

バルサルバ負荷による左室
収縮時間の変化について：
心エコー図と心機図の対比
研究

Alterations in left ven-
tricular systolic time in-
tervals induced by Val-
salva maneuver: An
echocardiographic-me-
chanocardiographic cor-
relative study

横山 永
石澤 一甫
岡田 守仁
松森 昭*
川下 憲二**

Hisashi YOKOYAMA
Kazutoshi ISHIZAWA
Morihiro OKADA
Akira MATSUMORI*
Kenji KAWASHITA**

Summary

Alterations in left ventricular systolic time intervals and changes of left ventricular end-diastolic volume induced by the Valsalva maneuver were investigated. Four healthy Japanese males were the subjects and ranged in age from 27 to 37 years (mean: 34 years). Systolic time intervals and the left ventricular volumes were measured from the simultaneous recording of the electrocardiogram, phonocardiogram, indirect carotid artery pulse tracing, and the echocardiogram by Aloka SSD-90 echograph using strip chart recorder at a paper speed of 100 mm/sec. Performance of the Valsalva maneuver was standardized by inflating the cuff of mercury sphygmomanometer to keep the height of 30 mmHg, and the maintenance of the strain for 10 sec. Echocardiographic left ventricular volume was calculated as the cube of left ventricular dimension.

The results were as follows:

- 1) The left ventricular ejection time (LVET) gradually shortened during Valsalva strain (phase 2 of traditional phases) and took the lowest value immediately after the strain (phase 3).
- 2) On the other hand, the ratio of the pre-ejection period (PEP) to the LVET gradually increased

大阪鉄道病院 循環器内科
大阪市阿倍野区天王寺町 (〒 545)

* 京都大学医学部 第三内科
京都市左京区聖護院 (〒 606)

**彦根市立病院 内科
彦根市本町2丁目 (〒 522)

Department of Cardiology, Osaka Hospital of Japa-
nese National Railways, Tennoji-cho, Abeno-ku,
Osaka, 545

*The Third Department of Medicine, Faculty of
Medicine, Kyoto University, Shogoin, Sakyo-ku,
Kyoto, 606

**The Department of Medicine, Hikone City Hos-
pital, Hon-machi 2, Hikone, 522

Presented at the 13th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, September 25-26, 1976

Received for publication October 28, 1976

during phase 2 and took the highest value at phase 3.

3) The PEP was not stable during and after the strain, but increased, especially at phase 3.

4) These changes of the systolic time intervals were paralleled by a decrease in the left ventricular end-diastolic volume (LVEDV). Namely, the LVEDV was the smallest at phase 3 (a few beats immediately after the strain).

Although we did not examine systemic arterial pressure (systolic and diastolic), it was considered that the decreased LVET, increased PEP, and increased PEP/LVET ratio at phase 3 were mainly due to the markedly decreased LVEDV. Of course, changes in heart rate could not explain the above mentioned findings.

Key words

Valsalva maneuver Left ventricular end-diastolic volume Left ventricular ejection time Pre-ejection period

はじめに

バルサルバ負荷における左室収縮時間と左室前負荷との関連を主目的とした研究報告は非常に少ない。したがって、非観血的に見た左室機能の指標である PEP/LVET 比(左室前駆出時間と左室駆出時間の比)に及ぼすバルサルバ負荷の影響を分析するために、本研究を行った。

方 法

健康者 14 例に気管内圧を 30 mmHg 上昇させ、

10 秒間のバルサルバ負荷を行い、Aloka 製 SSD-90 にて紙送り速度 100 mm/sec で心エコー図 (UCG) を記録し、比較的良好な UCG, 心音, 心電図, 頸動脈波が同時記録された 4 例について検討を加えた。

心音用マイクはフクダ電子製 MA-250 を用い、通常心尖部で記録、頸動脈波用トランスデューサーにフクダ電子製 TY-303 を用いて、右頸動脈波を記録した。UCG の探触子は日本無線製 UST-2142-2.25 を用い、通常、第 3 または第 4 肋間胸骨左縁よりほぼ垂直にビームを投入し、心室中隔

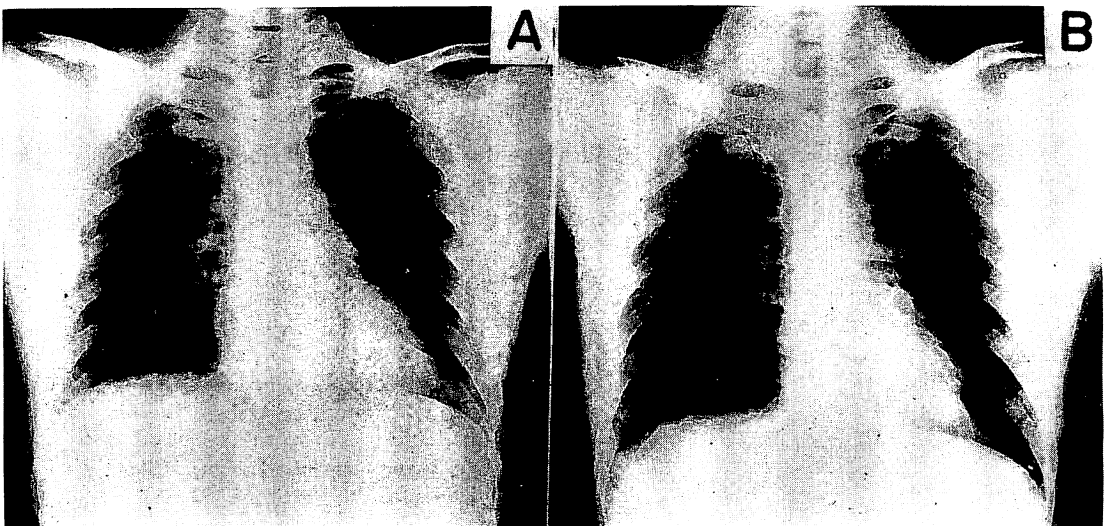


Fig. 1. Chest X ray films before (A) and during (B) Valsalva strain. Note definitely decreased cardiac silhouette during the strain.

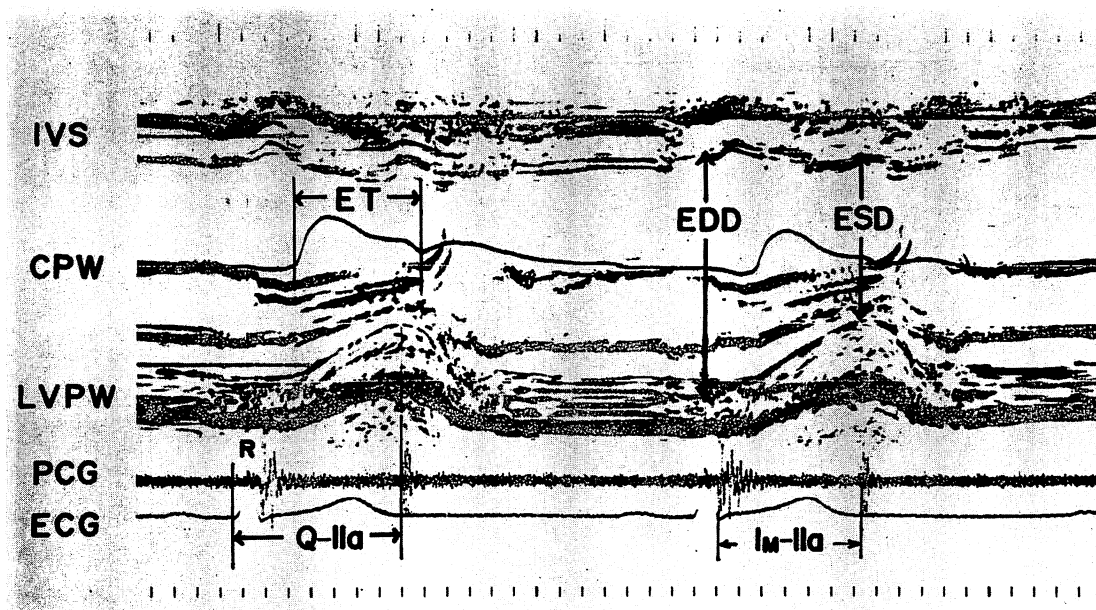


Fig. 2. Simultaneous phonocardiogram, electrocardiogram (lead II), external carotid pulse wave, and echocardiogram.

$$PEP=Q-IIa-ET, Q-Im=Q-IIa-Im-IIa, EICT=PEP-Q-Im, LVEDV=(EDD)^3, LVESV=(ESD)^3, SV=LVEDV-LVESV, EF=(SV/LVEDV)\times 100, CO=SV\times HR/1000.$$

と左室後壁が最も明瞭に記録できる方向で、バルサルバ負荷前と中、後を用手にて固定し記録した。

記録後のデータから、心電図より心拍数 (HR) を、左室駆出時間 (LVET), 左室前駆出時間 (PEP), PEP/LVET 比, Q-IM, EICT (左室等容収縮時間) を, Fig. 1 に示される方法で算出した。UCG からは, Fig. 1 に示されるごとく、左室拡張末期短軸径 (EDD) と収縮末期短軸径 (ESD) を求め、Pombo の式¹⁾より左室拡張末期容積 (EDV), 左室収縮末期容積 (ESV) を算出し、一回拍出量 (SV), 駆出率 (EF), 分時拍出量 (CO) を求めた。レントゲン学的に心陰影の縮小の程度を見るために、バルサルバ負荷前と負荷中 10 秒後の胸部レントゲンを撮影して、参考に供した (Fig. 2)。

結 果

Fig. 3 に代表例を示す。矢印から矢印までが、

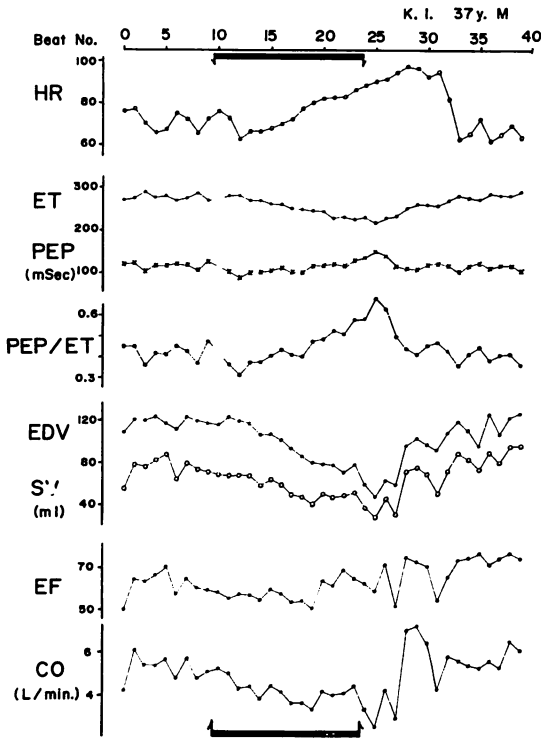
バルサルバ負荷を示している。心拍数はバルサルバ負荷により徐々に増大して負荷後に最高値をとり、以後、減少する。ET は負荷直後 (バルサルバ負荷第 3 相) に最も短縮し、その時期に PEP と PEP/ET 比は、最も増大する。

一方、EDV, SV, CO は、この時期に、最も減少していることがわかる。

Fig. 4 は、バルサルバ負荷前に対する負荷直後 (第 3 相) の変化率を示す。第 3 相では、LVET は有意に短縮、PEP は有意に増大する。一方 Weissler の式²⁾を用いて、HR の補正を行ってもこの傾向は変わらず、やはり有意差を示した。

考 案

ここで述べているバルサルバ負荷は、単に、深吸気で息を止めることではない。Sarnoff³⁾ が指摘するように、深吸気で、強く“きばる”ことにより気管内圧を高めたときに、始めて、前述した



心機図, および, 左室容積の変化をきたした. 本研究を始める前に, 呼吸を止めることにより, 心機図のパラメーターが動くかどうかを検討したことがあるが, 呼吸をどの時相で止めようとも, “きばらぬ” 限り, ほとんど, 影響は無いものと考えられた(別の研究データ).

バルサルバ負荷による影響は, 通常, 血圧の変動に基づき, 第1相から第4相まで分かたれる. Hamilton⁴⁾によれば, 第1相は血圧が上昇, 脈圧がやや開くが, 心拍数に変動なし. 第2相は, 肺血管床の血液が減少して, 心室への血液充満が減少し, 血圧が低下して脈圧も小さくなる. 第3相は, バルサルバ負荷直後で, 血圧がさらに低下する. 第4相は, その後で, 心室への血液充満がよ

◀ Figure 3. Responses of the heart rate, systolic time intervals and echocardiographic parameters induced by the Valsalva strain on a beat to beat analysis.

Signal marks indicate beginning and end of Valsalva strain.

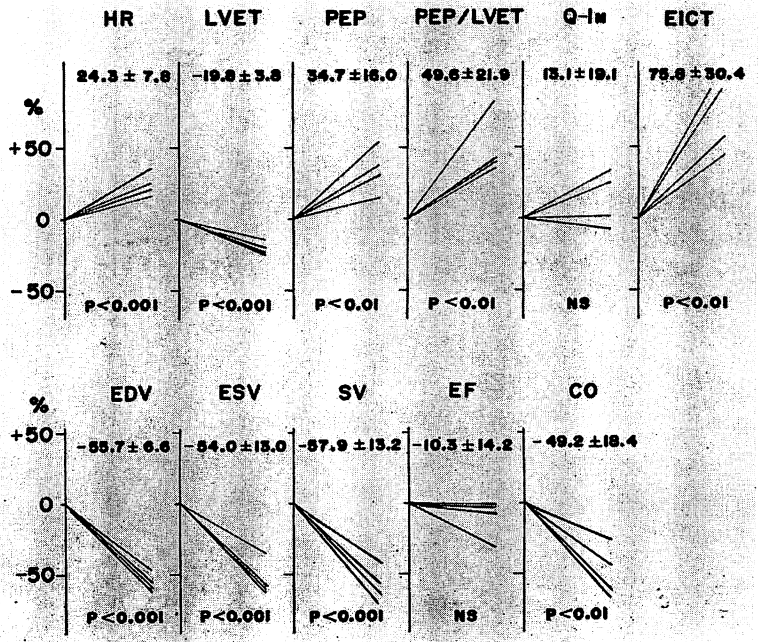


Fig. 4. Percent changes of heart rate, systolic time intervals and echocardiographic parameters at phase 3, when comparing with control (before the strain).

Values are mean ± SD. Percent changes in LVETc and PEPc corrected for heart rate were $-6.5 \pm 2.5\%$ ($p < 0.01$), $+32.0 \pm 13.1\%$ ($p < 0.01$), respectively.

くなり、脈圧は開き、収縮期圧、拡張期圧がともに増大する。

第3相で、血圧が最も低下する理由として、前述の Sarnoff³⁾ は、バルサルバ負荷により気管内圧が上昇していたものが急に消失するので、スポンジ様の肺の圧排された血管床が急激に広がり、瞬間的に右心室から拍出された血液を吸収して、左室への静脈還流を減すために、左室からの拍出量が減じ、血圧が低下すると考えている。

本研究において、バルサルバ負荷第3相で ET、PEP の動きが最も顕著であり、この ET の短縮と PEP の増大は、左室前負荷の減少で、一元的に説明されるように思われた。しかし、Flessas ら⁵⁾ は、ET の短縮はおこるが、PEP はほとんど動かなかったとしている。その理由として、1 つは、拡張期血圧の低下は PEP を短縮させるが、一方、EDV の減少と SV の減少が PEP を増大させるために消去し合うからであろうと述べ、また、他の考え方として、HR の増大は PEP を短縮させるが、一方、SV の減少が PEP を増大させるために、互いに消去し合うと考えている。しかし、我々が本研究で得た結論によれば、第3相で CO の減少が HR の増大で代償されなかったように、互いに消去し合うといっても、どうしても強い要素に引っぱられるわけであり、ET 短縮と PEP 増大は、おもに左室前負荷の著しい減少により、惹きおこされるものと考えたい。血圧の変動や、

HR の動きは、静脈還流変動により二次的に起こる動きであり、心機図における ET の短縮と PEP の増大のおもな因子は、左室前負荷の減少と考えられた。PEP に関する結論は我々のものと Flessas ら⁵⁾ の報告と異なるようであり、今後、PEP に焦点をあてて、もう一度症例をふやし、確認作業を急ぎたいと考えている。

本研究要旨は、第41回日本循環器学会近畿地方会総会(1976年6月12日)において発表した。

文 献

- 1) Pombo JF, Troy BL, Russell RO Jr: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* **43**: 480, 1971
- 2) Weissler AM, Harris WS, Schoenfeld CD: Systolic time intervals in heart failure in man. *Circulation* **37**: 149, 1968
- 3) Sarnoff SJ, Hardenbergh E, Whittenberger JL: Mechanism of the arterial pressure response to the Valsalva test: The basis for its use as an indicator of the intactness of the sympathetic outflow. *Amer J Physiol* **154**: 316, 1948
- 4) Hamilton WF, Woodbury RA, Harper HT Jr: Physiologic relationships between intrathoracic, intraspinal and arterial pressures. *JAMA* **107**: 853, 1936
- 5) Flessas AP, Kumar S, Spodick DH: Effects of the Valsalva maneuver on the cardiac systolic intervals: Beat-to-beat versus timed analysis. *Amer Heart J* **80**: 522, 1970