- 20) Cabanes J, Marti J, Orozco M, et al: Bicompartimental analysis of cerebrospinal fluid circulation. Theory and clinical applications. *J Neurosurg* **59**: 311-321, 1983
- 21) Di Chiro G, Larson SM, Harrington T, et al: Descent of cerebrospinal fluid to spinal subarachnoid space. *Acta Radiol (Diagn)* **14**: 379-384, 1973
- 22) Welch K, Pollay M: Perfusion of particles through arachnoid villi of the monkey. *Am J Physiol* **201**: 651-654, 1961
- 23) Bering EA Jr: Choroid plexus and arterial pulsation of cerebrospinal fluid. Demonstration of the choroid plexuses as a cerebrospinal pump. *Arch Neurol Psychiatr* **73**: 165-172, 1955
- 24) du Boulay GH, O'Connel J, Currie J, et al: Further investigations on pulsatile movements in the cerebrospinal fluid pathways. *Acta Radiol Diagn* **13**: 496-523, 1972

- 25) Sherman JL, Citrin CM: Magnetic resonance demonstration of normal CSF flow. AJNR 7: 3-6, 1986  
 26) Sherman JL, Citrin CM, Gangarosa RE, et al: The MR appearance of CSF pulsations in the spinal canal. AJNR 7: 879-884, 1986  
 27) 上村和夫, 伊藤善太郎, 山口昂一, 他: 高血压性脳

- 出血患者の脳脊髄液循環異常. Radioisotope cisternographyによる検討. 脳神經 25: 1561-1566, 1974  
 28) 牧 豊, 伴野悠士, 能勢忠男: 正常圧水頭症の CT および RI cisternography—シャント手術有効性との関連について—. 特発性脳室拡大調査研究班昭和54年度研究報告書 1980, pp. 47-54

### Summary

#### Quantitative and Clinical Evaluation of Whole CSF-Axis RI Image: Significance of 'Spinal Stasis' in Particular

Yuji TOMONO, Tadao NOSE and Yutaka MAKI

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

Whole CSF-axis RI scintigraphy was evaluated in 122 adult patients intending to know not only intracranial CSF flow but also the dynamics of whole CSF axis, particularly of spinal CSF flow. The change of radioactivity in several compartments was studied quantitatively with a data-processor on 18 cases with dilated ventricles, and more practically, clinical features and the findings of the films were comparatively studied on all the cases. The results were as follows:

(1) Roughly speaking, the findings were classified into two types, i.e. a type with early RI movement to the intracranial CSF space and another with stagnation of radioactivity in spinal space till late stage, even 48 hours after RI injection (spinal stasis). (2) Although majority of the cases with

spinal stasis did not show ventricular stasis, a shunt operation was not effective even when ventricular stasis was observed. (3) Spinal stasis tended to increase with aging, and was observed more frequently in cases with possible severe cerebral damage, as severe cerebrovascular disease and severe deterioration of mental activity. (4) The clearance of radioactivity of whole CSF-axis was remarkably delayed.

It is considered that the spinal CSF flow is generated by intracranial CSF pulsation and, so, that spinal stasis shows the condition of lowered CSF flow by pulsation due to cerebral parenchymal damages.

**Key words:** RI cisternography, CSF circulation, Spinal stasis, Quantitative study.