

小児の左室収縮時間：観血的左心機能指標との対比

Systolic time intervals in children: Its comparison to the invasive parameters of left ventricular function

神谷 哲郎
西岡 研哉
中野 博行
森 忠三

Tetsuro KAMIYA
Kenya NISHIOKA
Hiroyuki NAKANO
Chuzo MORI

Summary

In order to study the meaning of systolic time intervals (STI) in children, STI were compared to the parameters of left ventricular function obtained by invasive method. External carotid pulse, phonocardiogram, intracardiac (aortic and left ventricular) pressure and its first derivative were recorded simultaneously with polygraph DR-12 made by Electronics for Medicine (Fig. 1). Pressure was measured by catheter-tip manometers. Forty-three cases analyzed are listed in Table 1. Correlation between external STI (derived from external carotid pulse) and internal STI (derived from direct aortic pressure) was quite sufficient to assure the accuracy of the value of external STI (Figs. 2~4). Correlation matrix between external STI and parameters of left ventricular function is shown in Table 2. Aortic diastolic pressure (afterload) seemed to correlate well with each values of STI, whereas left ventricular end-diastolic pressure (preload) and STI correlated poorly. Correlation between ejection fraction (EF) as an index of pump function, and STI was rather high, although that between indices of muscle mechanics ($p-dp/dt$, V_{pm} , V_{max} and mV_{cf}) and STI was low in general. EF highly correlated with PEP/ET ($r = -0.73$ internally and -0.63 externally), if one case of infant (open circle in the figure) with heart failure is omitted (Fig. 6). Heart rate seems to affect STI (Table 4), and correction of STI by heart rate (PEP index and ET index) were made in this study.

Key words

Systolic time intervals Left ventricular function

はじめに

近年、非観血的方法を用いた心機能の測定が盛んとなり、systolic time intervals (以下 STI)

も、その手段の1つとして用いられている。非観血的方法での妥当性を証明するための1つの方法として、観血的方法による心機能諸指標との対比が行われるが、小児において STI を観血的な心機

京都大学医学部 小児科
京都市左京区聖護院川原町 54 (〒 606)

The Department of Pediatrics, Kyoto University,
Syogoin-Kawaramachi 54, Sakyo-ku, Kyoto, 606

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

Received for publication November 1, 1976

能分析で裏付けた報告はほとんどみられていない。我々は、小児における STI のもつ意義を検索するために、STI と観血的な心機能指標とを対比検討した。

方 法

通常の心カテーテル施行時に、頸動脈波、および心音図を心内圧と同時に記録した (Fig. 1)。

頸動脈波は、YHP pulse wave pick up 21051 D を用い、右頸動脈上で記録した。また体外心音図は、YHP 21050 A のマイクロフォンにより、胸骨左縁において記録した。心音アンプのフィルターは stethoscopic (120~500 Hz) を用いた。心内圧は Millar 社製 microtip pressure transducer で測定し、可能な限り左室圧、大動脈圧を記録した。このさい、大動脈圧は大動脈基部で測定するようにした。心内圧一次微分は時定数 1 msec の RC 回路で行った。心内心音図も同時に記録し、心音アンプのフィルターとしては、stethoscopic (120~500 Hz) を用いた。第 II 誘導心電図、頸動脈波、体内および体外心音図、心内圧およびその微分を、E for M・DR 12 を用いて同時に記録した。紙送り速度は毎秒 200 mm である。

記録された頸動脈波より、三心拍以上の計測を

平均して、ET, PEP, PEP/ET を求めた。後述のように、ET, PEP を観血的な左心機能指標と対比するさいには、Weissler らによる心拍数補正¹⁾を行い、index として用いた。左室圧一次微分曲線より $p-dp/dt$ を求め、左室圧とあわせて V_{pm} ²⁾, V_{max} ³⁾ を算出した。 V_{max} 算出には左室 developed pressure を用いた。一方、心血管造影により左室容量分析を行った。主肺動脈ないし左房造影を行い、主として秒 60 コマ前後方向 35 ミリシネで撮影し、Dodge らの方法⁴⁾により容量を求めた。一部の症例は、秒 6 枚 2 方向カットフィルムで撮影して容積を計算した。

対 象

症例は 43 例で、内訳は Table 1 のごとくである。9 例の二次孔心房中隔欠損、5 例の大動脈弁上狭窄、および 4 例の大動脈弁狭窄、4 例のファロー四徴、3 例の心室中隔欠損などとともに、心疾患の証明されない例(主として腹部腫瘍)を 4 例含んでいる。なお、分析した 43 例中、isometric contraction phase をもつと思われる例が 34 例で、もたないと思われる例が 9 例であった。年齢は生後 6 ヶ月から 17 歳で、平均 5 歳であった。ただし今回の検討にあたっては、年齢による差異、疾

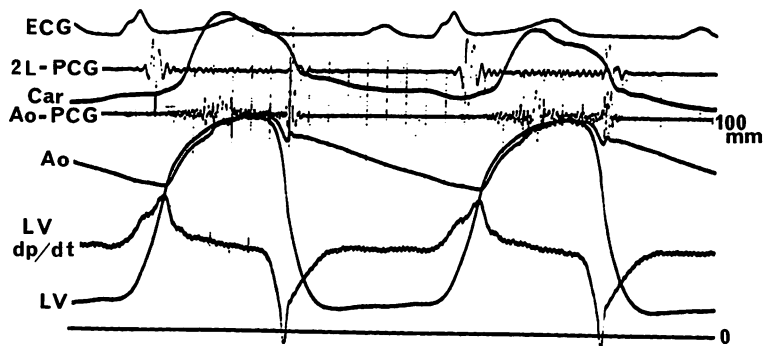


Fig. 1. A simultaneous record of carotid pulse, phonocardiograms and intracardiac pressures (paper speed 200 mm/sec, time scale 0.04 sec.).

ECG: electrocardiogram, 2L-PCG: phonocardiogram at the second intercostal space, Carotid: carotid pulse, Ao-PCG: phonocardiogram in the aorta, Ao: aortic pressure, LV dp/dt: first derivative of left ventricular pressure, LV: left ventricular pressure.

Table 1. Classification of the analyzed cases

ASD sec	9
SASS	5
AS	4
TF	4
VSD	3
MD	2
postop.	2
misc. HD	10
NHD	4
	43

ASD sec: atrial septal defect, secundum type, SASS: supra-ventricular aortic stenosis syndrome, AS: valvular aortic stenosis, TF: tetralogy of Fallot, VSD: ventricular septal defect, MD: myocardial disease, postop.: postoperative study, misc. HD: miscellaneous heart diseases, NHD: no heart disease

患による差異を考慮していない。

結 果

頸動脈波から計測された STI (これを以下 external STI と呼ぶ) と、直接大動脈圧から計測された STI (これを以下 internal STI と呼ぶ) とを対比してみると, Fig. 2, 3, 4 のごとくである。こ

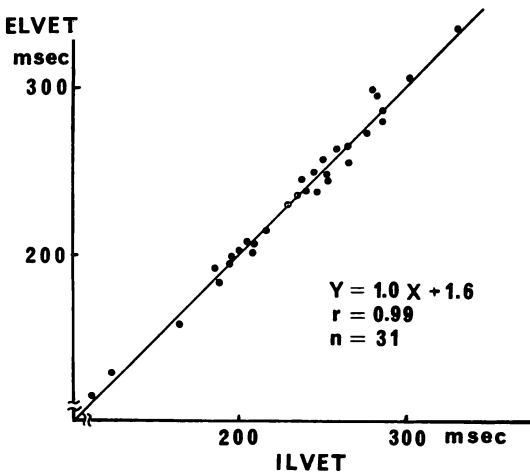


Fig. 2. Relationship between internal and external ejection times.

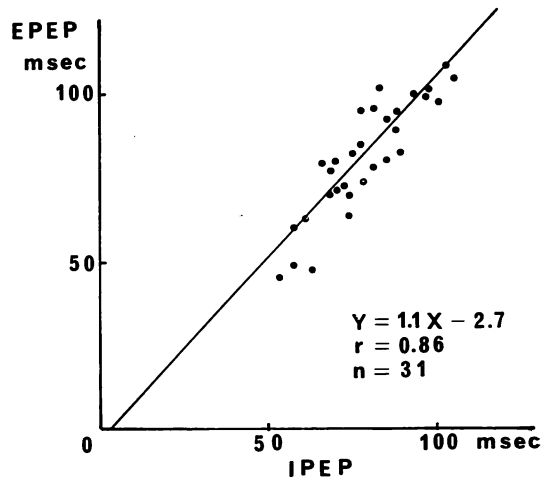


Fig. 3. Relationship between internal and external pre-ejection periods.

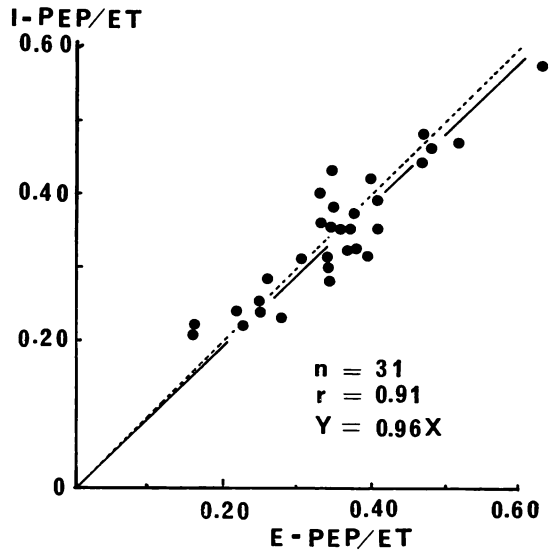


Fig. 4. Relationship between internal and external PEP/ET.

れらは、いずれも横軸に internal の値、縦軸に external の値をとって、ejection time (以下 ET), pre-ejection period (以下 PEP), PEP/ET の各指標について対比したものである。相関係数はそれぞれ $r=0.99, 0.86, 0.91$ であった。おのおのの回帰式は図に示すとおりである。

Table 2. Correlation matrix between the parameters of left ventricular function and external STI

	PEPI	ETI	PEP/ET	n
AoDP	0.34	-0.54	0.64	30
LVEDP	0.07	0.43	-0.05	34
p-dp/dt	0.07	0.14	0.33	33
V pm	-0.13	0.26	0.10	33
V max	-0.24	-0.12	-0.07	33
SI	-0.08	-0.08	-0.20	23
EF	-0.35	0.04	-0.36	23
mVCF	0.04	0.21	0.04	23

n : number of the cases

このようにして得られた STI が, 観血的左心機能指標をいかに反映しているかをみるために, external STI と各種観血的指標との相関係数を示したのが **Table 2** である. なお PEP と ET とは心拍数補正を行い, index (I) として表わしている. この matrix でみると, たとえば大動脈拡張期圧(後負荷)は, PEPI と 0.34, ETI と -0.54, PEP/ET と 0.64 で相関し, 左室拡張末期圧(前負荷)は, PEPI と 0.07, ETI と 0.43, PEP/ET と

Table 3. Correlation coefficient between the parameters of left ventricular function and internal or external PEP/ET

	I-PEP/ET	E-PEP/ET
V max	0.05 (25)	-0.07 (33)
V pm	0.20 (25)	0.10 (33)
p-dp/dt	0.46 (25)	0.33 (33)
t-V pm	-0.09 (25)	0.01 (33)
t-p-dp/dt	0.45 (25)	0.39 (33)
AoDP	0.61 (28)	0.64 (29)
LVEDP	-0.29 (25)	-0.05 (37)
SI	-0.52 (18)	-0.20 (22)
EF	-0.52 (18)	-0.36 (22)
mVCF	-0.09 (18)	0.04 (22)

() : number of the cases

-0.05 で相関していた. n は症例数を示すが, PEP/ET の r は n の数が 1~2 例少なくなっている. Vmax と external PEP/ET の相関は, **Fig. 5** に示すごとくで, $r = -0.07$ と, その相関はほとんどみられていない.

PEP/ET について, internal, external 両者の値と各種左心機能指標の値との相関係数を示すと **Table 3** のごとくである. **Table 3** のカッコ内は症例数である.

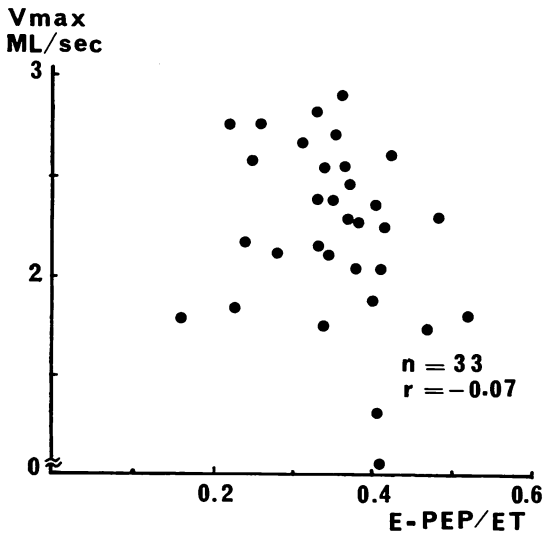


Fig. 5. Relationship between Vmax and external PEP/ET.

考 案

我々の検討では, external STI と internal STI とは $r = 0.86 \sim 0.99$ で相関しており, 通常の方法で非観血的に求められた STI は, 観血的にカテ先マノメータで測定した大動脈圧による STI とよく一致した. 両者の値がよく一致することは成人では認められているところである⁵⁾. 小児における頸動脈波は, 頸部が成人よりも短いこと, 呼吸性動揺が加わりやすいことなどがあって, 成人よりも記録が難しいこともあるが, しかし, 小児においても STI の値は時間的計測値としては十分正確であり, また十分実用に耐えうるものであると思われる. この点については, Moene らも 10 例の小児大動脈弁狭窄で, 両者がよく一致することを認めている⁶⁾. ただし, STI のうち ET

Table 4. Correlation between heart rate and STI

	Internal	External
PEP	-0.48 (31)	-0.50 (43)
ET	-0.49 (31)	-0.49 (43)
PEP/ET	0.49 (31)	0.33 (43)

(): number of the cases

については, internal と external がきわめてよく一致する ($r=0.99$) が, PEP については相関がやや低くなる ($r=0.86$). この理由の1つは, PEP のほうが時間が短いので, わずかな測定誤差にも影響されやすいことにあるが, そのほかに PEP の算出方法自体に由来する誤差が生じていると思われる. すなわち, 通常 PEP を求めるには, II 音大動脈成分 (A_2) と大動脈波切痕とが一致しているという仮定をもとにしているが, 実際にカテ先圧マノメータで大動脈圧をみると, 大動脈圧切痕は A_2 と一致していない (Fig. 1). 我々の計測では, 大動脈圧切痕から A_2 まで, 平均 8.2 ± 5.4 msec の間隔があった.

つぎに, STI には心拍数が影響することが知られているが¹⁾, 我々の症例について, 心拍数 (HR) と STI の相関係数を internal, external に分けてみると, Table 4 のごとくである. この結果からは PEP, ET, PEP/ET の internal, external と心拍数との相関を無視できないようである. 心拍数と PEP との相関⁷⁾や, 心拍数と PEP/ET の相関⁸⁾は低いという意見があるが, 我々の分析結果では, 相関係数がそれぞれ, -0.50 (PEP), 0.33 (PEP/ET) であった. 我々の症例とは年齢や疾患がまったく異なっていることが, 我々の得た相関係数とは異なった値をもたらした理由の1つであろう.

我々の分析では, PEP と ET とは Weissler らの方法¹⁾で補正して index として用い, PEP/ET は無補正で用いた. Weissler らの補正は成人についてのものであり, 小児について当てはまるという保証はないが, 小児についての適当な補正式がみられないところから用いたものである.

PEP/ET については, 我々は無補正のまま用いたが, ET の index に対する PEP の index の比 (PEPI/ETI) として, 補正を加えた形で求めることも可能ではある.

STI と観血的左心機能指標との相関について, 我々の成績は Table 2 に示したとおりである. 大動脈拡張期圧と, PEPI, ETI, PEP/ET の相関係数は比較的大きく, 後負荷によって STI のいずれもが影響されるであろうことが示されている. 左室拡張末期圧は ETI と比較的相関し, 前負荷が ETI に影響する可能性がある. Muscle mechanics の指標とされる peak dp/dt (p-dp/dt), Vpm, Vmax との相関はいずれも比較的低く, 一般に STI は muscle mechanics の指標とはなりにくいように思われる. ただし, これらの指標のうち, p-dp/dt は, PEP/ET と 0.33 , Vpm は ETI と 0.26 , Vmax は PEPI と -0.24 で相関し, 若干の相関はあるかもしれないと思われる. つぎに, ポンプ機能の指標との相関については, stroke index (SI) は STI と相関が低いようであった.

Ejection fraction (EF) は PEPI, PEP/ET と若干相関するようである. EF と internal および

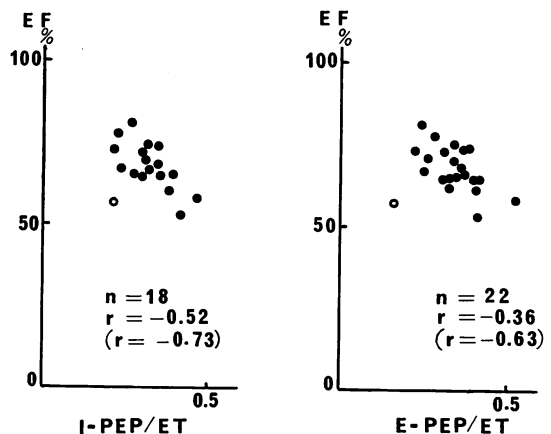


Fig. 6. Relationship between internal or external PEP/ET and ejection fraction.

Open circle: a case of infant.

external PEP/ET との関係は Fig. 6 に示す. 相関係数はそれぞれ $-0.52, 0.36$ である. 図の open circle の 1 例は, この図の中の症例でただ 1 例の乳児で, 心不全状態にあった. この乳児の 1 例だけが, 他の症例の逆相関の傾向に外れているので, この open circle の 1 例を除外してみると残りの例での相関係数は, 図のカッコ内に示すように, internal で -0.73 , external で -0.63 とかなり高い相関を示す. 乳児期には左室容積が小さいので誤差を伴いやすいのか, 乳児の EF は他の年齢層の EF と同一に扱えないのか, 乳児では PEP/ET が他の年齢層と同一には扱えないのか, 乳児例が他の症例と外れてきた理由は明らかでない.

文献的には STI と観血的左心機能指標との対比は, 小児についてほとんど行われていないようである. 成人についてはいくつかの報告がみられる. まず stroke volume (SV) については様々の相関関係が報告され⁷⁾, 疾患による差異がみられるようである. EF と PEP/ET とはやはり疾患による差異がみられるようであるが⁹⁾, $r = -0.90$ で相関したという報告もある⁷⁾. 大動脈拡張期圧, 左室拡張末期圧も STI に若干関係するようである⁷⁾.

Muscle mechanics の指標としては, Frank-Levinson の指標 $[(p-dp/dt)/MIP]/2\pi r$ と若干の相関がみられている⁹⁾. 一方, イヌを用いた実験では, PEP が $p-dp/dt$ とはよく相関するという^{10,11)}. これらの対比成績は相互に必ずしも一致しておらず, また我々の成績 (Table 2, 3) と必ずしも一致しない. 年齢, 疾患などにより差異を生じているのかもしれない. 我々の症例も, 今回は年齢差, 疾患別の差はまったく考慮していない. 以上, 従来ほとんど分析されていない小児における STI の意義を, 観血的左心機能で裏付ける端緒とするべく報告した.

結 語

1. 各種先天性心疾患を主とする小児の 43 例に

ついて, STI と観血的方法での心機能指標を対比した.

2. 頸動脈による STI (external STI) は, 直接大動脈圧による STI (internal STI) と時間的によく一致した.

3. 大動脈拡張期圧は, STI と相関する傾向をみせた. 左室拡張末期圧は, ETI とは若干の相関を示したが, PEP, PEP/ET とはほとんど相関しなかった.

4. Muscle mechanics を示すとされる指標と STI とは, 一般によく相関は示さなかった.

5. ポンプ機能の指標とされるものとの対比では, 乳児例を除けば, EF と PEP/ET とがかなりよく相関した.

本論文の一部の成績は第 41 回日本循環器学会近畿地方会総会に発表した.

ご校閲頂いた奥田六郎教授に感謝致します.

文 献

- 1) Weissler AM, Lewis RP, Leighton RF: The systolic time intervals as measure of left ventricular performance in man. *Progress in Cardiology* 1: 155, 1972
- 2) Mirsky I, Pasternac A, Ellison RC: General index for the assessment of cardiac function. *Amer J Cardiol* 30: 483, 1972
- 3) Mason DT, Spann JF Jr, Zelis R: Quantification of the contractile state of the intact human heart. *Amer J Cardiol* 26: 248, 1970
- 4) Dodge HT, Sandler H, Baxley WA, Hawley RR: Usefulness and limitations of radiographic methods for determining left ventricular volume. *Amer J Cardiol* 18: 10, 1966
- 5) Van de Werf F, Piessens J, Kesteloot H, De Geest H: Comparison of systolic time intervals derived from the central aortic pressure and from the external carotid pulse tracing. *Circulation* 51: 310, 1975
- 6) Moene RJ, Mook GA, Kruizinga K, Bergstra A, Bossina K: Value of systolic time intervals in assessing severity of congenital aortic stenosis in children. *Brit Heart J* 37: 1113, 1975
- 7) Garrard CL Jr, Weissler AM, Dodge HT: The relationship of alterations in systolic time intervals to ejection fraction in patients with cardiac

- disease. *Circulation* **42**: 455, 1970
- 8) Cokkinos DV, Heimonas ET, Demopoulos JN, Haralambakis A, Tsartsalis G, Gardikas CD: Influence of heart rate increase on uncorrected pre-ejection period/ left ventricular ejection time (PEP/ LVET) ratio in normal individuals. *Brit Heart J* **38**: 638, 1976
- 9) Ahned SS, Levinson GE, Schwartz CJ, Ettinger PO: Systolic time intervals as measures of the contractile state of the left ventricular myocardium in man. *Circulation* **46**: 559, 1972
- 10) Talley RC, Meyer JF, McNay JL: Evaluation of the pre-ejection period as an estimate of myocardial contractility in dogs. *Amer J Cardiol* **27**: 384, 1971
- 11) Metzger CD, Chough CB, Kroetz FW, Leonard JJ: True isovolumic contraction time. Its correlation with two external indexes of ventricular performance. *Amer J Cardiol* **25**: 434, 1970