

コンダクタンスボリューム測定器

堀 正二* 是恒之宏*
 児玉和久** 山本一博**

心周期にともなう左心室容積変化は心機能評価の上で重要な因子の一つであり、従来超音波クリスタル法、サーボポンプ、心エコー法、R1 アンギオグラフィー、左室造影等が広く用いられてきた。しかし心エコー法はあくまで dimension を測定し近似式より左室容積を求めているため正確には“volume”を求める方法とは言い難い。また R1 アンギオグラフィーは複数の心拍の平均から容積を求めるため、一心拍ごとの変化を求めることができない。左室造影は DSA を使用することにより一回一回に使用する造影剤の量は減少したが、総使用量の制限があるため、経時的に左室容積を計測することは困難である。これらの方法に比し短時間に繰り返し左室容積の測定を可能にするため考案されたのがコンダクタンスカテーテルである。このカテーテルは左室容積が左室内インピーダンスの関数により求めることが可能であることに着目し開発されたものである¹⁾。本文では簡単にコンダクタンスカテーテルにつき紹介する。まず測定原理について簡単に述べる。

コンダクタンスカテーテルの先端には8極の電極が一定間隔に装着されており(図1)、大動脈弁を通して左室内に挿入し、第7極目と第8極目の間に大動脈弁が位置するように留置する(図2)。カテーテルと心室容積測定装置を接続し、両端の電極(第1極目と第8極目)に微弱電流(20 kHz, 30 μA)を定常的に流し第2極目から第

7極目までの各電極間(2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7)においてコンダクタンスの変化を経時的に計測し、以下の変換式より左室容積を求める。

$$V(t) = \Sigma \alpha * L^2 / \sigma * Gi(t) - Vc$$

V(t) : 時刻 t における左室容積

α : 定数

L : 各電極間距離

σ : 血液の電気伝導率

Gi(t) : 各電極間のコンダクタンス

Vc : 補正項 (パラレルコンダクタンスに基づく)

定数 α は個人間で相違があるため thermodilution method, 左室造影等により補正しなくてはならない。

$$\alpha = SV \text{ (other method)} / SV \text{ (cond cath)}$$

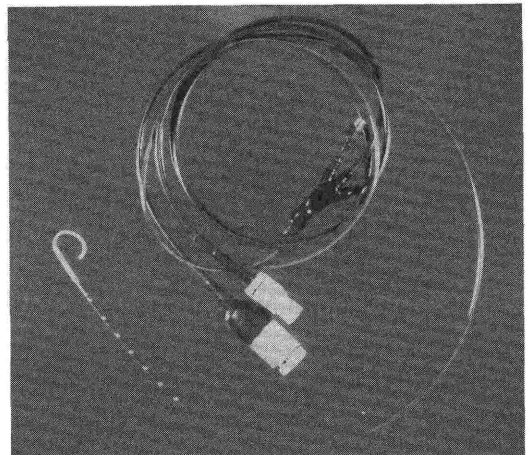


図1 コンダクタンスカテーテル

*大阪大学第一内科

**大阪警察病院心臓センター

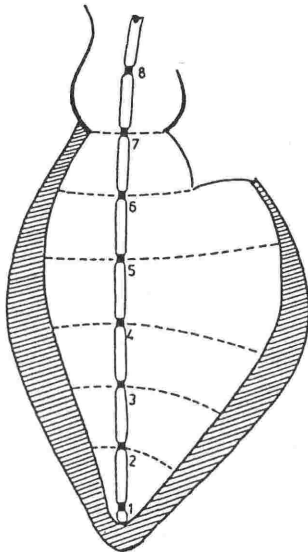


図2 コンダクタンスカテーテルを左心室に挿入した際の模式図(文献1より引用)

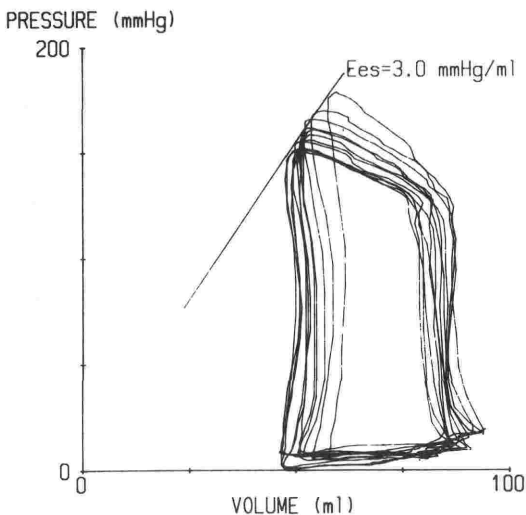


図3 コンダクタンスカテーテルを用いて描いた圧容積曲線の一つ例。収縮末期圧容積関係は下大静脈閉塞法により求めた。
Ees=収縮末期圧容積関係の傾き

SV (other method): 左室造影等で方法で求めた stroke volume

SV (cond cath): $\alpha=1$ としてコンダクタンスカテーテルにより求めた stroke volume

補正項 Vc は心筋等左室腔の周囲組織のコンダ

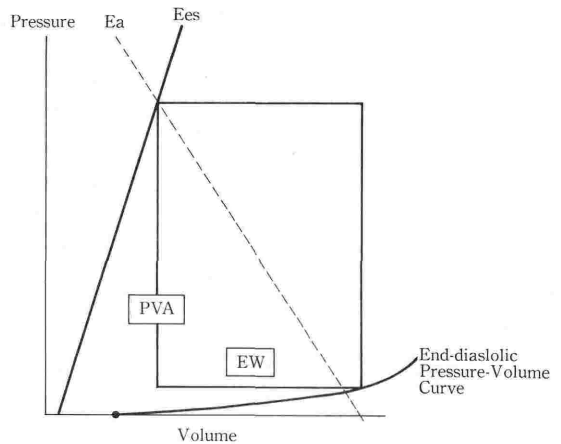


図4 圧容積曲線より得られる指標。
Ea=effective arterial elastance, Ees=収縮末期圧容積関係の傾き, EW=external work, PVA=pressure-volume area.

クタンスつまりパラレルコンダクタンスに基づく値であり、収縮期、拡張期を通して一定であると仮定し、いわゆる dilution method²⁾ を用いて求める。

ただし測定を開始する前に、カテーテルの第7極と第8極の間に大動脈弁が位置するよう挿入されていることを確認する必要がある、第7-8極の間のコンダクタンスの変化が心周期に合わせて他の電極間と同様の増減を示していることを確認しなくてはならない。

コンダクタンスカテーテルを用いて求めた左室容積の reliability についてはすでにいくつかの施設から報告されている¹⁾⁻⁵⁾。

コンダクタンスカテーテルを用いて左室容積を求めると同時に左室圧の計測を行なうと左室圧容積曲線を描くことが可能である。先端に tip-manometer を装着したコンダクタンスカテーテルを用いて描いた圧容積曲線の一つ例を示す(図3)。下大静脈閉塞法を用い前負荷を変化させることにより、経時的に圧容積曲線を描き収縮末期圧容積関係を求めることが可能である。さらに本手法を用いることにより effective arterial elastance, 機械的エネルギー効率 (external work/pressure-volume area), end-diastolic pressure-volume curve などの指標も求めることができ、心機能、動脈-左室適合様式などの把握が可能となる(図4)。また、本手法は繰り返し

行なうことが可能であり、薬剤の効果判定やその他の治療効果を経時的に評価し得る。

以上述べたようにコンダクタンスカテーテルによる左室容積測定は従来の方法に比し利点も多く、これまでも動物モデルを用いた実験のみならず臨床研究においても用いられている⁶⁾⁻¹⁰⁾。我々も本手法を用いて陳旧性心筋梗塞患者において心機能低下の重症度によりカテコラミンに対する動脈-左室適合様式の反応に相違があることや⁸⁾、心房収縮及び心室収縮様式が動脈-左室適合様式に与える影響を検討する⁹⁾等これまで臨床的に得ることのできなかつた情報が得られつつある。今後さらに広く活用され、これまで得られなかつた情報を提供してくれるものと期待される。

参考文献

- 1) Baan, J., Jong, T. T. A., Kerkhof, P., et al.: Continuous stroke volume and cardiac output from intraventricular dimensions obtained with impedance catheter. *Cardiovasc Res* 15:328-334, 1981.
- 2) Baan, J., Van der Velde, E. T., De Bruin, H. G., et al.: Continuous measurement of left ventricular volume in animals and humans by conductance catheter. *Circulation* 70:812-823, 1984.
- 3) Burkhoff, D., Van der Velde, E., Kass, D. A., et al.: Accuracy of volume measurement by conductance catheter in isolated ejecting canine hearts. *Circulation* 72:440-447, 1985.
- 4) McKay, R. G., Spears, J. R., Aroesty, J. M., et al.: Instantaneous measurement of left and right ventricular stroke volume and pressure-volume relationships with an impedance catheter. *Circulation* 69:703-710, 1984.
- 5) Applegate, R. J., Cheng, C. P., Little, W. C.: Simultaneous conductance catheter and dimension assessment of left ventricle volume in the intact animal. *Circulation* 81:638-648, 1990.
- 6) Nozawa, T., Yasumura, Y., Futaki, S., et al.: Efficiency of energy transfer from pressure-volume area to external mechanical work increases with contractile state and decreases with afterload in the left ventricle of the anesthetized closed-chest dog. *Circulation* 77:1116-1124, 1988.
- 7) Kass, D. A., Midel, M., Graves, W., et al.: Use of a conductance (volume) catheter and transient inferior vena caval occlusion for rapid determination of pressure-volume relationships in man. *Cathet Cardiovasc Diagn* 15:192-202, 1988.
- 8) Yamamoto, K., Matsumura, Y., Okazaki, Y., et al.: Effect of inotropic reserve on left ventriculo-arterial coupling (abst). *Circulation* 78(suppl II):II-105, 1988.
- 9) Yamamoto, K., Kodama, K., Hirayama, A., et al.: The effect of atrial contraction and synchronicity of cardiac contraction on ventriculo-arterial coupling (abst). *J Am Coll Cardiol* 13(suppl A):206A, 1989.
- 10) Kass, D. A., Midel, M., Brinker, J., et al.: Influence of coronary occlusion during PTCA on end-systolic and end-diastolic pressure-volume relations in humans. *Circulation* 81:447-460, 1990.