

RIHSA 와 ¹³¹I-Hippuran 으로 측정 한 심박출량의 비교

수도육군병원 내과

이 안 기 · 길 광 수 · 박 진 영

서울대학교 의과대학 내과학교실

김동섭 · 김정일 · 고창순

= Abstract =

A Comparative Study of the Cardiac Output Measurement with RIHSA and ¹³¹I-Hippuran

Ahn Kie Lee, M.D., Kwang Soo Kil, M.D. and Jin Yung Park, M.D.

Department of Internal Medicine, Capital Army Hospital, ROKA

Dong Sup Kim, M.D. Jung Il Kim, M.D. Chang-Soon Koh, M.D.

*Dept. of Int. Med., College of Medicine, Seoul National University
Seoul, Korea*

Repeated measurements of cardiac output in the same 11 normal individuals were done with ¹³¹I-Hippuran and RIHSA.

Following results were obtained;

- 1) The cardiac output measured with RIHSA was 6750 ± 866 ml/min.
- 2) The cardiac output measured with ¹³¹I-Hippuran was 5940 ± 764 ml/min.
- 3) The relative value of cardiac output measured with ¹³¹I-Hippuran to that measured with RIHSA was 88 percent, and a statistical significance was found present in this difference.

서 론

심장기능을 평가하는때는 여러가지 방법들이 있겠으나 그 중에서도 심박출량측정은 가장 중요하다고 할 수 있다.

심박출량의 측정법은 1909년 von Plesch¹⁾에 의해 소개된 이래 현재까지 Fick²⁾ 원리를 이용한 Fick법^{3,4,5)}, 외기 gas⁶⁾ 나 색소⁷⁾ 또는 방사성 동위원소^{8,9,10)} 등을 표지물로 이용한 표지물회석법, 기타 물리적방법^{11,12)} 등이 있다.

이와같은 여러가지 측정방법중 Fick 법 및 색소표지물회석법이 정확한 것으로 알려져 있으나¹³⁾ Fick법은

우심도자법을 시행해야 되고 색소회석법은 동맥혈의 채취를 빈번히 실시해야하며 동맥혈의 산소포화도의 영향을 받는등의 불편과 결점이 있어 근래 소개된 방사성동위원소를 이용한 체외계측법으로 얻어지는 곡선인 Radiocardiogram¹⁴⁾에 의한 심박출량측정이 간단하고 비교적 정확하여 임상에서 널리 이용되고 있다. 우리나라에서도 동위원소를 이용한 심박출량의 측정이 여러사람들^{15,16,17,30)}에 의해 실시되어 왔고, 최근 同敎室의 金¹⁸⁾은 ¹³¹I-Hippuran을 사용하여 심박출량을 측정, 보고한 바가 있다.

그후 저자들은 동일개체에서 RIHSA와 ¹³¹I-Hippuran으로 심박출량을 측정할 수 있는 기회가 있어, 이

를 각각 분석한 결과 다소 추가할 점을 발견하였기
이에 보고하는 바이다.

검사대상 및 방법

1. 검사대상

검사대상은 1970년 5월부터 6월까지 수도육군병원
내과에서 진료받은 사람중 정상이라고 판정된 11명
으로 연령은 22세에서 27세 사이의 남자였다.

2. 검사방법

1) 심박출량의 측정

피검자를 8~12시간 절식시킨후 외위로 20분간 안
정시킨다음 검사를 실시하였다. Wide-angle collimator
를 부착시킨 1 inch NaI (TI) crystal detector를 제2
능간 용광로연상의 체표면에 밀착시키고 detector를
rate-meter와 chart recorder에 연결한후 rate-meter의
time constant는 0.25초로, recorder의 chart speed를
6 inch/min.로 놓고 ^{131}I -Hippuran $10\mu\text{Ci}$ 를 우측 전박
정맥에 급속히 주입하였다. 이때 追跡子塊의 분산을 피
하기 위하여 상지를 압박하지 않도록 하고 상지를 약
30도 올린 위치에서 주입하였으며, 주입후 1분간은
주사침을 그대로 유지하여 주사부위의 압박을 방지하
였다.

심박출량의 계산은 ^{131}I -Hippuran에 의한 곡선에서
제 1회순환과의 급격한 하강부의 임의의 3점을 현대
수표에 옮겨 제 1회순환과의 연장과 기선이 교차되는
점의 시간(T)을 구하고, 이 곡선내에 드는 면적(A)을
측정한 다음 이 면적으로부터 ^{131}I -Hippuran이 통과한
시간에 있어서의 평균활성도(C_{av})를 $A=C_{av}\times T$ 에서
구하였다.

또 주입후 1분치의 곡선의 높이를 Cf로 정하여 심
박출량(CO)과 심계수(CI)를 다음 식에 의해 산출하
였다.

$$CO = \frac{Cf \times B.V.}{C_{av} \times T} \text{ (ml/min.)}$$

$$CI = \frac{C.O. \text{ (심박출량)}}{S.A. \text{ (체표면적)}} \text{ (ml/min/m}^2\text{)}$$

여기서 순환혈액량 (B.V.)은 RIHSA로 심박출량을
측정할때 총순환혈장량을 측정하여 환산 했으며, 체표
면적은 Dubois의 공식인 체표면적(m^2)=체중(kg) $^{0.425}$
 \times 신장 $^{0.725} \times 0.007184$ 에 의하여 산출한 표에 의하여 구
하였다.

RIHSA에 의한 심박출량의 측정은 ^{131}I -Hippuran에
의한 측정후 최소 24시간이 경과하여 ^{131}I -Hippuran이
모두 배설된 다음에 동일한 조건하에서 RIHSA $10\mu\text{Ci}$
를 사용하였으며 이때의 Cf는 주사후 10분의 높이로

계산하였다.

2) 총순환혈장량의 측정

총순환혈장량을 측정하기 위하여 RIHSA를 주입한
후 10분에 반대측 전박정맥에서 소량의 heparin으로
처리된 주사기로 6ml를 채혈하였다. 이 정맥혈의 일
부분은 모세관법에 의해 hematocrit를 측정하였고 나
머지 정맥혈을 원침하여 혈장을 분리한 다음 1ml의
혈장을 well type counter에서 측정하였다.

표준액은 정주한 양과 동량의 RIHSA를 뽑아 용적
이 1000ml가 되도록 물을 가하여 희석하였으며 이중
1ml의 임의시료를 취하여 역시 well type counter로
측정하였다.

혈장량(PV)의 계산은 $PV = \frac{S \times 1000}{P \times 1.015}$ 의 식에 의
해 하였는데 S는 표준시료의 방사능, P는 혈장시료
의 방사능이고 RIHSA가 정주후 10분간에 순환혈장
으로부터 소실되는 부분(평균 1.5%)에 대한 교정을 가
하여 0시에서의 혈장방사능으로 계산하였다.

3) 총순환혈액량의 계산

총순환혈액량(BV)은

$$BV = \frac{PV}{100 - Hc} = \frac{PV}{100 - Ht \times 0.94 \times 0.91}$$

의 식에 의해 계산하였다. 여기서 Hc (Corrected he-
matocrit)는 원침시 적혈구중에 끼어남은 혈장량과 말
초혈액과 총순환혈액간의 hematocrit의 차에 대한 교
정을 가한 총순환혈액의 hematocrit를 말한다.

성적

동일개체에서 RIHSA와 ^{131}I -Hippuran으로 실시한
검사결과는 다음 Table 1에서 보는 바와 같다.

즉 정상인 11명에서 RIHSA로 측정된 총순환혈장
량은 3460 ± 469 (2790~4470)ml, 총순환혈액량은 5210
 ± 685 (4100~6530)ml이 었다. 심박출량은 RIHSA로
측정한 경우 6750 ± 866 (5380~7950)ml/min., ^{131}I -Hip-
puran으로 측정된 경우에는 5940 ± 764 (4800~7200)
ml/min 이었고, 심계수는 RIHSA에 의한 측정치가
 3960 ± 476 (3260~4580)ml/min./m 2 ^{131}I -Hippuran에 의
한 측정치는 3490 ± 396 (2910~4110)ml/min./m 2 로서
 ^{131}I -Hippuran에 의한 측정치가 RIHSA에 의한 측정
치보다 적어 ^{131}I -Hippuran치와 RIHSA치의 비는 0.8
 80 ± 0.037 (0.815~0.947)로 나타났고 (Fig. 1) 양측정
치간에는 밀접한 상관관계가 있었으며 (Fig. 2, 3) 양
자간에는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

고안

심박출량의 측정법중 우수하다고 인정되어 현재까지

Table 1. Cardiac output in 11 normal subjects

Case No.	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Surface area (m ²)	Hematocrit (%)	Plasma volume (ml)	Blood volume (ml)	RIHSA		¹³¹ I-Hippuran		¹³¹ I-Hippuran/RIHSA	
								Cardiac output (ml/min)	Cardiac index (ml/min/m ²)	Cardiac output (ml/min)	Cardiac index (ml/min/m ²)	Cardiac output	Cardiac index
1	23	170	65	1.75	39	3340	4980	7590	4340	7200	4110	0.947	0.947
2	23	173	62	1.74	37	4470	6530	7280	4180	5930	3410	0.815	0.816
3	25	168	54	1.60	38	3890	5770	6300	3940	5330	3330	0.846	0.845
4	24	175	63	1.76	42	3680	5600	6240	3550	5770	3280	0.925	0.924
5	22	164	60	1.65	40	3020	4960	5380	3260	4800	2910	0.892	0.893
6	23	165	60	1.66	38	2980	4390	7470	4500	6600	3970	0.884	0.882
7	24	177	61	1.75	38	3390	5010	6670	3810	5840	3340	0.876	0.877
8	24	166	57	1.63	37.5	2790	4100	5630	3450	5100	3120	0.906	0.904
9	23	172	62	1.73	40	3220	4820	5900	3410	5220	3020	0.885	0.886
10	25	162	67	1.71	41	3300	5060	7840	4580	6950	4060	0.887	0.886
11	27	170	65	1.75	42	3940	6070	7950	4540	6630	3790	0.834	0.834
Mean	24	169	62	1.70	39.3	3460	5210	6750	3960	5940	3490	0.880	0.880
S.D.						469	685	866	476	764	396	0.037	0.040
Range	22~27	162~177	54~67	1.60~1.76	37~42	3020~4470	4100~6530	5380~7950	3260~4580	4800~7200	2910~4110	0.815~0.947	0.816~0.947

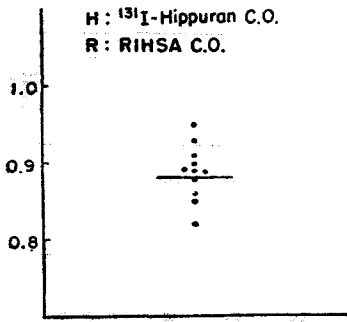


Fig. 1. H/R ratio

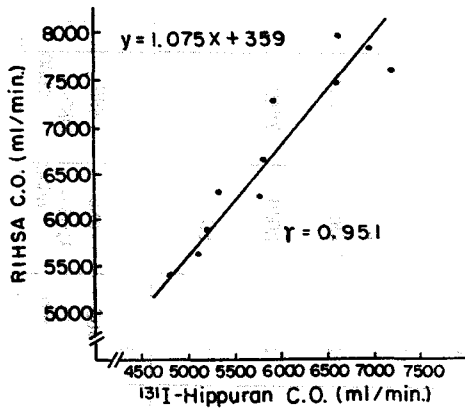


Fig. 2. The correlation between cardiac outputs measured with RIHSA and ¹³¹I-Hippuran.

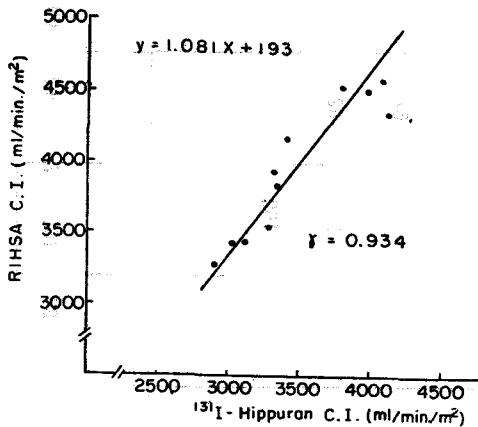


Fig. 3. The correlation between cardiac indices measured with RIHSA and ¹³¹I-Hippuran.

심박출량측정의 표준법으로 되어있는 Fick 법에 의한

측정치도 우심도자의 기술, 채혈 및 분석과 호흡상태의 변동등으로 오차가 생길 수 있고¹⁹⁾ 복잡한 방법때문에 임상에서 쉽게 널리 이용되지는 못하고 있으나 표식물회색법은 조작이 간편하고 다수의 점차결과 Fick 법과 비슷한 측정치를 얻을 수 있어²⁰⁾ 심박출량측정에 널리 이용되고 있다. 방사성동위원소를 이용한 심박출량측정은 1948년에 Prinzmetal¹⁴⁾ 등에 의해 처음 시도된 이래 널리 보급되면서 개량되어 왔으며 Fick 법과의 측정치 사이에 차이가 발견되지 않았다는 보고²¹⁾가 있으며 8.7%~10% 정도의 차를 볼 수 있었다고도 한다^{10,22)}.

근래 李등¹⁾과 金⁶⁾은 양법사이에 7%이내에서 일치했다고 보고한바 있다.

따라서 방사성동위원소를 이용한 심박출량측정법은 간편하고 정확하며 반복 시행할 수 있고 환자에게 고통을 주지 않기 때문에 점차 널리 이용되고 있다. 총혈장량의 측정방법에 있어서도 Evans blue (T-1824)를 사용하는 경우와 RIHSA로 혈장량을 측정하는 동위원소법간에 차이가 없다고 발표되어 있다²³⁾.

정상인의 혈장량은 Nachman등²⁴⁾이 T-1824 방법에 의해 44ml/kg으로 보고하였고 한국인에 대하여는 손²⁵⁾의 3078ml, 金¹⁸⁾의 49.5±2.4ml/kg 등의 보고가 있는바 저자들의 경우 3460±469ml로 약간 높은 측정치를 나타내고 있다.

안정시 심박출량의 정상치에 관한 보고는 Fick 씨법을 이용하여 Gazetopoulos 등²⁶⁾은 평균연령 28세, 평균체표면적 1.72m²의 정상인 12예에서 6.42±0.5L/min.로 보고했고, 다른 보고⁴⁾에서도 이와 비슷한 측정치였으며, 표식물회색법을 이용한 심박출량은 Brandfonbrener 등²⁷⁾이 평균연령 23.6세, 평균체표면적 1.75m²의 정상인 9예에서 6.49±0.51L/min.로 보고하였다.

방사성동위원소법에 의한 한국인의 심박출량 정상치는 李등¹⁵⁾의 20예에 대한 5500±290ml/min., 金¹⁶⁾의 36예에 대한 5857±685ml/min., 金¹⁷⁾의 12예에 대한 5992±492ml/min 등이 있으며 저자들의 경우는 11예에서 6750±866 ml/min로 약간 높은 측정치를 보이고있다.

한편 金¹⁸⁾의 ¹³¹I-Hippuran 곡선에 의한 심박출량의 정상치는 21예에서 5072±374ml/min.로 약간 낮은 수치를 보이고 있는데 저자들의 경우에도 ¹³¹I-Hippuran에 의한 심박출량은 5940±764ml/min.로서 RIHSA로 측정된 값인 6750±866ml/min. 보다 낮아 평균비율이 0.880±0.037로 이들 두 측정치간의 차이는 통계학적으로 유의함을 나타내고 있다(P<0.05).

심계수의 정상치는 Brandfonbrener 등²⁷⁾의 3.72±0.28L/min./m²,李 등¹⁵⁾의 3600±836ml/min./m²,金¹⁶⁾의 3533±414ml/min./m²,金¹⁸⁾의 3021±298ml/min./m² 등 여러 보고가 있으며 저자들의 경우는 3960±476ml/min./m²으로 역시 약간 높은 측정치를 보이고 있다.

동일개체, 동일조건하에서의 이러한 심박출량측정치의 차이는 RIHSA와 ¹³¹I-Hippuran의 각개의 특성의 차이에 기인되는 체내에서의 동태의 차이로 인하여 나타나는 것이라 생각되며, ¹³¹I-Hippuran은 정주한 후 초기(0~3분)에 볼 수 있는 소위 "Perivascular space"로의 급속한 확산²⁸⁾과 신장에서의 제거²⁹⁾ 등으로 인하여 RIHSA에 비하여 Cf치가 보다 낮기때문에 이러한 영향을 미칠 수 있으리라고 생각된다.

결 론

저자들은 정상성인 남자 11예에서 방사성동위원소인 RIHSA와 ¹³¹I-Hippuran을 사용하여 체외계측법에 의한 심박출량을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다

1) RIHSA를 사용한 심박출량의 측정치는 6750±866ml/min., 심계수의 측정치는 3960±476ml/min./m²이었다,

2) ¹³¹I-Hippuran을 사용한 심박출량의 측정치는 5940±764ml/min., 심계수의 측정치는 3490±396ml/min./m²이었다.

3) ¹³¹I-Hippuran에 의한 심박출량의 측정치는 RIHSA를 사용한 심박출량의 측정치의 88%로 나타났으며 양자간의 차이는 통계학적으로 의미를 가지고 있었다(P<0.05).

4) ¹³¹I-Hippuran을 사용하여 심박출량측정이 가능함을 알 수 있었다.

<끝으로 본 실험을 시종 지도하여 주신 고창순 선생님께 심심한 사의를 표한다.>

REFERENCES

1) Von Plesch, J.: *Hemodynamische Studien. Ztschr. f. exper. Path. u. Therap. Berl.* 9:380, 1908.
 2) Fick, A.: *Über die Messung des Blutouantumens in der herzventriken. Sitz. der Physik-Med. ges. Würzburg.* 1870.
 3) Cournand, A., Riley, R.L., Breed, E.S., Baldwin, W. def. and Richards, D.W. Jr.: *Measurement of cardiac output in man using the technique of catheterization of the auricle. J. Clin. Invest.,* 24:106, 1945.

4) Stead, E.A. Jr., Warren, J.V., Merrill, A.J. and Brannon, E.S.: *Cardiac output in male subjects as measured by technic of right atrial catheterization, normal values with observations on effect of anxiety and tilting. J.Clin. Invest.,* 24:326, 1945.
 5) McMichael, J. and Sharpey Shafer, E.P.: *Cardiac output in man by direct Fick method, effects of posture, venous pressure change, atropine and adrenalin. Brit. Heart J.,* 6:33, 1944.
 6) Starr, I. Jr., and Camble, C.J.: *An improved method for the determination of cardiac output in man by means of ethyl iodide, Am. J. Physiol.,* 87:450, 1928.
 7) Dow, P.: *Estimations of cardiac output and central blood volume by dye dilution method. Physiol. Rev.* 36:77, 1956.
 8) Prinzmetal, M., Corday, E., Sprizler, R.J. and Flieg, W.: *Radiocardiography and its clinical applications. J.A.M.A.* 139:617, 1949.
 9) Huff, R.L., Feller, D.D. and Bogardus, G.M.: *Cardiac output of men and dogs measured by in vivo analysis of iodinated (¹³¹I) human serum albumin. Circulation Res.,* 3:564, 1955.
 10) Sharpe, A.R., Jr. and Shapiro, W.: *Precordial isotope dilution curves: Analysis of the normal curve and comparison with Fick method for cardiac output determination. Circulation* 20:769, 1959.
 11) Ring, G.C., Balaban, M. and Oppenheimer, M.J.: *Measurement of heart output by electrokymography. Am. J. Physiol.* 157:343, 1949.
 12) Talbot, S.A.: *Biophysical aspects of ballistocardiography. Am. J. Cardiol.* 2:395, 1958.
 13) Hamilton, W.F.: *The Lewis A. Connor memorial lecture: The physiology of the cardiac output. Circulation* 8:527, 1953.
 14) Prizmetal, M., Corday, E., Bergman, H.C., Schwartz, L., and Sprizler, R.J.: *Radiocardiography: A new method for studying the blood flow through the chambers of the heart in human beings. Science* 108:340, 1948.
 15) 이성호, 이정주, 고창순, 정구연 : 방사선 동위원소를 사용한 심박출량측정에 관한 연구. 대한내과

- 학회잡지 3:803, 1962.
- 16) 김동집 : 심장질환에 있어서의 심박출량에 관한 연구. 대한내과학회잡지 9:759, 1966.
 - 17) 김응서 : 운동, *Aminophylline* 및 *Ephedrine* 이 심박출량에 미치는 영향에 관한 연구. 대한내과학회잡지 10:433, 1967.
 - 18) 김광희 : 본태성고혈압에 있어서 강압제에 의한 혈액학적 변동에 관한 연구. 대한의학협회지 12:1, 1969.
 - 19) Vissler, M.B. and Johnson, J.A.: *The Fick principle: Analysis of potential errors in its conventional application. J. Appl. Physiol.*, 5:635, 1953.
 - 20) Eliasch, H., Lageröf, H., Erikson, K., Bergström, J. and Werkö, I.: *Comparison of the dye dilution and the direct Fick method for the measurement of cardiac output in man. Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 7:73, 1955.
 - 21) Schreiner, B.F., Lovejoy, F.W., Jr. and Yu, P. N.: *Estimation of cardiac output from precordial dilution curves in patients with cardiopulmonary diseases. Circulation Res.*, 7:595, 1959.
 - 22) Seldon, W.A., Hickie, J.B. and George, E.P.: *Measurement of cardiac output using a radioisotope and a scintillation counter. Brit. Heart J.* 21:401, 1959.
 - 23) Schultz, A.L., Hammarsten, J.E., et al.: *J. Clin. Invest.*, 32:107, 1953.
 - 24) Nachman, H.M., James, G.W., III, et al.: *J. Clin. Invest.*, 29:258, 1950.
 - 25) 전규식 : *Hydrochlorothiazide* 의 강압작용 기전에 관한 연구 대한내과학회잡지 9:733, 1966.
 - 26) Gazetpoulos, N., Davis, H., Oliver, C. and Deuchar, D.: *Ventilation and hemodynamics in heart-diseases. Brit. Heart J.*, 28:1, 1966.
 - 27) Brandfonbrener, M., Landowne, M. and Shock, N.S.: *Changes in cardiac output with age. Circulation* 12:557, 1955.
 - 28) Gott, F.S., Prichard, W.H., Young, W.R., and MacIntyre, W.J.: *Renal blood flow measurement from the disappearance of intravenously injected ¹³¹I-Hippuran. J. Nuclear Med.* 3:480, 1962.
 - 29) Smith, H.W. et al.: *Renal clearances of substituted hippuric acid derivatives and other aromatic acids in dog and man. J. Clin. Invest.* 24:388, 1945.
 - 30) 고창순 *Radioisotope* 를 사용한 심기능 검사 최신 의학 6:861, 1962.