From the Third Medical Clinic of Kyoto University (Director: Professor M. Maekawa, M. D.)

Relationship between Circulation Time and Cardiac Size

By

MASANORI KARAKAWA, MITSUNOBU EBISUDA,

SUSUMU YORIFUJI & MATSUZO IGUCHI

(Received for Publication, July, 2, 1953)

循環器疾患に於ける心臓の大きさと循環時間の関係に就いて

唐川正典 胡田光信

依藤進 井口松三

(京都大学医学部内科第3講座 (擔當 前川孫二郎教授))

The authors at first made formula from which assumed normal cardiac size could be calculated in reference to body-weight and length. Actual cardiac size/assumed normal cardiac size was called dilatation-gradient: actual cardiac size was measured by planimeter in its shadow in the direct postero-anterior projection of X-ray. Relationship between circulation time and dilatation-gradient was investigated in cases of congestive heart fail-

ure and non-congestive cardiac disease, and linear relationship was demonstrated between them. This does not mean that prolongation of real circulation time (decrease of blood velocity) is due to dilatation of heart. Because circulation-time, clinically used, shows not only the blood velocity but also the degree how much the drug injected is diluted by blood.

緒言

1922年 Koch¹⁾が Fluorescein を用い心臓疾患で循環時間(肘-肘時間)が延長する事を示して以来、循環時間の測定は心臓血管系統の疾患の循環機能や豫後を判定する上に大きな価値を持つものと認められ、その後幾多の循環時間測定方法が相次で發表された。今心不全に就ての循環時間の行蹟を通覧して見ると、一般に一致した意見として心不全患者では循環時間は著明に延長し、しかも心不全の程度と密接な關係に立つていて、殊に肺うつ血のある場合には著明に延長するとされている。しかし著者等の臨床經驗に依るも又從來の研究を見ても靜脈壓が上昇し、肺活量が減少し、反對にうつ血症狀が著明な患者でも循環時間がそれ程著明に延長しなかつたり、又逆に循環時間が著明に延長している心臓疾患であるのにうつ血症狀の無い者があつたりする。次に心筋の状態と循環時間との關係を看てみると肺結核患者ではしばしば心電圖上乃至剖檢上心筋障礙が認められるに拘らず、循環時間の延長する例は極めて少なく、殆んど全例に於て正常か乃至はむしろ稍短縮の傾向を示している。肺結核患者の心臓は正常人のそれより小さい事が多いのであるから、循環時間と心臓の大きさの間には何等かの關係があるのでは無かろうかと考えられる。

代償性心疾患の際には循環時間が延長しない事もあるが、比較的多くの場合循環時間が延長すると云われてい

る。所で心臓疾患に於ては代償期であつても心臓は多くの場合擴張しているから循環時間が延長するのは、心臓の擴張と關係があるのではないだろうかと考えられる。Nylin²⁾は心臓の擴張した患者では循環時間が延長している事を報告したが、Meneely, Chesunt³⁾は此の關係を更に明確にしようとして心臓患者の循環時間の對數を縦軸に、心臓の大きさを横軸にとり、此の兩者の間に直線的相關關係がある事を示した。Nathan son, Elek⁴⁾の云う様に循環時間の延長には從來考えられていたうつ血の外に心臓の擴大が重要な因子をなしていると考えられる。しかし心臓の擴張と云つても何を規準にして擴張と云うかが問題である。心臓の大きさは各人に依つて異つた正常値を持つ筈であり、各個人の全體との關係をはなれては心臓の大きさと云つても無意義である。そこで著者等は先ず身長と體重から各人の生理的な心臓の大きさを決定する方法を考案し、此を基礎として心臓患者の心臓の擴張度を決定し、此と循環時間との關係を考察し、この結果を批判的に研究した。

検査方法並びに成績

1) 循環時間

コレレチン法とロベリン法で循環時間を測定した。その測定結果は第1表の如く心不全患者では著明に延長している。

2) 心臓の大きさの測定

TABLE 1.

		Compensated cardiacs	Decom- pensated cardiacs	Anemia Hyperthy- roidism	The others
Cholera	Cases	28	12	4	16
	Circ. time (sec)	12.0~ 28.0	22.0~ 40.0	10.0~ 11.0	11.6~ 18.0
Lobelia	Cases	42	19	5	23
	Circ. time (sec)	9.4~ 31.0	17.6~ 56.0	8.0~ 11.0	7.0~ 18.0

遠距離「レ」線寫眞に就て心臓の投影を Amsler 型 Planimeter で測定し、この心臓の面積と、次に述べる様にして患者の身長と體重から求められる正常な心臓の面積との比を心臓擴張度とした。

心臓の大きさを示すのに Moritz⁵⁾は心臓の長さとの面積又は面積計で測定した心臓面積と身長との比を取り、斯様にして先ず正常の平均値 (Qm) を定め、此と任意の場合の心臓面積、身長比 (Qa) との比を求め、此を 100 倍して $\frac{Qa \cdot 100}{Qm}$ と云う係数を以てしたが、心臓の大きさが身長だけで決定されるとするのは大膽過ぎる假定であるから、著者等は身長、體重の兩者を規準にして、心臓の大きさを決定する事にした、その爲に日本人の男女夫々につき身長別、體重別に見た心臓の實大測定値⁶⁾を利用し、被検者の身長、體重から、被検者の心臓の生理的の大きさ(面積)を求める表を編成し、此を規準にして、被検者の心臓面積の擴張度を求めた。

(心臓擴張度

$$= \frac{\text{Planimeter で測定した心臓の面積}}{\text{身長體重から測定した心臓面積の理想的ノルム}}$$

前述の表の編成方法は次の通りである。

I) 先ず身長と心臓の面積との關係式を求める。身長 L 、體重 G 、心臓面積 S 、で表わすと日本人の男女夫々の身長別、體重別に見た心臓の實大測定値から L と $S^{\frac{1}{3}}$ が一次の關係にあると豫想されるから

$$L' = K_1 S^{\frac{1}{3}} \quad (\text{ここに } L' = L + 117) \quad \dots\dots\dots(1)$$

と置くことが出来る。

$$\therefore \log L' = \log K_1 + \frac{1}{3} \log S$$

$$\therefore \log L' - \frac{1}{3} \log S = \log K_1 \quad \dots\dots\dots(2)$$

心臓實大測定値と(2)から

$$\log K_1 = 1.45 \pm 0.002$$

$$\therefore K_1 = 28.19$$

$$\text{故に } (L + 117) = 28.19 S^{\frac{1}{3}} \quad \dots\dots\dots\text{式(I)}$$

II) 次に體重と心臓の面積との關係式を求める。この場合

$$S^{\frac{1}{3}} = K_2 G^{\frac{1}{3}}$$

なる關係式が成立すると豫想して K_2 を求めると

$$\frac{1}{2} \log S = \log K_2 + \frac{1}{3} \log G$$

$$\therefore \frac{1}{2} \log S - \frac{1}{3} \log G = \log K_2$$

當式と心臓實大測定値からして

$$\log K_2 = 0.416$$

$$\therefore K_2 = 2.6$$

$$S^{\frac{1}{3}} = 2.6 G^{\frac{1}{3}} \quad \dots\dots\dots\text{式(II)}$$

III) 最後に身長と體重を組合せて心臓の面積に關する式を求めるのであるが、その前に身長と體重が心臓面積に各々どのような影響を與えるかを考えて見よう。先ず人體を圓錐になぞらえて長さ(身長)を L 、切口の圓の半徑(胸の半徑)を r とすれば體積 V は、 $V = \pi r^2 L$ 比重を a とすれば、體重 G は、 $G = aV = a\pi r^2 L$

$$\therefore r = K' \left(\frac{G}{L} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

一般に人體は圓錐ではないが、此の相似形を長軸方向に任意に壓縮又は伸長した形だとすれば、横徑(人體の横幅と體重)と身長の間には上記の式(1)が成立すると見て差支えない。次に心臓の縦徑は L に、横徑は r に比例すると看做す事が出来るから心臓の面積は $r \cdot L$ に比例すると見て差支えない。

$$\text{即ち、} S = K'_3 r \cdot L = K'_3 K' \left(\frac{G}{L} \right)^{\frac{1}{2}} L$$

$$= K_3 G^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} \quad (\text{但し } K_3 = K'_3 K') \quad \dots\dots\dots\text{式(III)}$$

K_3 を計算すれば

$$\left. \begin{array}{l} \text{式(I)より } L' = K_1 S^{\frac{1}{3}} \\ \text{式(II)より } S^{\frac{1}{3}} = K_2 G^{\frac{1}{3}} \end{array} \right\} \begin{array}{l} S^{\frac{1}{3}} = \frac{1}{K_1} L' \\ S^{\frac{1}{3}} = K_2^3 G \end{array}$$

$$\therefore S^{\frac{1}{3}} \times S^{\frac{1}{3}} = \frac{K_2^3}{K_1} L' G$$

$$\therefore S^2 = \frac{K_2^3}{K_1} L' G$$

$$S = \left(\frac{K_2^3}{K_1} \right)^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} G^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{但し } \left(\frac{K_2^3}{K_1} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.79$$

$$\text{即ち } S = 0.79 \sqrt{L' G} \quad \dots\dots\dots\text{式(III')}$$

以上の計算式から編成したのが第2表である。第2表は男について求めた表であるが、女の場合も同様な計算

TABLE 2. ASSUMED NORMAL CORDIAC SIZE CALCULATED (cm²) ♂

Body weight (kg)	Body length (cm)			
	145—154	155—164	165—175	175—180
40—44	84	86	88	89
45—49	89	91	93	94
50—54	94	96	97	99
55—59	98	100	102	103
60—64	102	104	106	107
65—69	106	108	110	112
70—74	110	112	114	116

TABLE 3 ASSUMED NORMAL CORDIAC SIZE CALCULATED (cm²) ♀

Body weight (kg)	Body length (cm)		
	138—144	145—154	155—164
37—44	74	75	77
45—49	79	81	82
50—54	84	85	86
55—59	87	89	90
60—64	91	93	94

方法に依つて第3表を得る事が出来る。

此の表を利用して正常人及び心臓患者の心臓擴張度を測定すれば第4表の如く、正常人では平均1.00であり心不全患者では此より擴大している。

循環時間の延長(循環速度減少)は専ら心臓の擴張度によつて決定される。即ち循環速度の大小は専ら心臓を通る血液の速度に依つて決まる。つまり心臓が Depot となつて、例えばロベリンが心臓を通過するのに唯一最大の

TABLE 4.

	<i>Normals</i>	<i>Compensated cardiacs</i>	<i>Decompensated cardiacs</i>	<i>Anamia Hyperthy- reoidism</i>	<i>Pulmonary tuberculosis</i>
♂ Cases	10	30	13	7	12
Dilatation-gradient of heart Size	1.00 (mean)	1.03~1.64	1.45~2.68	1.01~1.47	0.94~1.10
♀ Cases	10	34	10	11	15
Dilatation-gradient of heart Size	1.00 (mean)	1.12~1.24	1.70~2.67	1.08~1.39	0.90~1.02

3) 心臓の大きさと循環時間の関係

循環時間を縦軸に心臓擴張度を横軸に取ると第1圖の如く、循環時間と心臓の大きさの間にほぼ直線的相関関係があることが解る。

Fig. 1.

$r=0.9$, 循環時間 $= (0.6 + 13.6 \times \text{心臓擴張度}) \pm 3.6$ 秒

但しコレレチン循環時間に就て

考 察

心臓の擴張度とコレレチン循環時間の間にほぼ直線的な相関関係があると云うことから次の様な判断を下すことが出来るであろうか。「心臓の擴大が循環時間延長(循環速度減少)の原因であるか乃至はその逆である。所で後者は因果律と矛盾する。何故なら因果律によれば過去が現在を限定するのであるから循環時間(循環速度)が心臓の擴張に先行すると云う事は不可能である。従つて心臓の擴張が循環時間延長(循環速度減少)の原因であり、

障碍となる」。

しかし(1)この判断は先ず第1にロベリン乃至コレレチン循環時間が循環速度と等價値だと看做す假定の上に成り立っている。換言すれば此の判断は此等の循環時間を以て、一個のアトムが注射部位から血管の中心を通つて刺戟受容装置(舌乃至頸靜脈洞*)迄行くに要する時間と同じだと看做す前提の上に成り立っている。(質點的循環時間觀の誤謬と呼ぼう)然し注射するのは溶液であつて一個のアトムではない。そこでは従つて刺戟受容装置に達する溶液の濃度と刺戟受容装置の刺戟閾が問題である。溶液と云うものは無数のアトムの集合だと考えることも出来る。血管内に注射した無数のアトムは決して全部同じ速度で運ばれる譯ではなくて、或るものは速く運ばれ、或るものは遅く運ばれる。しかし受容装置を刺戟するにはたとえその閾値を一定としても、一定数以上のアトムが一緒に運ばれて來なければならないし(或る程度以上の濃度にならなければならない)。しかも一定数のアトムさえ同時に受容装置まで運ばれて來さえすれば(濃度が一定の値に達しさえすれば)受容装置は興奮するのである。従つてロベリン乃至コレレチンで循環時間が明確に測定出来る場合には、その循環時間は無数のアトムの集合の中心が注射後受容装置の下を通過する迄に要する時間(此が代表的循環時間**で、人々は暗々裏にロベリン等でこの時間を測定していると考えている)よりも常に短い筈であり、此の兩者の時間的差異は注射した溶液が刺戟受容装置に達する迄の間に稀釋される程度に依つて異なる筈である。この證明實驗は第5表に示されている。即ち濃度に依つて循環時間は異なるのであるから、従つて逆に注射する量が一定であつても血液の爲に稀釋される程度が大であればある程、即ち注射部位から受容装置の間に横たわる血量が大であればある程我々の測定する循環時間は延長する筈であり、若しその濃度が刺戟閾値以下になれば、いつ迄たつても例えば咳

* 上田等⁷⁾は喉頭、氣管支に到る時間だとしている。

** この事に着目して胡田⁸⁾は、家兎で T-1824 を用い循環時間を測定している。

嗽反射が現れない筈であり、此は又我々が日常臨床でしばしば経験する所である。以上を要約して見れば、我々は第一の誤謬推理の批判を通じて次の結論に達するのである。即ちコレチン乃至ロベリン循環時間は単に循環時間(代表的循環時間)を教えるものではなくて、同時に注射溶液の稀釋の程度即ち注射部位から刺戟受容部位迄の間にどの程度の血液があるかと云う事を教えるものである。

(2) 上記判断の第二の批判は isolated system と云う考え方に對するものである。isolated system と云うのは或る系を爾餘の系から因果的に切りはなして考察する事が出来ると云う意味であるが、この場合循環時間と心臓の大きさが isolated system を形成していると云う證明が出来ない事は云う迄もないが、現在ではこの考え方自體が批判を受けているのである。従つて心臓の擴張が循環時間延長の原因であるとする判断は蓋然性を含むであろうが必然性を含むものではない。

TABLE. 5.

Dose of Lobelin		0.3% × 0.5cc	0.3% × 0.3cc
No. 1	Age 24 ♂	12"	25"
No. 2	Age 20 ♀	10"	13"

以上二つの批判を考慮した後には於て循環時間と心臓擴張度の示すほぼ直線的な相關關係は一體何を意味するであろうか。我々は第一の批判を通じて次の事實を知つた。即ち我々の測定する循環時間は眞の循環時間(代表的循環時間)と同時に、注射部位から刺戟受容装置迄の間に存在する血量に依つて決定される。即ち

$$dT = \left(\frac{\partial T}{\partial B}\right)_V dB + \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_B dV \dots\dots\dots (1)$$

但し、T: ロベリン乃至コレチンで測定した循環時間

B: 注射部位から刺戟受容装置迄の間に横たわる血量

V: 循環速度(代表的循環時間の逆数)

従つて著者等が見出した相關關係の意味する所は

$$\frac{dT}{dS} = \left(\frac{\partial T}{\partial B}\right)_V \frac{dB}{dS} + \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_B \frac{dV}{dS} \approx K \dots\dots\dots (2)$$

但し、K は恒數、 $\left(\frac{\partial T}{\partial B}\right)_V > 0$, $\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_B < 0$

我々は今の所この方程式を定量的に解く事は出来ないにしても、若干の結論を引き出すのにはなお有効である。

先ず第一に左邊の各項を夫々恒數とした場合この方程式は満足する。この立場は血量も循環速度も共に心臓の面積に依つて一元的に決定されるとする立場である。しかし $\frac{dB}{dS}$ は體積と面積の關係であり、 $\left(\frac{\partial T}{\partial B}\right)_V$ はほぼ統計曲線の上昇脚の正切と考えられるから共に恒數である事は出来ない。従つて各項を夫々恒數として取扱わない立場のみが残る。此の場合我々は少くとも次の事を認めな

ければならない。試薬(ロベリン等)注射部位から刺戟受容装置迄の間に横たわる血量の心臓の面積に對する増加度と、その間の循環速度の心臓の面積に對する變化度の間に相補的の關係が成立する。即ち例えば肘舌の間に血量の増大があつた場合、循環速度は心臓の面積に比して相對的に増大し、従つて代表的循環時間は心臓の面積に比して相對的に短縮している。この結論は極めて簡単な事であるが、誤解を避ける爲、今一度圖解的に説明して見る。第2圖に於てXYはコレチン循環時間と心臓の大きさの相關關係圖、ABは代表的循環時間とコレチン循環時間の差である。ABは(1)に述べた批判からして明らかな様に、血量の増大と共に従つて心臓の面積の増大と共に減少する。従つて代表的循環時間は曲線 a~b となり、その傾斜度 $\left(\frac{dT}{dS}\right)$ はXYのそれより遙かに小さい。即ち代表的循環時間の増加度は心臓の面積の増加度に比して相對的に減少している。しかも方程式(2)の意味する所に依ればこの代表的循環時間の相對的減少は血量増大に依る循環時間延長を否定する様に働くのである。

では代表的循環時間の相對的減少はどの様にして起つたのであろうか。此處に於て前述の第二の批判が意味を持つて来る。心臓の擴張はそれ自體で充足した原因でもなければ單に受動的なうつ血のみでもなく、同時に能動的な意味をも含んでいる。能動的な意味を含むとは血量増大による循環時間の延長を否定せんとする楔機を含むと云う事である。この事は Starling の法則が含む所の意味であり、今の場合(循環時間と心臓の大きさに於て代表的循環時間が減少すると云う事) Starling の法則の意味の病的狀態に於ける一變容形態とみる事が出来よ

Fig. 2.

- XY: Relation of choleretin circulation to dilatation gradient of heart-size
 ab: Relation of assumed representative circulation time to dilatation gradient of heart-size
 AB: assumed time difference due to dilution of choleretin

う。しかし此は意味と云う見地から見た考察である。その機構の上から見るとき代表的循環時間の相対的減少を条件づけるものは(1)血管(特に静脈と心臓)の幅を広くして、距離を出来るだけ變化させない事、(2)脈数を増加して血液の休止した時間を短縮する事、(3)心臓の擴張は Starling の法則を介してなお促進的に働く事が考えられる。

結論並びに總括

- 1) 循環時間と心臓の大きさにつき考察した。
- 2) その爲に先ず正常人に就て身長と體重から生理的な心臓の面積(遠距離「レ」線寫眞の)を決定する式と表を編成した。
- 3) 此を基準にして被験者の心臓面積の擴張度を定めた。
- 4) 心臓の擴張度とコレレチン循環時間の間に直線的な相關關係がある事を見出した。
- 5) 此の兩者の關係が意味する所のものに就て批判的な考察を行つた。
- 6) コレレチン乃至ロベリン循環時間は循環速度と同時に此等の溶液の血中での稀釋度従つて又血量に依つて決定される。
- 7) 従つて上述の循環時間と心臓面積との直線的な相

關關係は循環時間が専ら心臓の擴張に依つて決定されると云う事を意味するのではなくて、血量の心臓の面積に對する増加度と循環速度の心臓面積に對する變化度の間に相補的の關係があると云う事を意味する。

關筆に臨み御懇篤なる御指導と御校閲を辱うした恩師前川教授に深甚な謝意を表し、終始御援助を戴いた鷹津助教授に深謝します。

本論文の要旨は昭和25年3月、第14回日本循環器學會に於て發表した。

REFERENCES

- 1) Koch, E., *Deutsch. Arch. f. klin. med.* **140**: 9, 1922.
- 2) Nylin, G., *Am. H. J.* **25**: 598, 1943.
- 3) Meneely, G. R. and Chesnut, T. L., *Am. H. J.*, **33**: 175, 1947.
- 4) Nathanson, M. and Elek, S., *Ibid.* **33**: 464, 1947.
- 5) Moritz, F.: *Munchen. med. wochenschr.* **82**: 450, 1935.
- 6) Nukata, S. and Imamura, A., *Tokyo Igakukaishi* **28**: 99, 1914.
- 7) Ueda, H., et al., *Nippon J. of Angio-card.* **13**: 126, 1949.
- 8) Ebisuda, M., *Jap. Circulation J.* **18**: 245, 1954.

本誌の用紙は日本加工製紙會社井口誠一氏の寄贈によるものです。

投稿規定

1. 原著論文は循環器並びに之に關聯する血液及び泌尿器に關するもので他の雑誌に未發表のものに限ります。
2. 實施臨床に關する記事の投稿を歓迎致します。
3. 投稿者は日本循環器學會會員(會費700圓)でなければなりません。
4. 寫眞版、凸版、附表組代は實費をいただきます。
5. 別刷は實費をいただきます。部数は50部と定めます。
6. 原稿については下記の事項を注意して下さい。
 - (イ) 外國の人名の下にはアンダーラインを引き、人名及び地名は原字を、藥品名は片假名又は原字を、其他の文には平假名を用ひること。
 - (ロ) 句讀點は特に「，」「。」とを明かにすること。
 - (ハ) 挿圖、凸版は白紙又は青色方眼紙に明瞭な黒色にて約2～3倍の大きさに描くこと。
 - (ニ) 寫眞は變色のない鮮明な焼付にて約2～3倍の大きさであること。
 - (ホ) 文獻の書式は Index Medicus. に従ふこと。
 - (ヘ) 單位は m. cm. mm. kg. g. mg. l. cc. 等を用ひること。
 - (ト) 圖表の説明及び文獻は歐文にて、日本語名はなるべくローマ字にて記載のこと。
 - (チ) 原著は歐文抄録を下記に従ひ各報毎に提出して下さい。
 - a) 題目、著者名、著者所屬名の歐文譯
 - b) 和文にして2000字内外の歐文抄録(タイプにて)
7. 文の體裁術語は雜誌統一の都合上編集者に於て多少變更させて戴くことがあります。

〔日本循環器學誌〕

第19卷・第7號

昭和30年10月15日印刷

昭和30年10月20日發行

誌代年1200圓(送料共)

1冊100圓(送料共)

編集兼發行人 平 川 顯 名
京都大學醫學部内科第三講座
印刷所 河北印刷株式會社
京都市南區唐橋門脇町二八

發行所 京都大學醫學部内科第三講座
日本循環器學會
電話 吉田4111番
京都 6119番
振替 大阪 76966番
入會申込は發行所へ