

心収縮性の新しい指標： Preload-adjusted peak power (Preload-adjusted PWRpeak)

— 臨床応用の可能性 —

野崎 淳平*, 田中 克哉**, 北畑 洋*
川人 伸次*, 大下 修造*

はじめに

心拍数, 前負荷, および後負荷に影響されない心収縮性の有用な指標として, 現在, 左室エラストランス (Ees)¹⁾, あるいは外的仕事量-拡張末期容積関係 (PRSW) の傾き Mw ²⁾ がある. しかし, これらの指標を求めるためには左室内圧および左室容積の測定, および前負荷もしくは後負荷を変化させる必要があり, 生体への侵襲が大きく手技も複雑なため臨床応用は困難である.

1991年 Kass ら³⁾ は, 心収縮性の新しい指標として preload-adjusted maximal ventricular power (preload-adjusted PWRmax) を報告した. この指標は, 以前に報告されていた PWRmax (上行大動脈圧と大動脈血流量もしくは左室容積変化率の積の最大値) を左室拡張末期容積の2乗で除することにより前負荷の影響を補正したものである. この指標の利点として前・後負荷を変化させる必要がなく1心周期で測定できる点が挙げられるが, 上行大動脈圧ならびに大動脈血流量もしくは左室容積を測定する必要があり, 侵襲的な指標であることに変わりない. 1998年 Mandarino ら⁴⁾ は左室短軸像の内腔の境界を on-line で自動識別する自動境界認識機能を有する心エコー装置を使用することにより左室容積変化を左室断面積変化で代用し, さらに左室拡張末期面積の3/2乗で除することにより前負荷の影響を補正する新しい指標を提唱し

た. 彼らの方法では, 大動脈血流量もしくは左室容積を侵襲的に測定する必要はなくなったが, 上行大動脈圧の測定は依然として必要である.

今回, 著者らは, 上行大動脈圧波形の代用として末梢動脈圧波形を, また左室容積変化の代用として心エコーを用いて算出した左室断面積変化を使用し, PWRmax の代わりに PWRpeak (末梢動脈圧の最大値と左室断面積変化率の最大値の積) を用いた preload-adjusted PWRpeak が新しい心収縮性の指標となりうるかどうか検討した.

対象と方法

本研究は徳島大学医学部動物実験委員会の承認を得た. 雑種イヌ (n=16) をペントバルビタール $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 静注により麻酔し, 気管挿管の後100%酸素で人工換気を行った. 麻酔の維持は, フェンタニル $0.3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, ベクロニウム $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ の持続静注で行った. 左開胸後, 心尖部より左室内に, 左内頸動脈より上行大動脈に, そして左大腿動脈にそれぞれマイクロマノメータカテーテルを挿入, 留置した. さらに, 心尖部より左室内へコンダクタンスカテーテルを挿入し, 留置した. 前負荷を変化させるため, 左大腿静脈から8Fr フォガティ-カテーテルを挿入し, 横隔膜レベルにバルーンが位置するように留置した. Ees および Mw は, 一過性に前負荷を変化させて得られた複数の圧-容積軌跡からそれぞれ算出した. 心表面よりエコープローブで乳頭筋レベルの左室短軸像を描出し, 自動境界認識機能を用い左室断面積の経時波形を記録した. 心電図, 上行大

*徳島大学医学部麻酔学教室

**Department of Anesthesiology, Medical College of Wisconsin

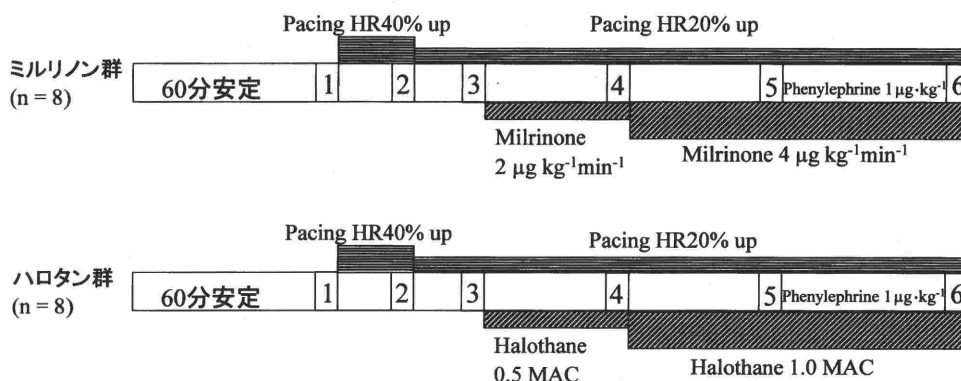


図1 実験プロトコールと測定ポイント

- 測定ポイント 1. コントロール 2. ペーシング（心拍数40%増加）後
 3. ペーシング（心拍数20%増加）後
 4. Milrinone $2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ or Halothane 0.5 MAC 投与後
 5. Milrinone $4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ or Halothane 1.0 MAC 投与後
 6. Phenylephrine $1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 投与後

動脈圧，大腿動脈圧，左室内圧，左室容積，および左室断面積の波形をADコンバーターを介し同一時間軸上に入力した。Preload-adjusted PWRpeakは左室断面積時間変化率の最大値と大腿動脈圧の最大値の積を左室拡張末期面積の3/2乗で除して補正した。

前処置として両側迷走神経切断，およびアトロピン $0.1 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，プロプラノロール $1 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ を静注し自律神経反射の影響を除外した。

手術操作終了60分後で，循環動態が安定しているのを確認した後に測定を開始した。実験プロトコールと測定ポイントを図1に示す。各測定ポイントで，まず最初に約10秒間データを記録した後バルーンで前負荷を変化させ，全てのデータを記録した。このとき同時に複数の圧-容積軌跡を記録してEesおよびMwを算出した。図1に示すように，コントロール値を測定した後，心拍数を約40%増となるように心房ペーシングを行い同様の手順で測定した。その後，心拍数は安定時の約20%増で心房ペーシングした。さらに心収縮性を抑制するためのハロタン群(n=8)と心収縮性を増強させるためのミルリノン群(n=8)の2群に分けた。ハロタン群はハロタン0.5 MAC，1.0 MACを吸入させ，それぞれ30分後に測定した。ミルリノン群ではミルリノン $2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ， $4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ を投与し，それぞれ30分後に測定した。最後に後負荷の変化の影響を評価するため，

フェニレフリン $1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ を投与し，測定した。統計処理は，心拍数，前負荷，および後負荷のpreload-adjusted PWRpeakに及ぼす影響を検討するため，各測定間における有意差はrepeated measures analysis of varianceで行った。Post hoc testはScheffe's testで行い， $P < 0.05$ を有意差ありとした。またpreload-adjusted PWRpeakとEesおよびMwとの相関関係を検討し，決定係数(r^2)を求めた。

結 果

心拍数，前負荷，および後負荷のpreload-adjusted PWRpeakに及ぼす影響に関しては，心拍数を40%増加させてもpreload-adjusted PWRpeakは有意な変化を認めなかった。またpreload-adjusted PWRpeakは大動脈圧がコントロール値の160%に増加するまで有意な変化を示さず，左室拡張末期面積がコントロール値の40%にまで低下しても有意な変化を認めなかった。preload-adjusted PWRpeakとEesの相関関係を図2に，preload-adjusted PWRpeakとMwの相関関係を図3に示す。preload-adjusted PWRpeakとEesの間($r^2=0.80$)，およびpreload-adjusted PWRpeakとMwの間($r^2=0.75$)にはともに非常に高い決定係数を認めた。

考 察

EesおよびMwは，前・後負荷の変化の影響を

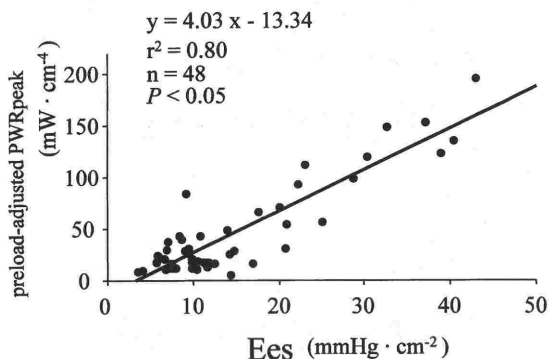


図2 preload-adjusted PWRpeak と Ees の相関関係
測定は各対象につき図1の測定ポイント3, 4および5の3ポイントで行った。PWRpeak はそれぞれの測定ポイントで安定した10心拍の平均値から求めた。

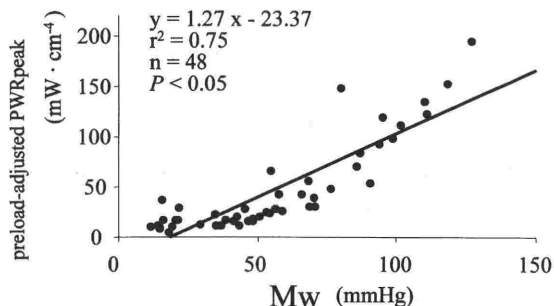


図3 preload-adjusted PWRpeak と Mw の相関関係
測定は各対象につき図1の測定ポイント3, 4および5の3ポイントで行った。PWRpeak はそれぞれの測定ポイントで安定した10心拍の平均値から求めた。

受けない心収縮性の指標として広く認められている。Kassら³⁾は、心収縮性の新しい指標として preload-adjusted PWRmax を提唱し、Ees との間に $r=0.82$ の相関関係があったと報告している。また Mandarino ら⁴⁾が提唱した心エコーの自動境界認識機能を用いた preload-adjusted PWRmax は、それぞれ Ees と $r=0.90$ 、PRSW と $r=0.83$ の相関関係があったと報告している。今回著者らが提唱した preload-adjusted PWRpeak も、Kass ら³⁾ および Mandarino ら⁴⁾ が提唱した preload-adjusted PWRmax と同様に、Ees および Mw との間に非常

に高い相関関係を認めた。しかし、著者らが提唱した preload-adjusted PWRpeak には、心収縮性の指標として臨床応用する上でいくつかの問題点が存在する。すなわち、1) 大動脈圧と末梢動脈圧の間には圧格差や時相のずれが存在すること、さらに2) 心臓には弁が存在するために preload-adjusted PWRpeak が実際に左心室の収縮性を正確には反映していない可能性が考えられる。しかし、今回の研究結果では、preload-adjusted PWRpeak は心拍数、前負荷、および後負荷の影響を受けず、確立された心収縮性の指標である Ees および Mw と非常に高い相関関係を認めており、心収縮性の指標となりうる可能性が示唆される。ただし、臨床応用に際しては、橈骨動脈圧波形と自動境界認識機能による左室断面積波形から算出する preload-adjusted PWRpeak が心収縮性の指標となりうるかどうか更なる研究が必要である。

まとめ

イヌを使用し、大腿動脈圧波形と、心エコーの自動境界認識機能を利用して得られた左室断面積の経時変化から算出した preload-adjusted PWRpeak が新しい心収縮性の指標になりうるかどうか検討した。Preload-adjusted PWRpeak は心拍数、前負荷、および後負荷の影響を受けず、Ees および Mw との間に非常に高い相関関係を認めた。

文献

- 1) Suga H, Sagawa K, Shoukas AA : Load independence of the instantaneous pressure-volume ratio of the canine left ventricle and effects of epinephrine and heart on the ratio. *Circ Res* 32 : 314-322, 1973
- 2) Glower DD, Spratt JA, Snow ND, et al : Linearity of the Frank-Starling relationship in the intact heart: The concept of preload recruitable stroke work. *Circulation* 71 : 994-1009, 1985
- 3) Kass DA, Beyar R : Evaluation of contractile state by maximal ventricular power divided by the square of end-diastolic volume. *Circulation* 84 : 1698-1708, 1991
- 4) Mandarino WA, Pinsky MR, Gorcsan J : Assessment of left ventricular contractile state by preload-adjusted maximal power using echocardiographic automated border detection. *J Am Coll Cardiol* 31 : 861-868, 1998