

## 《短 報》

## Kr-81m による右室駆出率モニタリング

—nuclear cardiac single probe と Kr-81m による first pass transient study—

右納 隆\*,† 渡辺佐知郎\* 石黒 源之\* 杉下 総吉\*  
 安江 隆夫\*\* 大橋 宏重\*\* 森田 則彦\*\* 小田 寛\*\*  
 後藤 明\*\*\* 水谷 豪利\*\*\* 三宅 浩\*\*\*

## I. 緒 言

従来左心系に比較し右心系の血行動態の評価は、その複雑な幾何学的形態より心血管造影法や超音波法では困難な面もあったが、この点 RI による方法は有利である。Kr-81m は短半減期13秒で、かつ肺泡より気道系に99%以上排出されるため、左心系にはほとんど到達せず、右心系の動態を観察するのに適当と思われる<sup>1)</sup>。最近優れた<sup>81</sup>Rb-<sup>81</sup>mKr generator が供給可能となり反復投与が可能となった。われわれはかかる Kr-81m の性質を利用し Kr-81m の急速また持続注入によって右心機能評価を臨床的に検討してきたので、その術式を含め報告する。今回は、特に Kr-81m と nuclear cardiac single probe (single probe) を用い bedside で右室駆出率 (right ventricular ejection fraction: RVEF) を測定する方法の妥当性を検討した。single probe 法はその方向設定が blind positioning のため、特に左心系の RI 関与がない Kr-81m が有利である。

## II. 方法および対象

対象は本院、循環器科、第一内科へ入院した患

\* 県立岐阜病院循環器科

\*\* 同 第一内科

\*\*\* 同 放射線科

† 現：岐阜大学医学部第二病理学教室研究生

受付：61年9月19日

最終稿受付：61年12月24日

別刷請求先：岐阜市野一色 4-6-1 (☎ 500)

県立岐阜病院循環器科

右 納 隆

者20名にて、不整脈を有しない虚血性心疾患（全例陳旧性心筋梗塞 NYHA II-III°）14例、非心臓疾患6例で、平均年齢は男子56歳と女子52歳であった。装置は computerized single probe アロカ社製 Omniscope (RRG-602 型、口径 2 inch NaI 結晶 converting collimator) を使用した。この Omniscope は可動性に富む小型の single 型検出器に、256 k Byte の microcomputer を搭載した RI 診断装置と、出力 3 MHz の超音波診断装置を有する心機能検査装置である。

## (1) First pass transient study

<sup>81</sup>Rb-<sup>81</sup>mKr generator に 5% ブドウ糖液 (1 回につき 3 ml) を急速 bolus 注入し 5% ブドウ糖液 5 ml で flush した。data は 50 msec ごとの real time で 25 sec 間サンプリングした。次に述べる方法で右室に指向した検出器によって描かれる時間放射能活性曲線から複素復調法<sup>2)</sup>により求められる駆出率と、その曲線の最高値から心拍の高周波成分の変化より求められる駆出率測定値との平均値を RVEF とした。なお最少の投与量で最大の count 数を得るためには、generator から生体までの導管の距離を最大限短くし、count の loss を防ぐことが必要であり、そのため外頸静脈からの注入を行った。さらに generator が到着し、その後すみやかに検査をすれば最も効率がよく、われわれの施設では generator の到着直後には、より RI 活性の高い bolus 注入が可能であった。その結果、Fig. 1 に示すような急峻な立ち上がりの良好な time-activity curve (TAC) を得ることができた。

## (2) Equilibrium study

検出器の右室指向性を決めるため、Kr-81mの少量持続注入で、equilibriumの状態で心電図のR波と同期させると、心房、心室の収縮拡張に相応する beat-to-beat の放射能活性曲線は逆に動くので、右室領域と右房領域が区分され右室領域に検出器を設定できる。さらに右室領域において最大と最小の count の差が最大となる部位が RVEF 測定の至適部位である。この beat-to-beat の RVEF は呼吸時相の一定期に collimator を肺野にずらして得た background の RI activity で補正して計算して求めることができる。

## (3) Tc-99m HSA を用いた scintillation camera による RVEF と Kr-81m の first pass による RVEF の比較

single probe による Kr-81m study に引き続き、すぐに Tc-99m HSA による LAO 45° からの RVEF を求め、上記 20 名において first pass の Kr-81m の RVEF と比較し、Kr-81m による RVEF 測定の妥当性を検討した。scintillation ca-

mera は ZLC7500 (Siemens Inc), 140 KeV 用高感度高分解能コリメータと Scintipac 1200 型 Computer 32 K および心電図同期装置 Cardiopax SCX-2000 型を使用した。

## III. 結 果

Omniscopes の検出器の位置決めは、左心系の影響をうけない Kr-81m の持続注入による equilibrium study により決定することができるため、超音波診断装置を使用することなく、collimator を右室の至適部位に設置できた。Omniscopes による Kr-81m の first pass と scintillation camera による Tc-99m HSA の equilibrium study とからそれぞれ求めた RVEF は Fig. 2 のごとく良い相関がみられた ( $r=0.66$ ,  $Y=0.67X+10.8$ ,  $p<0.01$ )。また Omniscopes の位置決めの時、右室領域の beat-to-beat の時間放射能活性曲線を E for M 社製 polygraph VR12 に心音図、心電図とともに描いた。たとえば Fig. 3 では、心室性期外収縮の postextrasystolic potentiation を示す右室拡張末期容積の増大と収縮力の増強が RI 活性の変化としてとらえられた。Fig. 4 に示すように nitroglycerin 1 T 舌下による RVEF の変動も 3, 6, 9 分と短い時間の response が Omniscopes によって monitoring できた。normal 群は NTG により

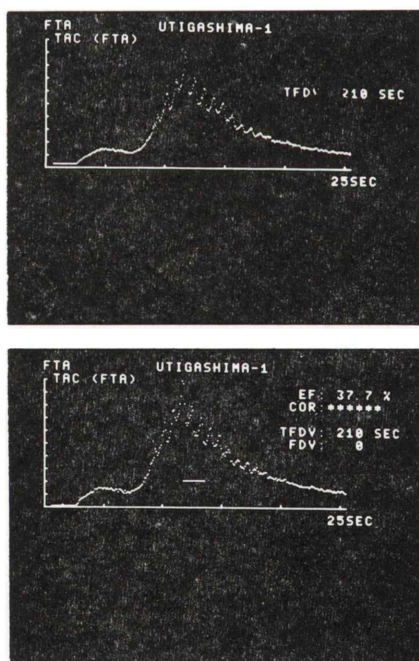
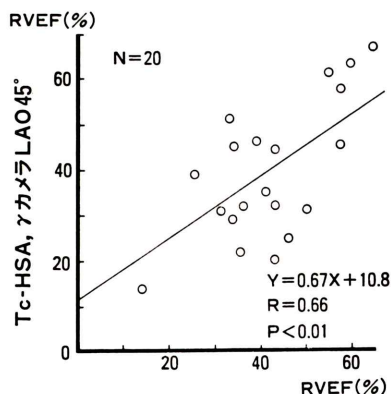


Fig. 1 RI time-activity-curve (TAC) by Omniscopes.



Probe による Kr-81m, First Pass 法

Fig. 2 Comparison between Omniscopes-RVEF and Scintillation-camera-RVEF.

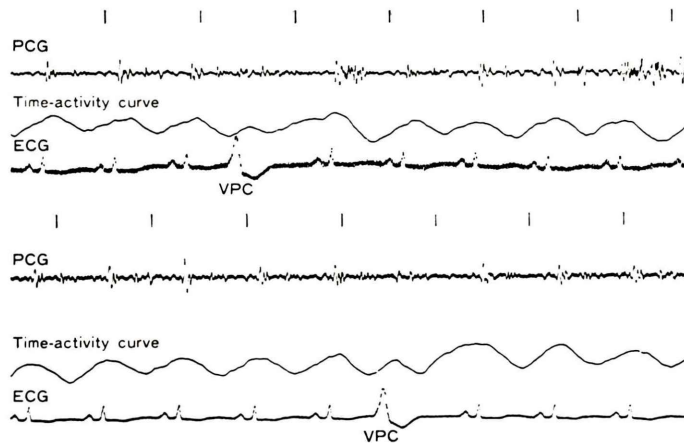


Fig. 3 Beat-to-beat time activity curve with simultaneous display of ECG and phonocardiogram.

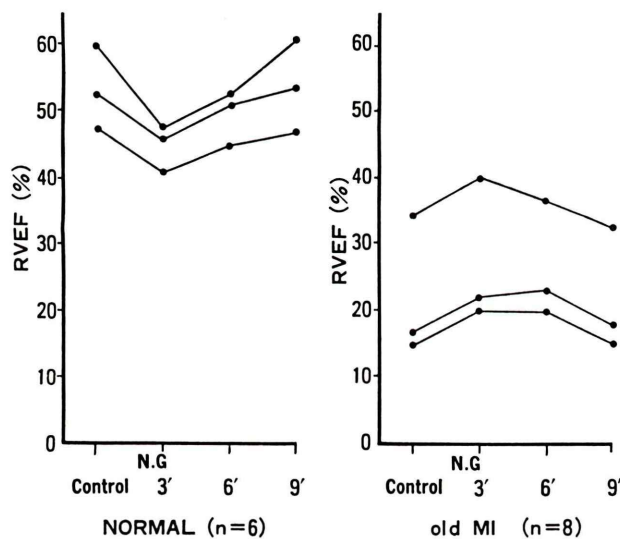


Fig. 4 The effect of sublingual nitroglycerin (N.G) on RV ejection fraction by single probe with Kr-81m was monitored.

RVEF の低下が、心不全症状を伴う陳旧性心筋梗塞 (OMI) 群はむしろ RVEF が改善したのが観察された。

#### IV. 考 案

Kr-81m は  $^{81}\text{Rb}$ - $^{81\text{m}}\text{Kr}$  generator を非電解質溶液で溶出することにより得られる。しかし溶出の最初に 20~30 ml の予備抽出を行って、 $^{81}\text{Rb}$  や

その同位体および  $^{79}\text{Kr}$  等の不純核種を取り除かなければならないが、その後 generator は安定して Kr-81m を一定流量で溶出することができた。Kr-81m の半減期は 13 秒と短く、トラップ装置も必要ないぐらい、取り扱いが簡単であるが、当然 generator 近くで作業する術者は、被曝防禦には十分注意しなければならない。心機能検査に Kr-81m を応用する場合、



- 1) 少量の bolus を急速注入して, first pass を行う方法<sup>4,5)</sup>
- 2) 持続注入器を用いて一定流量で generator を通過せしめ Kr-81m を持続注入する equilibrium 法による方法<sup>3,6,7)</sup>

の二方法がある。single probe による Kr-81m の RVEF の測定に関し, 上記 1), 2) のどちらも有益であるが, 2) に比べ 1) では肺野の background を考慮する必要性が少ない。2) の方法は beat-to-beat の RVEF の変化が求められる点と, 通常の多目的チャンネルレコーダーと併用すればわれわれが示したように心音図, 脈波, 心電図と同時記録することができ, 場合によっては心臓超音波診断装置の M モードなどとも同時記録が可能である。心音図との併用は, 過剰心音や心雑音と幾何学的モデルによらない心室容積曲線との比較が, また M モードの比較は中隔や弁の開閉等と心室容積曲線との比較が可能となろう。beat-to-beat の RVEF は Kr-81m の持続注入によって肺野の background 活性を subtraction して計算できるが, 呼吸の時相により background の活性が異なるので, 場合によっては一定の呼吸時相のみを取り出して計算することが必要である。これに対して first pass 法では軽い呼吸停止のみで求まる。われわれは, 左室に適用された複素復調法を右室の Kr-81m 注入にも応用したが, この方法は background 同定が比較的困難な single probe 法に最も好都合かつ合理的である。西村<sup>4)</sup>らは nuclear stethoscope を用い, Kr-81m による single probe 法から求めた RVEF と camera によるそれと比較し, first pass 法 equilibrium とも, よい相関を示すことを報告している。われわれもまた Omniscope を使用し, single probe 法による RVEF は Tc-99m HSA を用いた scintillation camera による RVEF とよく相関したことを示した。これらの事実は single probe 法が今後臨床応用できる可能性を示している。いずれにせよ Kr-81m の注入による single probe は bedside における RVEF の monitoring が可能であり, 特に左室の RI 活性の干渉を考慮しなくてよい点は, Tc-99m HSA

を用いた single probe による左室駆出率測定がそれぞれ右室の RI 関与からのがれられない点と対照的である。したがって Kr-81m を用いた single probe による RVEF の monitoring は今後 CCU, ICU, Respiratory care unit (RCU) で応用可能な方法として有用である。

## V. まとめ

- 1) Kr-81m と nuclear single probe を組み合わせて, first pass 法により RVEF が測定できた。
- 2) 1) の方法による RVEF は Tc-99m HSA を用いた scintillation camera による RVEF とよく相関した。
- 3) 心音図, 心電図と同時に beat-to-beat の時間放射能活性曲線を描くことができた。
- 4) 以上より, nuclear cardiac single probe は bedside で心機能の測定に応用できる可能性のあることが示された。

## 文 献

- 1) Peter Lavender J: Clinical and experimental applications of Krypton 81m. London, British Institute of Radiology, 1978
- 2) Nakamura M, Suzuki Y, Tomoda H: A quantitative approach for correction of back ground counts: Determination of left ventricular ejection fraction by radionuclide angiocardiology. IEEE Trans Bio Med BME-29: 523-530, 1982
- 3) Watanabe S, Suzuki T, Douglas K, et al: Monitoring right ventricular function with nuclear stethoscope and Kr-81m. J Nucl Med 23: 62, 1982
- 4) 西村恒彦, 植原敏男, 林田孝平, 他: <sup>81</sup>Kr による右房, 右心機能に関する研究——intervention study への応用——. J Nucl Med 18: 1431, 1981
- 5) Dean FW, Natarajan TK, Summer W, et al: Right ventricular ejection fraction measured by first pass intravenous Krypton-81m: Reproducibility and comparison with Technetium-99m. Am J Cardiol 56: 776, 1985
- 6) Horn M, Witzum K, Neveu C, et al: Krypton-81m imaging of right ventricle. J Nucl Med 26: 33, 1985
- 7) Knapp WH, Helus F, Lamorecht RM, et al: Kr-81m for determination of right ventricular ejection fraction (RVEF). Eur J Nucl Med 5: 487, 1980
- 8) Horn M, Witzum K, Noven C, et al: Krypton-81m imaging of right ventricle. J Nucl Med 26: 33, 1985

## Summary

### Monitoring of RV Function by the Nuclear Cardiac Single Probe and Kr-81m —First Pass Transient Study—

Takashi UNO\*, Sachiro WATANABE\*, Motoyuki ISHIGURO\*,  
Nobuyoshi SUGISHITA\*, Takao YASUE\*\*, Hiroshige OHASHI\*\*,  
Norihiko MORITA\*\*, Hiroshi ODA\*\*, Akira GOTO\*\*\*,  
Taketoshi MIZUTANI\*\*\* and Hiroshi MIYAKE\*\*\*

*\*Division of Cardiology, \*\*Department of First Internal Medicine,*

*\*\*\*Department of Radiology, Prefectural Gifu Hospital*

We develop the new method of monitoring right ventricular (RV) ejection fraction by single probe and Kr-81m. Kr-81m is eliminated almost entirely by the lung without reaching the left ventricle.

This makes possible monitoring RV ejection fraction without left heart activity and with low background activity. Kr-81m was injected serially as a bolus (2–3 ml) of 5% glucose solution eluting a rubidium-krypton generator. RV ejection fraction was calculated from the first pass time-activity curve after correcting for background. RV ejection

fraction by omniscopes showed a good agreement with camera-RV ejection fraction.

And simultaneous display of RV time-activity curve with ECG and phonocardiogram was done. The effect of sublingual nitroglycerin on RV ejection fraction by omniscopes was also monitored. This new method is potentially useful in the coronary care unit and intensive care unit, where a rapid estimation of RV ejection fraction is needed.

**Key words:** Right ventricular function, Kr-81m, Nuclear cardiac single probe.