

## 《研究速報》

# $^{81m}\text{Kr}$ による右房、右心機能に関する研究 — intervention study への応用 —

西村 恒彦\* 植原 敏勇\* 林田 孝平\* 小塙 隆弘\*

## I. 緒 言

$^{81m}\text{Kr}$ をボーラス注入法として用いることにより主として右心系の計測に応用する方法を開発した。しかも、本核種が短半減期(13秒)であることを利用すれば、繰返しファーストパス法を施行することができ、intervention study にも有用である。

本論文では、 $^{81m}\text{Kr}$ による右房、右心機能の評価として、(1) 右心における急速流入効果による右室駆出分画(RVEF)の算出、(2) 虚血心における運動負荷によるRVEFの変動、(3) 三尖弁閉鎖不全における重症度の推定について若干の検討を行ったので報告する。

## II. $^{81m}\text{Kr}$ 注入方法

$^{81}\text{Rb}$ - $^{81m}\text{Kr}$ ジェネレータ(日本メジフィジックス社製)を用いボーラス注入法とした(Fig. 1-1)。すなわち5%ブドウ糖液にて $^{81m}\text{Kr}$ を溶出する際、ジェネレータの前後に2ml, 20mlのディスポザブル注射筒を連結し、 $^{81m}\text{Kr}$ を10mCi/2mlとして抽出し、20mlの5%ブドウ糖液にてフラッシュすることによりボーラス注入が行える。この結果、右心系におけるファーストパス法を半減期を考慮すれば約1分間の間隔にて繰返し施行できる。一方、持続注入法は脳血流分布測定と同様に、持続注入ポンプを用いて注入するもので

\* 国立循環器病センター放診部

受付：56年8月18日

最終稿受付：56年11月6日

別刷請求先：吹田市藤白台5-125 (番565)

国立循環器病センター放診部

西 村 恒 彦

ある(Fig. 1-2)。

## III. 方法および対象

患者体位はRAOとし、高感度コリメータを装着したシンチカメラ(Ohio-Nuclear Σ410S型)とオンラインで接続したミニコンピュータシステム(PDP 11/60, 128 kW)を用い、肘静脈よりエラスタ針(21G)にて $^{81m}\text{Kr}$ をボーラス注入、1秒間に20フレーム(50 msec/frame), 20~30秒間データ収集を行う。ついで、以下の3項目について若干の検討を加えた。

(1) 右心における急速流入効果によるRVEFの算出。

同一患者にて $^{81m}\text{Kr}$ によるファーストパス法を1~2分間の間隔で rapid, moderate, slow の3段階(例えば、3.6, 9秒/20 mlの速さ)に分けて繰返しRVEFを算出した。引き続き、 $^{99m}\text{Tc}$ -RBCによるファーストパス法を追加した<sup>1)</sup>。

RVEFの算出方法はすでに報告した方法に従い<sup>1)</sup> ①右心、②肺野のバックグラウンド、③三尖弁の動きの補正を考慮した関心領域を設定し、RVEF=RVEDV-RVESV/RVEDV (RVEDV=①-②, RVESV=①-②-③)より算出した。ここでEDV, ESVはそれぞれ時系列曲線の山と谷のカウント数である。かつ実際には時系列曲線における3~4心拍の平均をRVEFとした。対象は正常および虚血性心疾患15症例である。

(2) 虚血心における運動負荷によるRVEFの変動

虚血性心疾患4症例および正常4症例にて臥位エルゴメータを用い漸増負荷法を施行した。すなわち安静時(REST)に引き続き25 watt, 3分間

(EXI), 50 watt, 3分間(E×2)の運動負荷を行い、それぞれの時点 $^{81m}\text{Kr}$ によるファーストパス法を施行、(1)と同様の方法でRVEFを算出した。

### (3) 三尖弁閉鎖不全における重症度の推定

弁膜症患6症例にて三尖弁閉鎖不全の有無ならびにその重症度を評価するため、右房、右室における時系列曲線を算出し、右房からのRI消失の半減期(T<sub>1/2</sub>)および右室の1回拍出に対する右房流入比(Rf)を求めた<sup>2)</sup>。

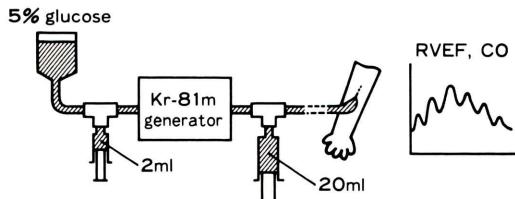
## IV. 結 果

### (1) 急速流入効果について

RVEF算出の際の急速流入効果の典型例を示す(Fig. 2)。rapid injectionでは時系列曲線にて下行脚の急激な減少を、slow injectionでは緩徐な上行脚を中心として、またmoderate injectionでは両者の中間を示す。前述の方法に従いRVEFを算出すると54.4, 51.2, 47.9%であった。実際、15症例にてTable 1のように各注入時におけるRVEFを算出するとrapid injectionでは高く、かつslow injectionでは低く算出された。

### Calculation of RVEF by $^{81m}\text{Kr}$

#### 1. Rapid Injection Method (Repeated)



#### 2. Continuous Injection Method

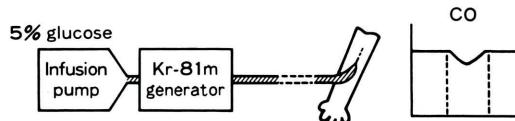


Fig. 1 (1) Rapid injection method, (2) Continuous injection method for measuring of right heart function.

Table 1 Rapid injection effects in 5 cases of normal and 10 cases of CAD.

RVEF (%)					
No.	Case	Rapid	Moderate	Slow	Mean
NORMAL 54.3±2.3	1. K. M.	56.0	54.0	48.0	52.0
	2. K. H.	57.1	56.7	52.0	55.3
	3. T. S.	56.0	53.0	46.7	51.9
	4. N. S.	58.7	—	55.8	57.3
	5. W. E.	55.0	55.0	—	55.0
CAD 48.2±4.6	1. Y. K. (AP)	51.5	48.0	41.5	47.0
	2. H. T. (AP)	52.6	49.6	51.3	51.2
	3. N. M. (AP)	51.5	50.0	46.7	49.4
	4. K. E. (MI)	54.0	48.0	48.0	50.0
	5. W. K. (AP)	47.9	50.2	44.6	47.6
	6. T. J. (MI)	47.2	43.0	38.8	43.0
	7. K. F. (AP)	60.0	56.0	54.0	56.7
	8. O. Z. (MI)	45.0	43.0	—	44.0
	9. H. H. (MI)	56.0	50.3	47.4	51.2
	10. Y. S. (MI)	44.1	42.4	37.9	41.4
15.	Mean S.D	52.8 ±4.9	49.9 ±4.8	47.1 ±5.4	49.5 ±4.6

Table 2  $^{81m}\text{Kr}$  repeated injection method for exercise study in 8 cases.

### RVEF (%)

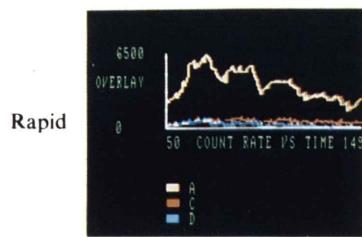
No.	Case	REST	EX 1	EX 2
1	K. M. (Nor)	54.0	59.2	62.2
2	T. S. (Nor)	53.0	59.0	61.2
3	K. H. (Nor)	55.3	63.8	60.0
4	W. E. (Nor)	55.0	—	61.5
5	Y. K. (AP)	47.0	52.0	54.0
6	K. S. (MI)	52.0	53.1	53.5
7	K. E. (MI)	38.0	—	42.0
8	K. E. (MI)	50.0	—	45.2

### (2) 虚血心におけるRVEFの変動について

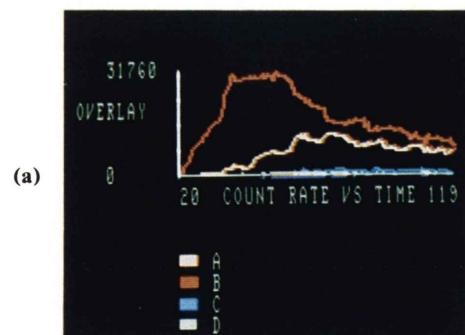
運動負荷を行った8症例のうち7症例にてEX1よりEX2の方がRVEFの上昇を認めた。ただし右室梗塞を合併した1症例(No. 8)では安静時に比し運動負荷時RVEFの減少を示した(Table 2)。

### (3) 三尖弁閉鎖不全について

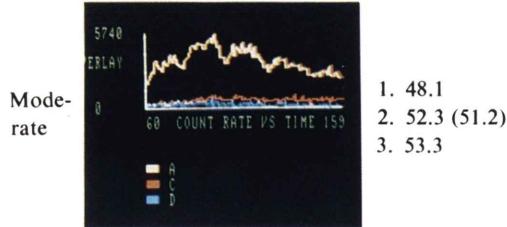
右房、右心における時系列曲線をみると、正常例に比し三尖弁閉鎖不全症例では重症度に応じ右房からのRI消失(T<sub>1/2</sub>)が著明に遅れ逆流比(Rf)



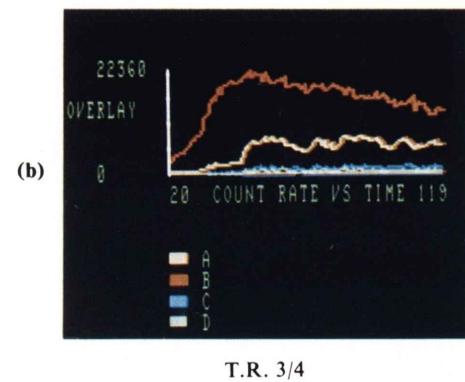
RVEF  
1. 50.0  
2. 54.5 (54.4)  
3. 58.8



T.R. 2/4



1. 48.1  
2. 52.3 (51.2)  
3. 53.3



T.R. 3/4

Rapid injection effects

Severity of T.R. by <sup>81m</sup>Kr

**Fig. 2** Rapid injection effects for calculation of RVEF by first pass method (A (yellow), RV, C (red), lung, D, (blue) tricuspid valve)

**Fig. 3** Severity of tricuspid regurgitation (TR) by <sup>81m</sup>Kr. (a) TR 2/4, (b) TR 3/4 (A, RV, B, RA, C, lung, D, tricuspid valve.)



も高値を示す。Fig. 3 に超音波ドプラー法、右室造影法により三尖弁閉鎖不全 2/4, 3/4 と確診した症例を示す。(T1/2, Rf) はそれぞれ (5 sec, 0.30), (6.7 sec, 0.38) である。

## V. 考 案

<sup>81m</sup>Kr のもつ特性を利用してボーラス注入法により繰返しファーストパス法を施行、右房、右心機能を連続的に算出する方法を開発した。

急速流入効果については、時系列曲線の上昇中は右室の拍出の際、右室流出路および洞部の RI を含まない部分の拍出が多く、右室流入路に高濃度に存在する RI は右室内にとどまるため RVEF は低めに、一方、下降中は右室流出路の RI 濃度の高い部分より多く拍出されるので RVEF は高めに算出される。したがって、RVEF 算出の際、右室内アイソトープの incomplete mixing が示唆される。また <sup>99m</sup>Tc-RBC によるファーストパス法を施行している21症例にて、RVEF を比較すると 0.942 と良好な相関が得られた。心拍ごとの RVEF の算出では時系列曲線における山と谷の相対的な比から求めるため <sup>81m</sup>Kr の半減期の補正是考慮しなくとも臨床上さしつかえないと考えられる。

ところで、<sup>99m</sup>Tc-RBC によるマルチゲート法では LVEF に比し右室の閑心領域の設定が困難なため RVEF の算出はファーストパス法がすぐれている。しかも、本法は反復使用を考慮すれば intervention study に適している。この 1 例として、虚血心における運動負荷前後の RVEF の変動から右心予備能の評価を試みたが、右室における局所壁運動の観察<sup>3)</sup>と併せ、右冠動脈閉塞群などにおける検討を行なう予定である。

ついで、右房機能の測定として三尖弁閉鎖不全

の評価を試みた。その定量的評価については、右房の RI 消失曲線と右室の時系列曲線より逆流比を算出する方法を開発している<sup>2)</sup>がその詳細は別の機会に報告する。しかし、本法はカテーテルを使用せずドプラ法のように血流の方向に左右されない利点をもち、かつ <sup>81m</sup>Kr により下肢挙上、水負荷などに伴なう逆流の変動を捉えることができる。

持続注入法についてはマルチゲート法の応用および intervention 時における肺動脈部位における閑心領域の経時的变化が心拍出量に比例するものとして捉えられることが報告されている<sup>4)</sup>が、肺動脈部位に <sup>81m</sup>Kr が達するまでに減衰が大きくかつ肺野のバックグラウンドなどの問題が残りボーラス注入法の方が利点が大であると考えられる。

## VI. 結 論

<sup>81m</sup>Kr によるボーラス注入法を用い、連続的に右房、右心機能を測定する方法を開発した。本法を用いて (1) RVEF 算出の際の急速流入効果、(2) 虚血心における右心予備能、(3) 三尖弁閉鎖不全の評価について若干の検討を行った。

## 文 献

- 植原敏勇、西村恒彦、他：心 RI アンジオグラフィによる RVEF の算出および急速流入効果について。核医学 **18**: 917-927, 1981
- 植原敏勇、西村恒彦、他：心 RI アンジオグラフィによる三尖弁閉鎖不全の重症度評価。核医学 **18**: 1101, 1981
- 西村恒彦、植原敏勇、他：心 RI アンジオグラフィによる右室局所壁運動の評価。核医学 **18**: 427-440, 1980
- Knapp WH, Helus F, et al: Short-lived radioisotopes for assessment of rapid cardiovascular drug effects. Nuclear Medizin **19**: 161-165, 1980

## Summary

### Evaluation of right heart (RA, RV) cardiac function by short-lived radionuclide ( $^{81m}\text{Kr}$ )

Tsunehiko NISHIMURA\*, Toshiisa UEHARA\*, Kohei HAYASHIDA\*  
and Takahiro KOZUKA\*

*Dept. of Radiology and Nuclear Medicine National Cardiovascular Center*

A short-lived radionuclide ( $^{81m}\text{Kr}$ ) is potentially an ideal tracer for the determination of RVEF by repeated bolus injection without measuring left heart, lung, and background. We decided to evaluate  $^{81m}\text{Kr}$  for RV, RA function; especially, for the application for intervention study.

#### (1) Evaluation of rapid injection effects.

The value of RVEF was calculated by repeat bolus injection of  $^{81m}\text{Kr}$  in various speeds. RVEF was increased in the rapid injection, while decreased in the slow injection because of incomplete mixing of RI in the right ventricular chamber.

#### (2) Evaluation of exercise RVEF in coronary

artery disease (CAD).

In CAD patients, RVEF from rest to exercise were not significantly decreased, while decline of RVEF indicated right ventricular MI with severe stenosis of right coronary artery.

#### (3) Evaluation of degree of Tricuspid regurgitation (TR).

In patients with valvular heart diseases suspected TR, the time activity curve of RA, RV by  $^{81m}\text{Kr}$  was generated. The degree of TR by radio-nuclide method was good agreement with doppler and RV graphy.