

소아에서 심에코도로 측정된 좌심실 용적과 심박출양에 대한 연구

이화여자대학교 의과대학 소아과학교실

홍 영 미

= Abstract =

Echocardiographic Assessment of Left Ventricular Volume and Cardiac Output in Children

Young Mi Hong

Department of Pediatrics, College of Medicine, Ewha Womans University

The purpose of this study is to establish normal values for left ventricular volume and cardiac output, which might be used for evaluating patients with congenital heart disease or coronary artery disease.

Two dimensional and Doppler echocardiography were performed in 111 pediatric normal subjects.

Age ranged from newborn to 15 years.

The results are as follows :

1) Left ventricular end-diastolic volume ranged from 6.3 to 73.7ml and left ventricular end-systolic volume ranged from 1.1 to 16.0ml.

Left ventricular volume increased with advancing age or body weight.

2) Ejection fraction ranged from 78.3 to 83.5%.

Lower limit of 5% of ejection fraction ranged from 69.3 to 73.1%.

3) Aortic flow integral was not significantly increased according to advancing age of body weight, but measurement of aortic diameter showed a steady increase with advancing age or body weight.

4) Cardiac output ranged from 0.68 to 4.3ℓ/min.

Cardiac output increased significantly with advancing age or body weight.

Echocardiography is a best noninvasive diagnostic tool to assess left ventricular function and cardiac output.

서 론

심에코도로 좌심실 기능을 평가할 수 있는 기준 척도¹⁾는 Vmax²⁾, Circumferential fiber shortening

velocity³⁻⁴⁾, 박출계수(ejection fraction)⁵⁾ dp/dt, 좌심실 용적과 dimension의 수축기와 확장기의 비⁶⁻⁸⁾를 들 수 있다.

그 중에서 좌심실 용적 측정은 좌심실 기능에

중요한 정보를 제공한다⁹⁾ 여러 저자들은 이면성 (Two-dimensional) 심에코도에 의한 용적 측정이 혈관조영술, 방사핵종(radionuclide), 병리학적 측정과 관련성이 있음이 입증되었다¹⁰⁻¹⁴⁾.

좌심실 용적은 처음에는 혈관조영술에 의해 측정되었다. 그러나 심혈관 질환을 가진 모든 환자에서 심도자술을 시행하는 것이 힘들기 때문에 좌심실용적을 측정하는데 비관혈적인 방법이 개발되었다.

M-mode 에코도는 정상 범위의 좌심실 용적의 정확한 측정을 제공하지만 신뢰도는 정상보다 큰 심실과 분격벽 움직임(segmental wall motion)의 이상을 가진 환자에서는 감소되어 있다⁹⁾. 그러나 좌심실 용적의 이면성 심에코도 측정은 혈관조영술과 매우 유사하고 혈관조영술에 비해 비싸지 않고, 위험이 적고, 쉽게 시행할 수 있고 시간에 따른 다양한 심장 상태를 볼 수 있는 이상적인 방법이다.

또한 도플러 심에코도는 혈류를 비관혈적으로 측정하는 정확하고 통증이 없는 검사이다¹⁵⁾.

심박출량(cardiac output)은 심도자술이나 다른 관혈적 검사에 의해 진단된 상태에 있는 환자에서 측정하기 시작하였다. 도플러 심에코도로 심박출량과 심장내 단락(shunt)을 정확하게 측정할 수 있다는 많은 보고가¹⁶⁻²⁰⁾ 있다.

도플러 심에코도에 의한 측정은 심도자술 동안에 열희석(thermodilution) 방법이나 Fick 방법과 매우 좋은 상관관계를 보였다.

본 연구는 선천성 심장병과 관상동맥 질환을 진단하고 좌심실 기능을 평가하는데 필요한 정상 소아의 연령에 따른 심실 용적, 박출계수, 심박출량을 측정하는데 목적이 있다.

연구대상 및 방법

심질환이 없는 15세미만의 111명의 소아에서 이면성 심에코도와 도플러 심에코도를 시행하였다.

Hewlett-Packard®사의 심에코도를 이용하여 안정된 상태에서 검사를 시행하였다.

환자는 좌와위로 누운 다음 3.5MHZ와 5MHZ의 변환기를 사용하여 이면성 심에코도를 이용하여 four chamber view로 측정하였다. 좌우심실이 좌

대로 나오도록 하였으며 좌심실 용적을 측정하기 위해 Simpson의 법칙으로 좌심실 외곽을 light-pen tracing하였고, 면적-길이 용적계산을 위해 내장된 Hewlett-Packard computer를 사용하였다.

확장말기와 수축말기 좌심실 용적을 구하기 위해 심전도를 부착하였으며 각각 3회를 측정하여 평균치를 구하였다(Fig. 1, Fig. 2). 박출계수는 확장말기 좌심실 용적에서 수축말기 좌심실 용적을 뺀 수치를 확장말기 좌심실 용적으로 나눈 값을 백분율한 것이다.

심박출량(cardiac output)을 구하기 위해 흉상절흔에서 상행 대동맥을 도출하고 최대혈류파형을 이용하여 최대혈류 총합(flow velocity integral)을 구하였고, 대동맥 직경은 parasternal long axis view로 발살바동 바로 위에서 이면성 초음파로 측정하였다.

내장된 computer를 이용하여 일회 심박출량(Stroke volume)과 심박출량을 측정하였다.

환자의 연령, 체중에 따른 각 계측치와 상관관계를 보기 위해 직선회귀방정식을 구하였고, 통계 처리는 t-test를 이용하였다.

결 과

1. 연령별 분포(Table 1)

신생아에서 15세까지의 소아 111명에서 이면성 심에코도와 도플러 심에코도를 시행하였다.

111명 중 신생아가 23명, 1개월에서 1세 사이가 25명, 1세에서 3세 사이가 22명, 4세에서 8세 사이가 20명, 9세에서 15세 사이가 21명이었다.

2. 연령에 따른 좌심실 용적과 기능(Table 2)

확장말기 좌심실 용적은 신생아에서 6.3mℓ, 1개월에서 1세에 15.2mℓ, 1세에서 3세에 34.1mℓ, 4세에서 8세에 50.3mℓ, 9세에서 15세에 73.7mℓ로 연령의

Table 1. Age distribution

Age	No. of Cases
0 ~ 1M ↓	23
1M ~ 1Y ↓	25
1Y ~ 3Y	22
4Y ~ 8Y	20
9Y ~ 15Y	21

Table 2. Left ventricular volume and function

Age	EDV(ml)	ESV(ml)	EF(%)	5% Lower Limit(%)
0 ~ 1M ↓	6.3 ± 2.0	1.1 ± 0.3	81.1 ± 5.2	70.7
1M ~ 1Y ↓	15.2 ± 6.1	2.6 ± 1.5	83.4 ± 5.7	72.0
1Y ~ 3Y	34.1 ± 5.3	5.7 ± 2.1	83.5 ± 5.2	73.1
4Y ~ 8Y	50.3 ± 8.2	10.7 ± 2.6	78.8 ± 3.4	72.0
9Y ~ 15Y	73.7 ± 11.6	16.0 ± 4.1	78.3 ± 4.5	69.3

EDV : End diastolic Volume

ESV : End Systolic Volume

EF : Ejection fraction

증가에 따른 유의한 직선 상관관계를 볼 수 있었다 ($r^2=0.880$, $p<0.05$)(Fig. 3).

또한 체중이 증가할 수록 확장말기 좌심실 용적이 증가함을 알 수 있었다($r^2=0.897$, $p<0.05$)(Fig. 4).

수축말기 좌심실 용적은 신생아에서 1.1ml, 1개월에서 1세에 2.6ml, 1세에서 3세에 5.7ml, 4세에서 8세에 10.7ml, 9세에서 15세에 16.0ml로 연령의 증가에 따른 유의한 직선 상관관계를 관찰할 수 있었다($r^2=0.793$, $p<0.05$)(Fig. 5).

또한 체중이 증가할 수록 수축말기 좌심실 용적이 증가함을 알 수 있었다($r^2=0.838$, $p<0.05$)(Fig. 6).

박출계수는 신생아에서 81.1%, 1개월에서 1세 사이에 83.4%, 1세에서 3세 사이에 83.5%, 4세에서 8세 사이에 78.8%, 9세에서 15세 사이에 78.3%이었고, 연령에 관계없이 거의 일정하였다. 박출계수의 5% 하한선은 69.3%에서 73.1%이었다.

Table 3. Aortic flow integral and diameter

Age	Flow integral(cm)	Diameter(cm)
0 ~ 1M ↓	8.82 ± 2.16	0.88 ± 0.13
1M ~ 1Y ↓	11.74 ± 2.55	1.10 ± 0.23
1Y ~ 3Y	14.37 ± 2.65	1.51 ± 0.18
4Y ~ 8Y	15.84 ± 3.75	1.82 ± 0.22
9Y ~ 15Y	15.88 ± 4.37	2.04 ± 0.18

Table 4. Stroke volume and cardiac output

Age	SV(ml)	SI(ml/m ²)	CO(ℓ/min)	CI(ℓ/min/m ²)
0 ~ 1M ↓	5.37 ± 1.59	29.08 ± 7.89	0.68 ± 0.26	3.67 ± 1.24
1M ~ 1Y ↓	12.09 ± 6.93	38.93 ± 11.63	1.53 ± 0.73	4.66 ± 0.91
1Y ~ 3Y	25.26 ± 5.06	44.96 ± 7.36	2.73 ± 0.40	4.71 ± 0.50
4Y ~ 8Y	39.89 ± 7.83	51.93 ± 9.68	4.09 ± 0.70	4.97 ± 0.56
9Y ~ 15Y	50.83 ± 10.85	45.35 ± 10.88	4.30 ± 0.66	3.93 ± 0.71

SV : Stroke Volume,

SI : Stroke Index

CO : Cardiac Output,

CI : Cardiac Index

3. 대동맥 혈류총합과 직경(Table 3)

대동맥 혈류총합은 신생아에서 8.82cm, 1개월에서 1세에 11.74cm, 1세에서 3세에 14.37cm, 4세에 8세에 15.84cm, 9세에서 15세에 15.88cm로 연령의 증가에 따른 유의한 상관관계는 없었다($r^2=0.234$, $p>0.05$)(Fig. 7).

또한 체중과 대동맥 혈류 총합은 유의한 상관관계가 없었다($r^2=0.232$, $p>0.05$)(Fig. 8).

대동맥 직경은 신생아에서 0.88cm, 1개월에서 1세에 1.10cm, 1세에서 3세에 1.51cm, 4세에서 8세에 1.82cm, 9세에서 15세에 2.04cm로 연령이 증가할 수록 대동맥 직경이 유의하게 증가함을 볼 수 있었다($r^2=0.743$, $p<0.05$)(Fig. 9).

또한 체중이 증가할 수록 대동맥 직경이 증가함을 알 수 있었다($r^2=0.785$, $p<0.05$)(Fig. 10).

4. 일회 심박출량과 심박출량(Table 4)

일회 심박출량은 신생아에 5.37ml, 1개월에서 1세에 12.09ml, 1세에서 3세에 25.26ml, 4세에서 8세에 39.89ml, 9세에서 15세에 50.83ml로 연령이 증가할 수록 일회 심박출량은 유의하게 증가하였다($r^2=0.820$, $p<0.05$)(Fig. 11).

또한 체중이 증가할 수록 일회 심박출량이 유의하게 증가하였다($r^2=0.799$, $p<0.05$)(Fig. 12).

일회 심박출 지수는 신생아에서 $29.08\text{ml}/\text{m}^2$, 1개월에서 1세에 $38.93\text{ml}/\text{m}^2$, 1세에서 3세에 $44.96\text{ml}/\text{m}^2$, 4세에서 8세 사이에 $51.93\text{ml}/\text{m}^2$ 9세에서 15세에 $45.35\text{ml}/\text{m}^2$ 로 연령의 증가에 따른 유의한 상관관계가 없었다.

심박출량은 신생아에서 $0.68\text{l}/\text{min}$, 1세에서 3세에 $2.73\text{l}/\text{min}$, 4세에서 8세에 $4.09\text{l}/\text{min}$, 9세에서 15세에 $4.30\text{l}/\text{min}$ 로 연령이 증가함에 따라 심박출량이 유의하게 증가함을 알 수 있었다($r^2=0.720$, $p<0.05$)(Fig.13).

또한 체중이 증가할 수록 심박출량이 유의하게 증가하였다($r^2=0.757$, $p<0.05$)(Fig. 14).

심박출 지수는 신생아에서 $3.67\text{l}/\text{min}/\text{m}^2$, 1개월에서 1세에 $4.66\text{l}/\text{min}/\text{m}^2$, 1세에서 3세에 $4.71\text{l}/\text{min}/\text{m}^2$, 4세에서 8세에 $4.97\text{l}/\text{min}/\text{m}^2$, 9세에서 15세에 $3.93\text{l}/\text{min}/\text{m}^2$ 로 연령의 증가와 유의한 상관관계가 없었다.

본 론

심실용적 측정은 좌심실 기능에 중요한 정보를 제공한다. 여러 저자들은²¹⁻²⁴⁾ 정상인과 심장병 환자에서 여러 방법으로 측정된 좌심실 용적과 기능에 많은 차이가 있음을 보고하였다.

Gordon등²¹⁾에 의한 2D 심에코도 연구에서 신뢰구간은 좌심실 이완말기 용적은 $\pm 15\%$, 수축말기 용적은 $\pm 25\%$, 박출계수는 $\pm 10\%$ 이었다. Vogel등²⁵⁾에 의한 2D 심에코도 연구에서 좌심실 용적지수는 26명의 신생아와 유아에서 $34.6\pm 7\text{ml}/\text{m}^2$, 69명의 소아에서 $59\pm 10\text{ml}/\text{m}^2$ 이었다. Wahr등¹⁰⁾은 2D 심에코도로 측정된 평균 이완말기 용적지수가 $58\text{ml}/\text{m}^2$, 수축말기 용적지수는 $18\text{ml}/\text{m}^2$ 임을 보고하였다.

본 연구에서 좌심실 이완말기 용적은 신생아에서 6.3ml , 1세에서 3세 사이에 34.1ml , 4세에서 8세 사이에서 50.3ml , 9세에서 15세 사이에 73.7ml 로 연령의 증가함에 따라 이완말기 용적이 유의하게 증가하였다. 수축말기 용적은 신생아에서 1.1ml , 1세에서 3세 사이에 5.7ml , 4세에서 8세사이에 10.7ml , 9세에서 15세 사이에 16ml 로 연령의 증가에 따른 수축말기 용적의 증가를 볼 수 있었다. 이와

같이 심에코도로 측정된 측정치가 저자마다 다른 가변성에 기여할 수 있는 요소중에서 외인적 요소로는 하루중의 시간, 투약, 식사후 시간, 호흡상태이고 기술적 요소로는 internal landmark, gain 조절, 정밀한 기술등을 들 수 있다. 생물학적 요소로는 변력성 아드레날린 상태(inotropic adrenergic state), 혈압, 심장 박동수 등이다²¹⁾.

여러 저자들은 심혈관조영술 연구에서 날마다 측정치에 차이가 있고 개개인마다 용적을 측정할 때에 넓은 변동이 있음을 보고하였다²⁶⁻²⁷⁾. 혈관조영술에 의한 좌심실 용적의 표준 오차는 $23\sim 30\%$ 로 다양하였다.

Nakamo²⁸⁾는 15명의 소아에서 심혈관조영술로 측정된 좌심실 용적지수는 $68\pm 14\text{ml}/\text{m}^2$ 이었고, Omnasch²⁹⁾등은 28명의 소아에서 $64\pm 10.8\text{ml}/\text{min}/\text{m}^2$, Seliem³⁰⁾등은 9명의 소아에서 $59\pm 6.4\text{ml}/\text{m}^2$ 의 좌심실 용적지수를 보고하였다.

심실용적을 측정하는데 있어서 심에코도와 혈관조영술 사이에 유의한 상관관계가 보고된 것은 반면에 표준오차는 이완말기 용적이 $\pm 15\sim 43\text{ml}$, 수축말기 용적은 $9\sim 32\text{ml}$ 이었다⁹⁾.

심에코도로 측정된 심실 크기는 혈관조영술에 비해 작게 측정이 된다³¹⁾. 그 이유는 심에코도에 의한 심내막의 경계는 Columnae cornae의 정점(apex)에 의해 주어지는 반면에 혈관조영술에 의한 경계는 Columnae를 둘러싼다.

그럼에도 불구하고 이 과소평가는 연속적인 연구에서는 중요하지 않다. 반면에 혈관조영술에 의한 측정은 조영제가 좌심실 용적에 영향을 미친다.

2D 심에코도로 좌심실 용적을 측정할 때 몇가지 제한점이 고려되어야 한다. 첫째로 좌심실은 가장 뚜렷한 안쪽에 있는 trabeculae을 경계로 영상이 되므로 trabeculae사이에 있는 혈류 용적은 배제가 된다.

Sector Scan에서 높은 gain 조절은 심내막을 넓게 할 수 있어서 심실용적을 감소시킬 수 있으므로 gain setting을 가능한한 낮추는 것이 좋다

최근 Jacobs³²⁾등은 6cm 깊이 이상에서 영상기구의 측면에서 해상 능력이 떨어지기 때문에 좌심실 용적의 과소평가를 초래한다고 하였다.

심에코도로 박출계수를 측정할 때 높은 신뢰도가

보고되었다¹⁰⁾. 어느 기술에 의해 측정되든지 심실 크기의 오차가 이완말기 용적과 수축말기 용적 측정에 영향을 미칠 수 있으나 박출계수에는 영향을 미치지 못한다.

그러나 위치 변화나 전부하(preload)에 관여하는 약은 박출계수에 영향을 미친다. 또한 식후에 박출계수의 측정은 후부하(afterload)의 감소를 일으켜 박출계수를 올릴 수 있다³¹⁾.

박출계수는 저자마다 다른데 58~67%를²⁷⁾ 보고하고 있다. 본 연구에 의하면 박출계수는 연령에 따라 다소 차이가 있는데 78.3~83.5%이었고 5% 하한선은 69.3~72%이었다.

박출계수가 다른 연구 결과와 비교할 때 높게 나왔는데 이것은 심에코도로 측정하는 방법에 따른 차이로 생각한다.

심박출량과 심박출계수는 심혈관계의 다양한 기능과 작용에 의해 유지된다. 그러나 이 수치는 정상범위가 넓기 때문에 개인 환자에서 심장기능의 정상 또는 비정상을 알 수 있기에는 정확하지 않으나 심장환자에서 수술 전후에 심박출량의 측정은 매우 많은 정보를 제공해 준다.

심박출량은 M-mode와 도플러 심에코도에 의해 유아와 소아에서 정확하게 측정될 수 있다³³⁾. 상행대동맥 내경의 정확한 측정이 심박출량을 계산하는데 중요하다. 대동맥 직경은 수축기와 이완기 사이에 변하며 수축기 직경이 이완기 직경보다 11%가 크다¹⁷⁾. Seear³⁴⁾등은 대동맥 직경은 연령과 체표면적이 증가할 수록 증가함을 보고하였다. 본 연구에서도 신생아에서 0.88cm, 1개월에서 1세에 1.1cm, 1세에서 3세에 1.51cm, 4세에서 8세에 1.82cm, 9세에서 15세에 2.04cm로 연령에 따른 유의한 증가를 볼 수 있었다.

도플러 심에코도로 만족스러운 wave profile과 영상을 얻을 수 있다면 심박출량을 정확하게 측정할 수 있다. 속도 파형(wave form)을 수축기와 이완기에 적분할 때 심에코도로 측정된 상행대동맥 혈류는 관상동맥 혈류를 포함하지 않는 반면에 Fick방법은 관상동맥 혈류를 포함한다. 따라서 도플러 심에코도로 심박출량을 측정할 때 약간의 오차가 생길 수 있다.

본 연구에서 혈류 적분은 신생아에 8.82cm, 1세

에서 3세에 14.37cm, 9세에서 15세에 15.88cm로 연령이 증가할 수록 유의하게 증가하였다.

대동맥 혈류방향이 도플러 심에코도 beam과의 각도가 15°~20°이상인 경우 실제 수치보다 더 낮은 혈류를 얻을 수 있다. 그러므로 각도는 0°와 15°사이로 유지하는 것이 좋다¹⁵⁾.

작은 소아에서 대동맥 직경을 측정할 때 대동맥 근(root)에서 측정하는 것이 orifice보다 더 정확하다. 그리고 유아와 소아에서는 대동맥의 내경(internal diameter)이 사용되어야 한다³³⁾.

체순환 심박출량을 계산하기 위해 측정되는 위치는 좌심실 outflow tract, 대동맥 판막이 분리되는 곳, 대동맥 근, 상행대동맥이다.

저자들마다 측정하는 부위가 다르나 lhren³⁵⁾등은 성인에서 심에코도로 대동맥 판막윤(anulus)에서 직경을 측정된 결과 심도자술 중에 열희석(Thermodilution)방법으로 측정된 수치와 가장 좋은 상관성을 보고하였다. Gardin³⁶⁾등은 대동맥근 원위 부인 상행대동맥에서 수축기 내경을 측정할 때 가장 좋은 상관성을 얻었다. 그러나 Morrow³⁷⁾등의 연구에 의하면 대동맥 판막윤에서 측정된 심박출량이 가장 좋은 상관성이 있음을 보고하였다. 그러나 대동맥윤에서 직경을 측정할 때 심박출량의 신뢰도가 높을지라도($r=0.94$), 열희석(thermodilution)방법으로 측정된 심박출량보다 항상 적게 측정된다.

그러나 성인과 소아에서 심박출량을 측정하는데 있어 도플러 심에코도와 관혈적인 방법사이에 밀접한 연관성이 있음이 보고되었다³⁸⁾.

Berman등은 신생아를 포함한 소아에서 Fick방법에 의해 측정된 심박출량이 403~3260ml/min임을 보고하였고³⁸⁾, Walther²⁰⁾등은 신생아에서 체중당 평균 심박출량은 249±34ml/min/kg임을, Alverson³⁴⁾등은 미숙아에서 생후 1주일내에 221±56ml/min/kg, 만삭아에서 236±47ml/min/kg임을 보고하였다.

본 연구 결과는 신생아에서 0.68l/min, 1개월에서 1세에 1.53l/min, 1세에서 3세에 2.73l/min, 4세에서 8세에 4.09l/min, 9세에서 15세에 4.30l/min로 연령의 증가에 따른 유의한 증가를 볼 수 있었다.

Seear³⁴⁾등도 연령이 증가할 수록 심박출량이 증가한다고 하였다.

본 연구 결과에서 신생아의 심박출량은 Walther²⁰⁾나 Alverson¹⁷⁾ 등의 결과와 유사하였다.

Sholler¹⁵⁾ 등은 연령과 몸 크기의 변화를 교정하기 위해 2D 심에코도로 심박출 지수를 측정하였는데 평균 심박출 지수는 $4.01 \pm 1.2 \text{ l/min/m}^2$ 이었고, 연령, 성별, 신장, 체중, 체표면적에 따른 심박출지수의 차이는 없었다.

본 연구에서 심박출지수는 $3.67 \sim 4.97 \text{ l/min/m}^2$ 로 Sholler¹⁵⁾ 등의 결과와 마찬가지로 연령에 따른 유의한 차이는 없었다.

대동맥 혈류 측정은 선천성 심장병 환자의 평가와 치료에 중요한 정보를 제공할 뿐 아니라 소아 연령에서 심혈관과 폐질환의 생리학적, 병리학적인 이해를 증진시킬 것이다. 도플러 심에코도는 심박출량을 반복적으로 측정함으로써 심도자술보다 더 좋은 이점을 가지고 있다. 또한 하나의 portable unit로 많은 환자에서 사용할 수 있고 내재하는 도관으로 인해 발생할 수 있는 위험성을 제거할 수 있다.

따라서 선천성 심장병 환자에서 수술 전후에 심박출량을 반복적으로 측정함으로써 환자의 수술후 예후를 추측하는데 도움이 된다.

결 론

심질환이 없는 15세 미만의 111명의 소아에서 이면성 심에코도와 도플러 심에코도를 이용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 확장말기 좌심실 용적은 $6.3 \sim 73.7 \text{ ml}$, 수축말기 좌심실 용적은 $1.1 \sim 16 \text{ ml}$ 로 연령과 체중에 따른 유의한 증가가 있었다.

2) 박출 계수는 $78.3 \sim 83.5\%$ 로 연령에 관계없이 거의 일정하였고, 5% 하한선은 $69.3 \sim 73.1\%$ 이었다.

3) 대동맥 혈류 총합은 연령과 체중에 따른 유의한 증가를 볼 수 없었으나 대동맥 직경은 연령과 체중에 따른 유의한 증가를 볼 수 있었다.

4) 심박출량은 $0.68 \sim 4.3 \text{ l/min}$ 로 연령과 체중이 증가함에 따라 유의하게 증가하였다.

심에코도는 좌심실 용적과 심박출량을 측정할 수 있는 가장 좋은 비관혈적 진단방법이라고 생각한다.

References

- 1) Bjornstad PG, Semb BKH : *Evaluation of left ventricular function in children. Scand J Thor Cardiovasc Surg* 1986 : 20 : 29-37
- 2) Gibson DG, Brown DJ : *Measurement of peak rates of left ventricular wall movement in man. Comparison of echocardiography with angiography. Br Heart J* 1975 : 37 : 677-683
- 3) Benzing G, Stockert J, Nave E, Kaplan S : *Evaluation of left ventricular performance. Circumferential fiber shortening and tension. Circulation* 1974 : 49 : 925-932
- 4) Cooper RH, O'Rourke RA, Karliner JS, Peterson KL, Leopold GR : *Comparison of ultrasound and cineangiographic measurements of the mean rate of circumferential fiber shortening in man. Circulation* 1972 : 46 : 914-923
- 5) Pombo JE, Troy BL, Russel RO Jr : *Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. Circulation* 1971 : 43 : 480-490
- 6) Hammermeister KE, Warbasse JR : *The rate of change of left ventricular volume in man. II Diastolic events in health and disease. Circulation* 1974 : 49 : 739-747
- 7) Kugler JD, Gutgesell HP, Nihil MR : *Instantaneous rates of left ventricular wall motion in infants and children. Computer-assisted determination from single-cycle echocardiograms. Ped Cardiol* 1979 : 11 : 15-21
- 8) Guinones MA, Gaasch WH, Alexander JK : *Echocardiographic assessment of left ventricular function. With special reference to normalized velocities. Circulation* 1974 : 50 : 42-51
- 9) Nixon JV, Saffer SI, Lipscomb K, Blomqvist CG : *Three dimensional echoventriculography. Am Heart J* 1983 : 106 : 435-443
- 10) Wahr DW, Wang YS, Schiller NB : *Left ventricular volumes determined by two-dimensional echocardiography in a normal adult population. J Am Coll Cardiol* 1983 : 1 : 863-868
- 11) Eaton LW, Maughan WL, Shoukas AA, Weiss JL : *Accurate volume determination in the isolated ejecting canine left ventricle by two-dimensional echocardiography. Circulation* 1979 : 60 : 320-326

- 12) Starling MR, Crawford MH, Sorenson SG, Levi B, Richards KL, O'Rourke RA : *Comparative accuracy of apical biplane cross-sectional echocardiography and gated equilibrium radionuclide angiography for estimating left ventricular size and performance. Circulation* 1981 : 63 : 1075-1084
- 13) Schiller NB, Acquatella H, Ports T. et al : *Left ventricular volume from paired biplane two-dimensional echocardiography. Circulation* 1979 : 60 : 547-555
- 14) Helak J, Reichek N : *Quantitation of human left ventricular mass and volume by two-dimensional echocardiography : in vitro anatomic validation Circulation* 1981 : 63 : 1398-1407
- 15) Sholler GF, Celermajer JM, Wright CM : *Doppler echocardiographic assessment of cardiac output in normal children with and without innocent precordial murmurs. Am J Cardiol* 1987 : 59 : 487-488
- 16) Valdes-Cruz LM, Horowitz S, Mesel E, Sahn DJ, Fisher DC, Larson D, Goldberg SJ, Allen HD : *Doppler echocardiographic method for calculation of pulmonary and systemic flow : accuracy in a canine model with ventricular septal defect. Circulation* 1983 : 68 : 597-602
- 17) Alverson DC, Eldridge M, Dillon T, Yabek SM, Berman W Jr : *Noninvasive pulsed Doppler determination of cardiac output in neonates and children. J Pediatr* 1982 : 101 : 46-50
- 18) Sholler GF, Whight CM, Celermajer JM : *Pulsed Doppler echocardiographic assessment of cardiac output in children with structural heart disease : validation including use of aortic leaflet separation. Am J Cardiol* 1986 : 57 : 1195-1198
- 19) Alverson DC, Eldridge MW, Johnson JD, Aldrich M, Angelus P, Berman W Jr : *Noninvasive measurement of cardiac output in healthy preterm and term newborns. Am J Perinatol* 1984 : 1 : 148-151
- 20) Walther FJ, Siassi B, Ramadan NA, Anada AK, Wu PYK : *Pulsed Doppler determinations of cardiac output in neonates : normal standards for clinical use. Pediatrics* 1985 : 76 : 829-833
- 21) Gordon EP, Schnittger I, Fitzgerald PJ, Williams P, Popp RL : *Reproducibility of ventricular volumes by two-dimensional echocardiography. JACC* 1983 : 2 : 506-513
- 22) Slutsky R, Karliner J, Battler A, Pfisterer M, Swanson S, Ashburn W : *Reproducibility of ejection fraction and ventricular volume by gated radionuclide angiography after myocardial infarction. Radiology* 1979 : 132 : 155-159
- 23) Ladipo GOA, Dunn FG, Pringle TH, Bastian B, Lawrie TDV : *Serial measurements of left ventricular dimensions by echocardiography. Br Heart J* 1980 : 44 : 284-289
- 24) Brenner JI, Waugh RA : *Effect of phasic respiration on left ventricular dimension and performance in a normal population. Circulation* 1978 : 57 : 122-127
- 25) Vogel M, Staller W, Bühlmeier K : *Left ventricular myocardial mass determined by cross-sectional echocardiography in normal newborns, infants, and children. Ped Cardiol* 1991 : 12 : 143-149
- 26) McAnulty JH, Kremkau EL, Rosch J, Hattenhauer M, Rahimtoola SH : *Spontaneous changes in left ventricular function between sequential studies. Am J Cardiol* 1974 : 34 : 23-28
- 27) Semelka RC, Tomei E, Wagner S, Mayo J, Kondo C, Suzuki JI, Caputo GR, Higgins CB : *Normal left ventricular dimensions and function : Interstudy reproducibility of measurements with cine MR imaging. Radiol* 1990 : 174 : 763-768
- 28) Nakano H : *Left ventricular volume estimation in normal infants and children. Ann Paediat Jpn* 1977 : 23 : 39-48
- 29) Onnasch DGW, Lange PE, Heintzen PH : *Left ventricular muscle volume in children and young adults. Pediatr Cardiol* 1984 : 5 : 101-106
- 30) Seliem M, Muster A, Paul M, Benson W Jr : *Relation between preoperative left ventricular muscle mass and outcome of the Fontan Procedure in patients with tricuspid atresia. J Am Coll Cardiol* 1989 : 14 : 750-755
- 31) Fisman EZ, Pines A, Rosenblum Y, Ben-Ari E, Kessler G, Drory Y, Kellermann JJ : *Pressure/Volume ratio and pressure/volume ratio exercise quotient : An echocardiographic comparative study of left ventricular function indicators. Cardiol* 1986 : 73 : 354-367
- 32) Jacobs L, Hall J, Gubernick I, Meister S, Barrett M : *Axial versus lateral resolution : inherent errors in two-dimensional echocardiography imaging(abstr). Am J Cardiol* 1982 : 49 : 1020

- 33) Mellander M, Sabel KG, Caidahl K, Solymar L, Eriksson B : *Doppler determination of cardiac output in infants and children : Comparison with simultaneous thermodilution. Ped Cardiol 1987 : 8 : 241-246*
- 34) Seear MD, D'Orsogna L, Sandor GGS, Souza E, Popov R : *Doppler-derived mean aortic flow velocity in children : An alternative to cardiac index. Ped Cardiol 1991 : 12 : 197-200*
- 35) Ihlen H, Amlie JP, Dale J, Fortang K, Nitter-Hauge S, Otterstad JE, Simonsen S, Myher E : *Determination of cardiac output by Doppler echocardiography. Br Heart J 1984 : 51 : 54-60*
- 36) Gardin SM, Tokis SM, Dabestani A, Smith C, Elkayam U, Castleman E, White D, Alfie A, Henry WI : *Superiority of two-dimensional measurement of aortic vessel diameter in Doppler echocardiographic estimates of left ventricular stroke volume. J Am coll Cardiol 1985 : 6 : 66-74*
- 37) Morrow WR, Murphy DJ Jr, Fisher DJ, Huhta JC, Jafferson LS, Smith EO : *Continuous wave Doppler cardiac output : Use in pediatric patients receiving inotropic support. Ped Cardiol 1988 : 9 : 131-136*
- 38) Huntsman LL, Stewart DK, Barnes SR, Franklin SB, Colocousis JS, Hessel EA : *Noninvasive Doppler determination of cardiac output in man : clinical validation. Circulation 1983 : 67 : 593-602*

□ 흥 영 미 사 진 부 도 ① □

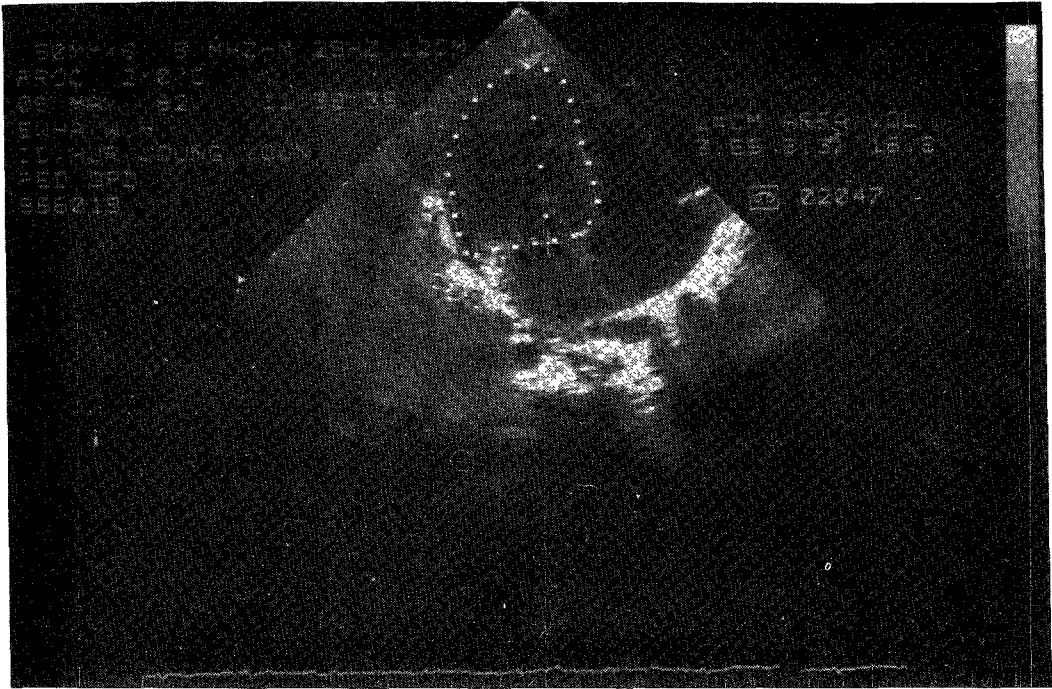


Fig. 1. Estimation of End-diastolic volume by 2D Echocardiography.

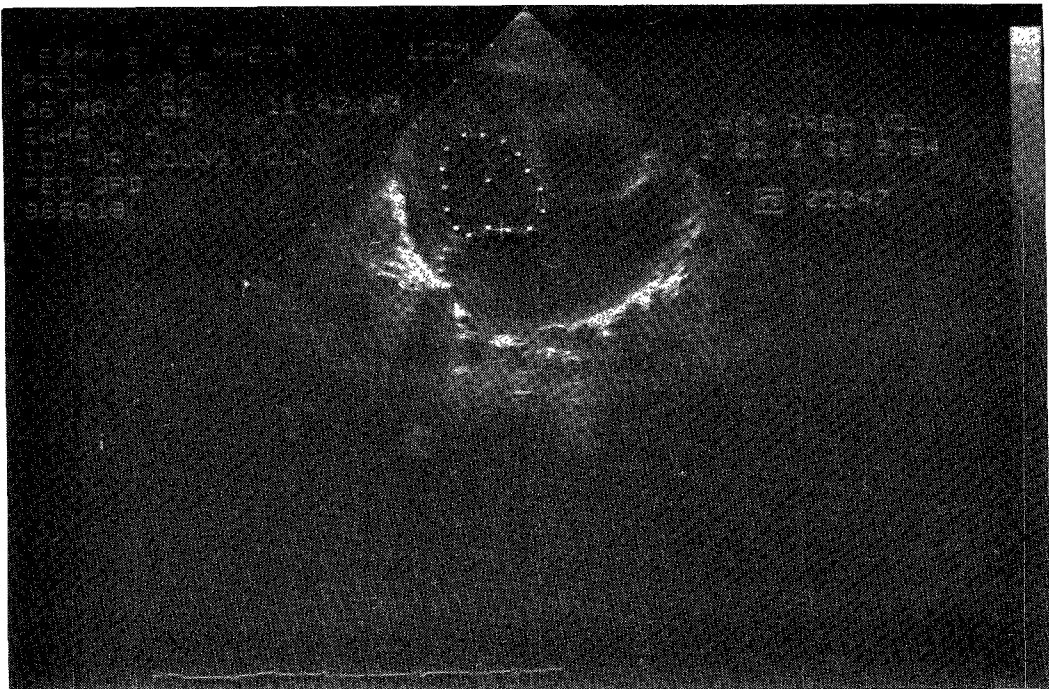


Fig. 2. Estimation of End-systolic volume by 2D Echocardiography.

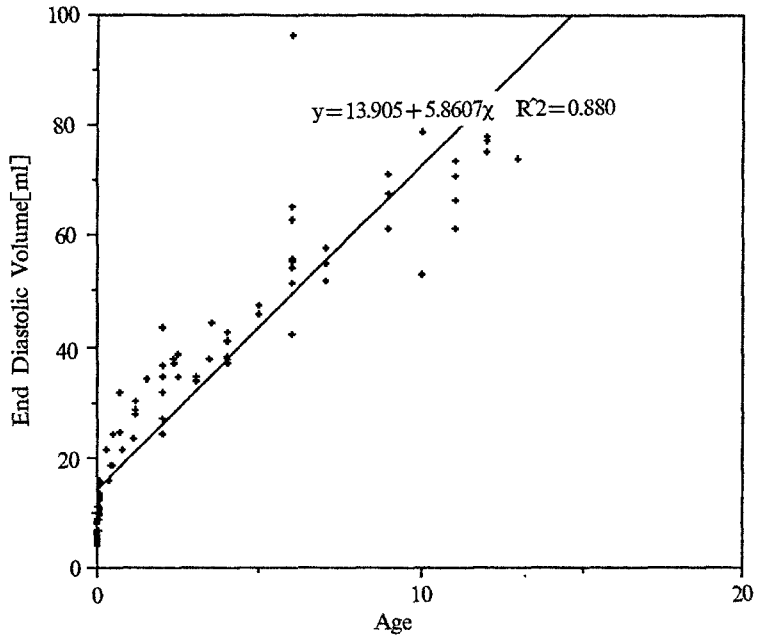


Fig. 3. Linear correlation between age and end diastolic volume.

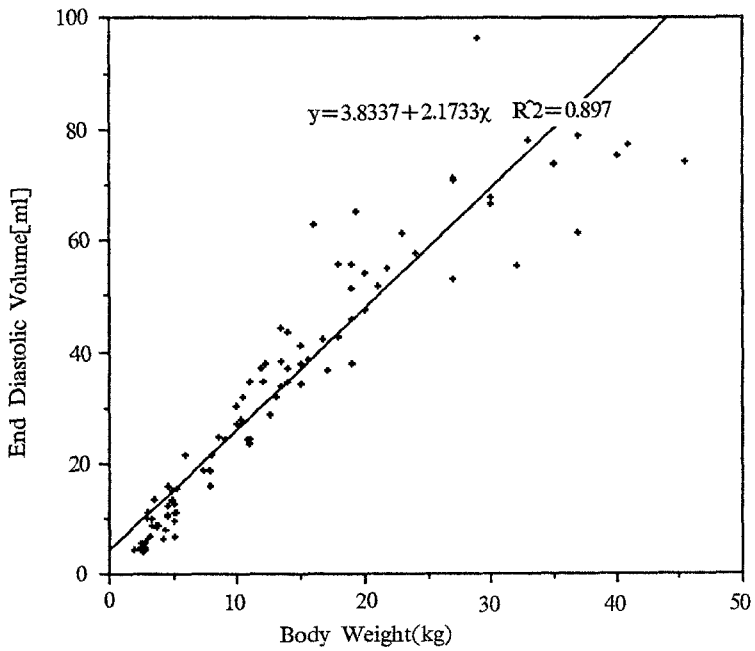


Fig. 4. Linear correlation between body weight and end diastolic volume.

□ 흥영미 사진부도 ③ □

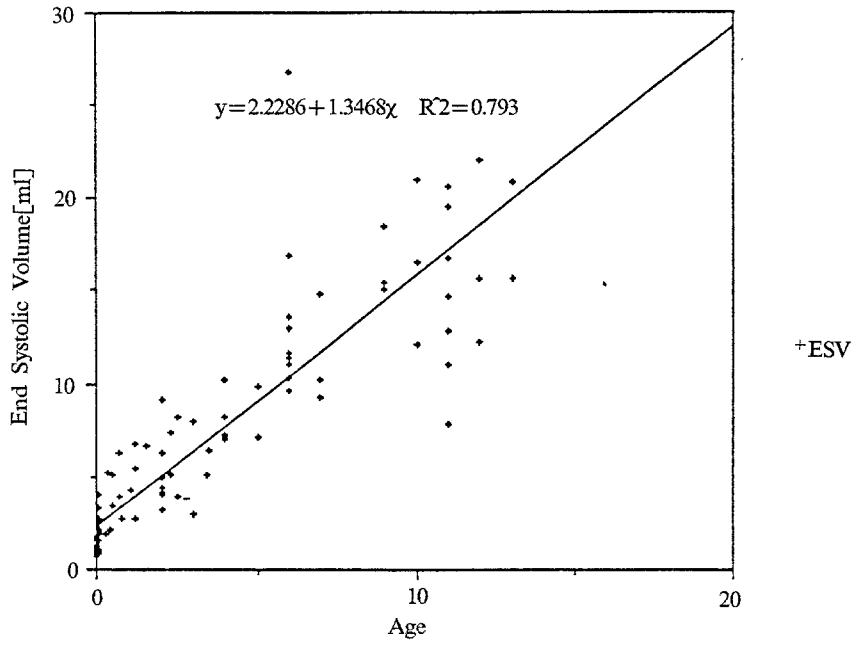


Fig. 5. Linear correlation between age and end systolic volume.

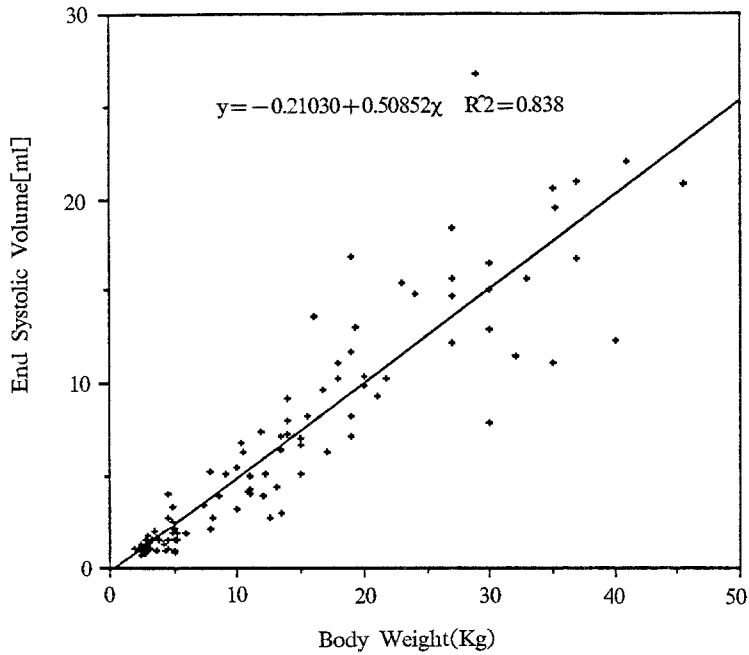


Fig. 6. Linear correlation between body weight and end systolic volume.

□ 흉영미 사진부도 ④ □

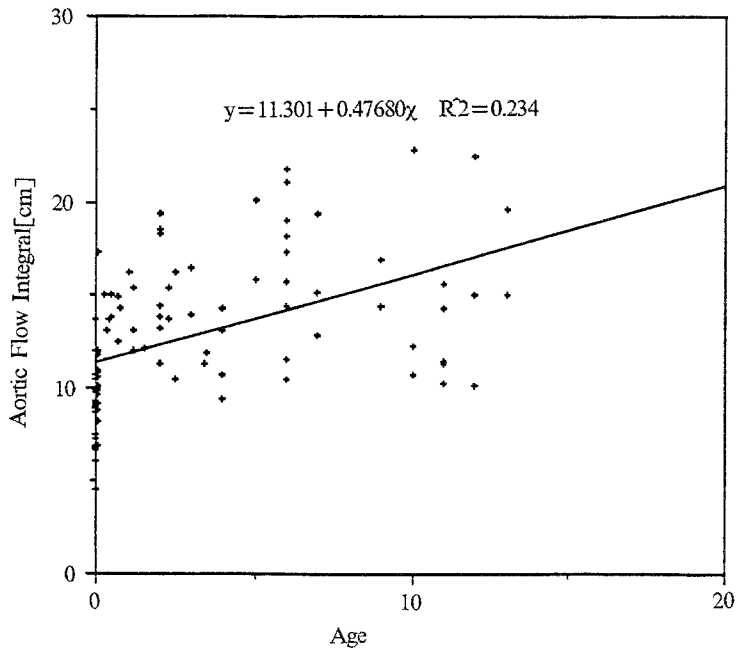


Fig. 7. Linear correlation between age and aortic flow integral.

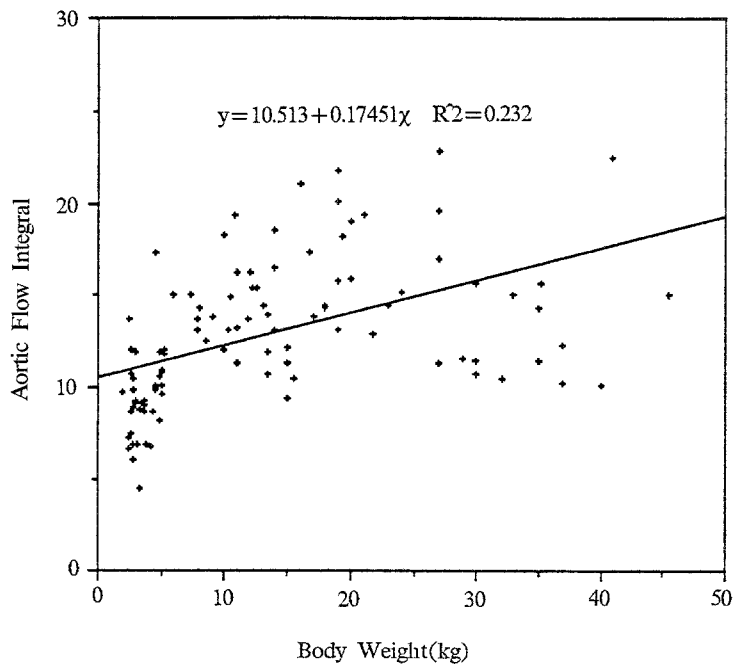


Fig. 8. Linear correlation between body weight and aortic flow integral

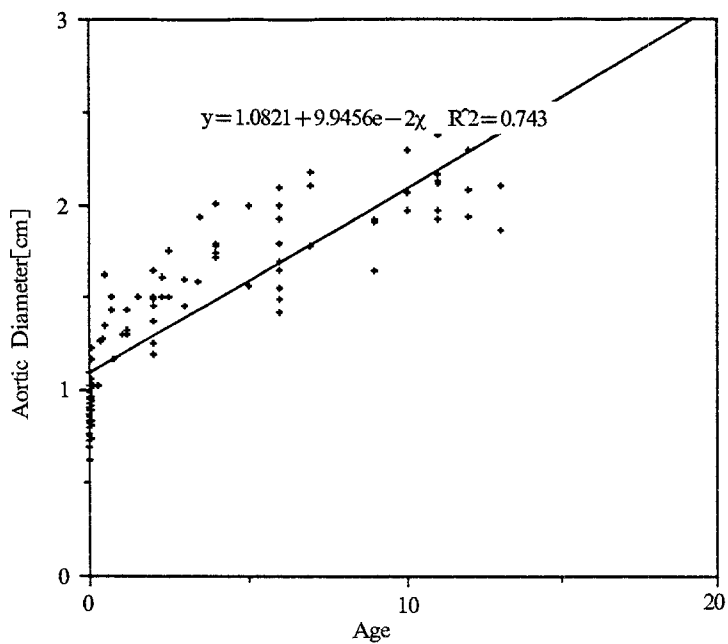


Fig. 9. Linear correlation between age and aortic diameter.

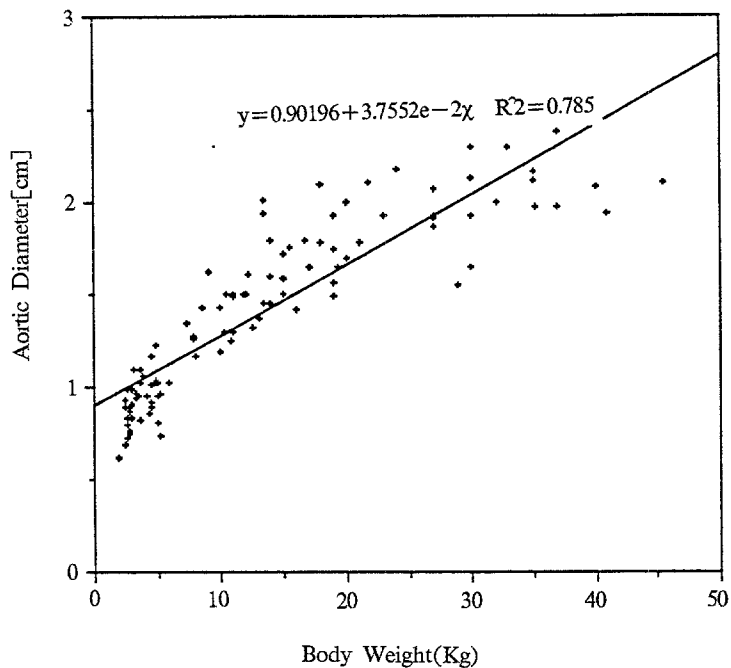


Fig. 10. Linear correlation between body weight and aortic diameter.

□ 홍영미 사진부도 ⑥ □

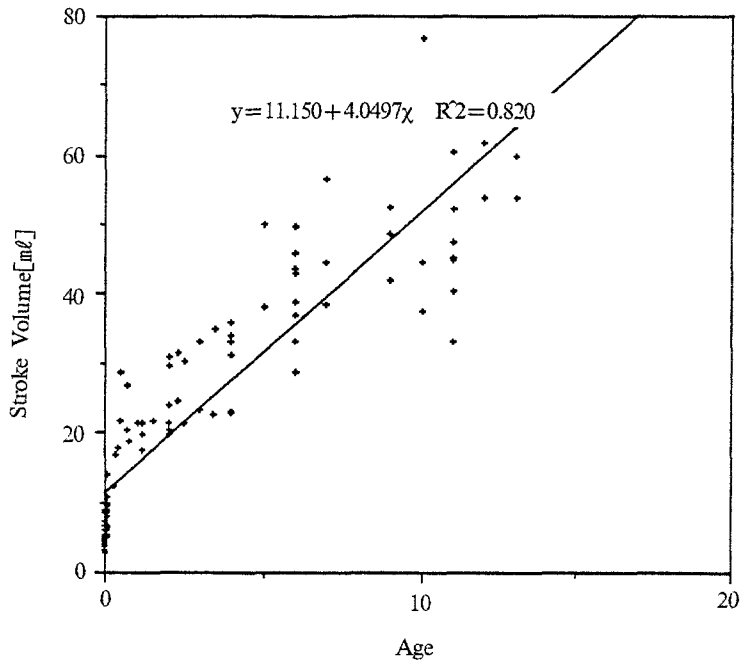


Fig. 11. Linear correlation between age and stroke volume.

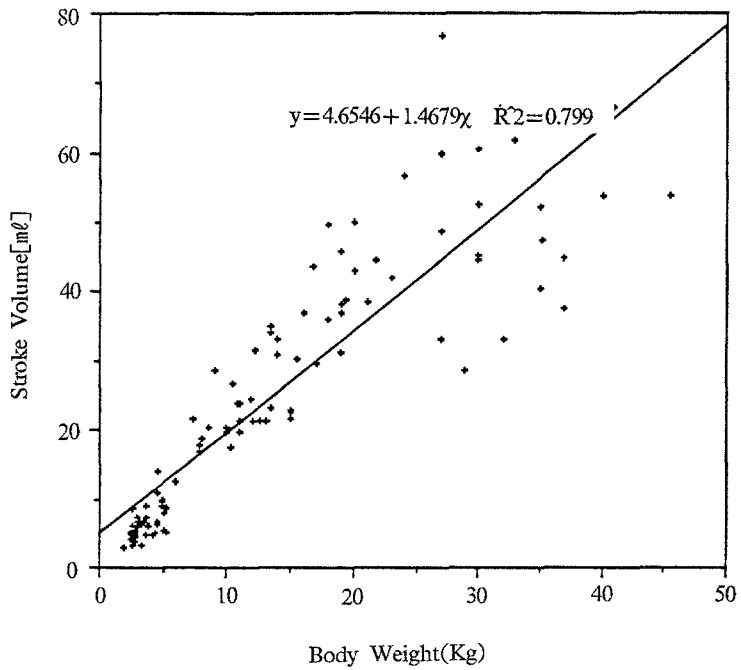


Fig. 12. Linear correlation between body weight and storke volume.

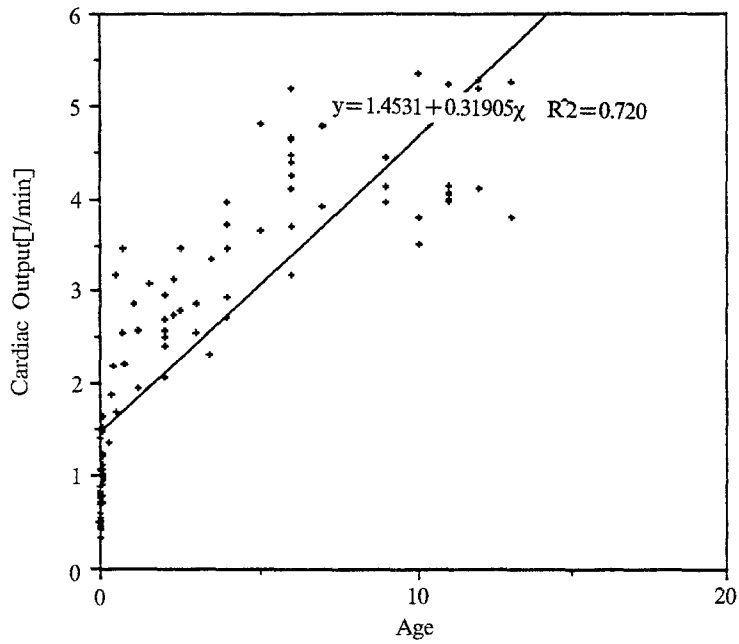


Fig. 13. Linear correlation between age and cardiac output.

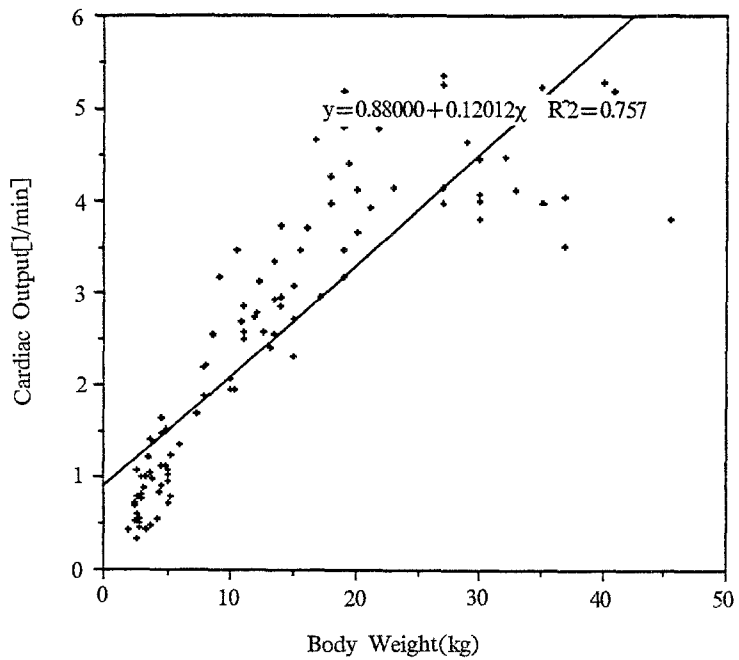


Fig. 14. Linear correlation between body weight and cardiac output.