

## 《研究速報》

## 脳室短絡系路内の脊髄液流量測定法

## —ファントム実験—

前田 敏男\* 森 厚文\* 久田 欣一\* 角家 暁\*\*

## はじめに

水頭症の治療に脳室腹腔短絡術や脳室心房短絡術が行なわれている。最近リザーバ内に注入した RI のクリアランスから短絡系路内の脳脊髄液流量を測定できるようになった<sup>1-4)</sup>。

## 方 法

Standard Rickham reservoir に Holter system を組合わせた装置 (Rickham-Holter 装置と略す) と直径 12 mm の Pudenz 装置について実験を行なった<sup>5)</sup>。各々の装置を Piker Dyna Camera 2. c の直下でサイフォンの原理を応用して作動させた<sup>3)</sup>。Harbert ら<sup>2)</sup>の報告値と比較するために Harvard infusion pump で流量を決定した実験も行なった。リザーバに 1~2 mCi/ml の  $^{99m}\text{Tc}$  pertechnetate ( $^{99m}\text{TcO}_4^-$  と略す) を 26G の注射針を付けたツベルクリン用注射器で 0.05 ml 注入した。注入直後より関心領域をリザーバ部に設定し 10 秒毎 (流量が 0.5 ml/分以上の時は 4 秒毎) のリザーバ部の time activity curve (クリアランス曲線) を約 10 分間記録した。クリアランス曲線を片対数表に表示し、リザーバ部からの  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  の半減

期を求めた。同時に系路内を流下した液量を直示てんびん (Sartorius Type 2463) で測定し、流量を求めた。流量は測定中の蒸発量で補正した。

## 結 果

Rickham-Holter 装置はリザーバ部に逆流防止の弁が付いていないため、注入する液量が多いと脳室側の管に  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  が逆流し、クリアランス曲線に影響を及ぼす (Fig. 1)。

Pudenz 装置はリザーバに逆流防止弁があるため注入液量は問題にならないが、本実験では 0.05 ml とした。

Rickham-Holter 装置で流量を 0.0127 ml/分から 0.879 ml/分まで変化させた時、各々のクリアランス曲線の半減期は 13.7 分から 1.0 分まで変化した。両対数表の縦軸に流量を、横軸に半減期を指定して各々の値の関係をみると Fig. 2 のように直線的関係を示した。回帰直線 (A) の式は  $\log_{10}(F) = -1.91 \log_{10}(T_{1/2}) - 0.032$  となり、相関係数は  $r = -0.97$  となった。ただし F は流量 (ml/分),  $T_{1/2}$  (分) は半減期である。

Pudenz 装置では流量を 0.023 ml/分から 0.803 ml/分まで変化した。この時、 $T_{1/2}$  は 45.8 分から 1.33 分まで変化した。両者の関係は Fig. 3 に示したように両対数表上で直線的となり回帰直線 (A) の式は  $\log_{10}(F) = -1.03 \log_{10}(T_{1/2}) - 0.02$  となり相関係数は  $r = -0.97$  となった。

Fig. 2 と Fig. 3 の直線 B は理論式  $F = \frac{0.693V}{T_{1/2}}$  より決定した値である。ただし V はリザーバの容

\* 金沢大学医学部核医学科 (主任: 久田欣一教授)

\*\* 金沢医科大学脳神経外科 (主任: 角家 暁)

受付: 51 年 10 月 6 日

最終稿受付: 51 年 12 月 22 日

別刷請求先: 石川県金沢市宝町 13-1 (☎ 920)

金沢大学医学部核医学科

前 田 敏 男

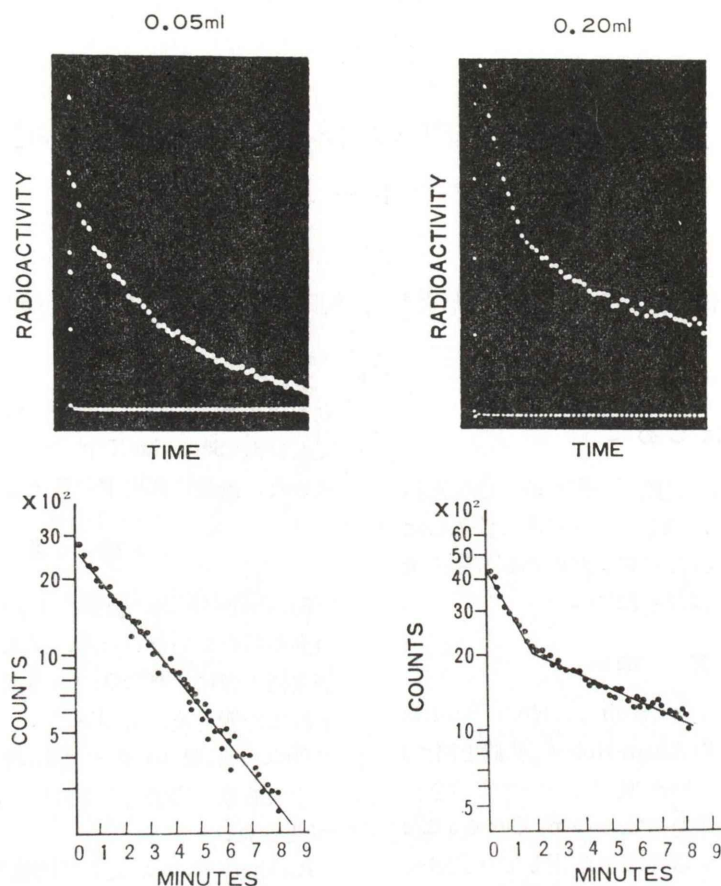
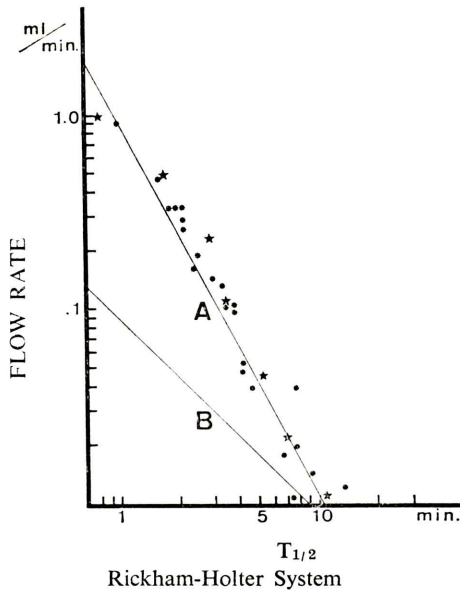


Fig. 1 A single exponential function was obtained when 0.05 ml of pertechnetate was injected into a standard Rickham reservoir (left hand pair), whereas injection of 0.2 ml, which is larger than the internal volume of the reservoir (0.13 ml), disturbed the clearance curve by overflow (right hand pair). The upper curves show the original data; the lower graphs show the same data in semilog plot.

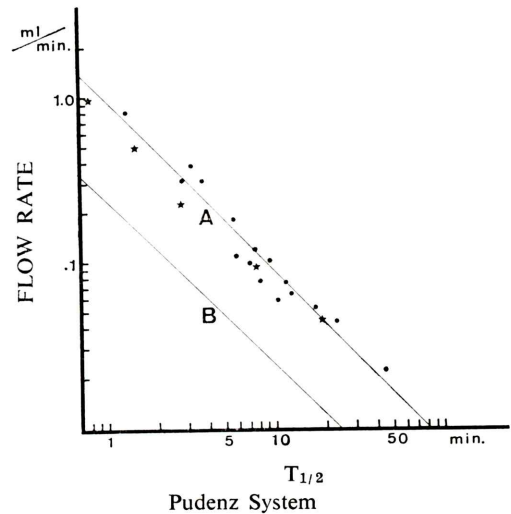
積 (ml) であり Rickham のリザーバでは 0.13 ml, Pudenz のリザーバは 0.38 ml であった. 理論値は常に実験値 (直線 A) より小さかった.

Harbert ら<sup>23)</sup>は infusion pump で実験した  $F$  と  $T_{1/2}$  を求め,  $F = \frac{0.693V}{T_{1/2}}$  の式に代入し,  $V$  を計算で求め実験的容積と名付けた. 実験的容積は, Rickham のリザーバでは 0.06 ml, Pudenz のリザーバでは 1.0 ml であると報告し, 流量計算の  $V$  には実験的容積を使用することを主張している. Table 1 は彼らの報告<sup>23)</sup>と同じように infusion

pump を使用して得た結果と, Harbert の実験的容積を使用して計算した値と, Fig. 2 あるいは Fig. 3 の直線 A に基づいて決定した値をクリアランスの半減期でもって比較した (Table 1). また, infusion pump で得た値を星印で Fig. 2 および Fig. 3 に比較のため表示した. Pudenz 装置では三者の値はよく一致した. Rickham のリザーバについての結果は Harbert ら<sup>23)</sup>の方法で計算して得た半減期は, 我々の実験値から非常に異なっていた. infusion pump による結果と Fig. 2 で得た値



**Fig. 2** In a double-log plot, a linear graph is obtained for flow rates (ml/min) plotted against radioactivity clearance half-times ( $T_{1/2}$  in min.), with the standard Rickham reservoir. Line A was derived from directly measured flow rates, while line B was derived from the clearance formula. The regression equation of line A:  
 $\log_{10}(F) = -1.91 \log_{10}(T_{1/2}) - 0.032$   
 $r = -0.97$   
 Star points refer to the values obtained from the infusion-pump experiment.



**Fig. 3** Double-log plot of flow rates (ml/min) against radioactivity clearance half-times ( $T_{1/2}$ ) with the single-lumen flushing device of Pudenz (12 mm diameter). Line A was derived from direct measurement of flow rate, while line B was derived from the clearance formula.  
 The regression equation of line A:  
 $\log_{10}(F) = -1.03 \log_{10}(T_{1/2}) - 0.02$   
 $r = -0.97$   
 Star points refer to the infusion-pump data.

は多少のばらつきはあるがよく近似しており、我々の得た直線Aの方が正確であることを示唆した。  
 なお流量補正に用いた蒸発量は 0.004 ml/分 から 0.01 ml/分であった。

### 考 察

脳室短絡装置のリザーバ内に注入した RI のクリアランス曲線から装置内の流量を計算する理論式  $F = \frac{0.693V}{T_{1/2}}$  は Rudd ら<sup>1)</sup>が指摘しているようにリザーバ内の RI の拡散あるいは混合がすみやかに生じリザーバ内ではどの部位でも RI の濃度が同じである時に成立する。そのような場合には V としてリザーバの内容積を使用すればよい。しかし実際にはリザーバ内には層流が生じるため RI の濃度は不均一となる。

Harbert ら<sup>23)</sup>は infusion pump による実験から理論式の V としてリザーバの内容積よりも、彼らの実験値から求めた値（実験的容積）を使用することを主張している。

我々の実験では Pudenz 装置では、両対数表上で、理論式とほぼ平行となった。これは実験的容積は流速と無関係に一定であることを意味し、Harbert らの報告値ともよく一致した。しかし、Rickham リザーバの場合、Fig. 2 に示すように実験値より得られた Line A と理論式由来の Line B は平行でなく、実験的容積は流速とともに変化することを意味する。サイフンの原理を利用して得られた  $T_{1/2}$  と Harbert らと同じように infusion pump を用いて得られた  $T_{1/2}$  は非常に近似した値が得られ、実験方法による解離は認められなかつ



**Table 1** Comparison between each  $T_{1/2}$  which was determined by the experiment using an infusion pump, the sets of " $T_{1/2}$ —Flow rate" (Fig. 2, 3) and the calculations using Harbert's data.

Shunt apparatus	Results of experiment using infusion pump		$T_{1/2}$ from Fig. 2 or 3	$T_{1/2}$ based on the calculation according to Harbert's data***
	Actual flow	$T_{1/2}$ (min)		
R*	0.011	11.0	10.0	4.5
R	0.022	7.0	7.0	1.8
R	0.046	5.3	4.8	0.9
R	0.109	3.5	3.1	0.45
R	0.231	2.9	2.1	0.18
R	0.49	1.7	1.4	0.09
R	0.98	0.8	1.0	0.05
P**	0.045	19.3	19.0	15.0
P	0.094	7.8	9.6	7.5
P	0.226	2.8	4.2	3.0
P	0.50	1.5	2.0	1.5
P	0.96	0.8	1.05	0.8

\* means a standard Rickham reservoir

\*\* means a single lumen flushing device (12 mm in diameter) for the Pudenz system

\*\*\*  $T_{1/2} = 0.693 \times 0.06/F$  in R-H apparatus and  $T_{1/2} = 0.693 \times 1.0/F$  in P apparatus

た。一方 Harbert らの報告した実験的容積0.06 ml/を用いて計算した  $T_{1/2}$  は infusion pump を用いて得られたクリアランス曲線から求めた  $T_{1/2}$  と著しく異なった。つまり Rickham リザーバについては彼らの報告値がまちがっていることが判明した。

リザーバへの注入速度や注入部位がクリアランス曲線に及ぼす影響について、infusion pump を用いて検討したところ、注入 2~3 分後に測定を開始すれば安定した値が得られることがわかった。詳細は次回報告したい。

## 結 論

$^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetate を脳室短絡系路のリザーバ内に注入し、リザーバ部の time activity curve の半減期から短絡されている脊髄液流量を求める場合、次の点に気をつける必要がある。(1) 臨床例では無菌的操作に十分気をくばる。(2) Rickham リザーバへの注入流量は 0.05 ml/位にする。(3) 流量を求める場合、Rickham リザーバの時は Fig. 2, Pudenz のリザーバの時は Fig. 3 の直線 A を利用する。

(本論文の要旨は、昭和 49 年 7 月第 14 回日本核医学会総会にて発表した。)

## 文 献

- 1) Rudd TG, Shurtleff DB, Loeser JD, et al: Radio-nuclide assessment of cerebrospinal fluid shunt Function in children. J Nucl Med **14**: 683-686, 1973
- 2) Harbert J, Haddad D, and McCullough D.: Quantitation of cerebrospinal fluid shunt flow. Radiology **112**: 379-387, 1974
- 3) Touya E, Perillo W, Lalanne A, et al: Control of the extracranial neurosurgical csf shunts. Proceedings of the 1st World Congress of Nuclear Medicine, 1197-1199, Tokyo, Japan, 1974
- 4) 前田敏男, 森厚文, 角家 暁, その他: RI による脳室シャント内の CSF 流量測定. 核医学 **11** (3), 441, 1974
- 5) 前田敏男, 森厚文, 久田欣一, その他: 脳室短絡術後の核医学的診断 第 1 報短絡系路の開通性検査. 臨床放射線 **21** (10): 903-907, 1976
- 6) 前田敏男, 森厚文, 久田欣一, その他: 脳室短絡系路の核医学的閉塞部位診断 —実験的考察— 核医学 **13** (6): 781-785, 1976

## Summary

### Examination of Cerebrospinal Fluid (CSF) Flow Rate Through the Implanted Shunts —Phantom Experiments—

Toshio MAEDA, Hirofumi MORI, and Kinichi HISADA

*Dept. of Nuclear Medicine, Kanazawa Univ. Medical School.*

Satoru KADOYA

*Dept. of Neurosurgery, Kanazawa Medical College.*

We performed phantom examination to determine CSF flow rate through the ventricular shunt, (Rickham-Holter system and Pudenz system). The shunt systems operated as siphon under the gamma camera.  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  of 50 to 100  $\mu\text{Ci}$  was injected into the reservoir and removal of it from the reservoir was expressed as a time-activity curve, and clearance half-time ( $T_{1/2}$ ) of radio-activity was determined from this curve. Increased weight in lower container divided by the duration of the water transfer yielded the flow rate (F).  $T_{1/2}$  and F were plotted on double-log scale and they showed linear relationship. In Rickham-Holter system, the regression equation was  $\log_{10}(F)$

$= -1.91 \log_{10}(T_{1/2}) - 0.032$  and in Pudenz system it was  $\log_{10}(F) = -1.03 \log_{10}(T_{1/2}) - 0.02$ . The data of Pudenz system were as the same as that of Harbert's report. In the case of Rickham-Holter system, however, our results showed that experimental volume ( $V_{\text{exp}}$ ) changed with flow rate (Table 1), while Harbert et al. reported that  $V_{\text{exp}}$  was constant. Then we re-examined according to Harbert's method using Harvard infusion pump and confirmed that our data were proper. Therefore, the above regression equation for each reservoir should be used to calculate CSF flow through the shunt.