

폰탄 술식후 체, 폐정맥의 환류 양상
-도플러 심초음파를 이용한 분석-

연세대학교 대학원
의 학 과
서 정 호

폰탄 술식후 체, 폐정맥의 환류 양상
-도플러 심초음파를 이용한 분석-

지도교수 이 승 규

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2003년 6월 일

연세대학교 대학원

의 학 과

서 정 호

서정호의 석사 학위논문을 인준함

심사위원_____인

심사위원_____인

심사위원_____인

연세대학교 대학원

2003년 6월 일

감사의 글

석사과정동안 여러가지 부족한 면을 일깨워 주시고, 많은 지도를 해 주신 이승규 선생님께 우선 깊은 감사를 드립니다. 그리고, 논문의 연구 과정동안 옆에서 하나하나 가르쳐 주시면서 도움을 주셨던 설준희 선생님, 이종균 선생님, 최재영 선생님과 많은 관심을 가지시고 논문의 심사를 해 주신 장양수 선생님, 조언을 아끼지 않으셨던 박영환 선생님께도 깊은 감사를 드립니다. 또한 제가 소아과 전문의로 성장하는데 많은 가르침과 큰 힘이 되 주셨던 김병길 선생님, 김덕희 선생님을 비롯한 소아과 교수님들께도 진심으로 감사를 드립니다.

항상 제가 하는 일들을 묵묵히 지켜 보시면서 성원을 아끼지 않으시는 양가 부모님, 나의 영원한 동반자인 아내에게도 고마운 마음을 전하고 싶습니다.

아울러 논문이 완성되는데 나의 손, 발이 되어준 친구 이영목 선생님께도 감사의 마음을 전합니다.

마지막으로, 이제 곧 세상에 태어날 내 아들을 비롯한 세상의 모든 어린이들이 건강하게 살 수 있기를 기원합니다.

저자 씀

차 례

국문요약.....	1
I. 서 론	3
II. 대상 및 방법.....	5
1. 대상.....	5
2. 방법.....	5
3. 통계학적 방법.....	6
III. 결 과.....	7
1. 대상 환아의 특성 및 원인질환.....	7
2. 도플러 심초음파를 이용한 환자군과 대조군간의 혈역학적 변화 분석 및 호흡 주기에 따른 혈행의 분석.....	8
가. 심실 유입부에서의 혈역학적 분석 및 호흡 주기에 따른 혈행의 분석.....	8
나. 폐정맥에서의 혈역학적 분석 및 호흡 주기에 따른 혈행의 분석	11
다. 간정맥에서의 혈역학적 분석 및 호흡 주기에 따른 혈행의 분석.....	13
라. 상대정맥에서의 혈역학적 분석 및 호흡 주기에 따른 혈행의 분석.....	15
3. 심주기에 따른 혈류의 분석.....	17
가. 심실 유입부에서의 심주기에 따른 혈류의 분석.....	17
나. 간정맥에서의 심주기에 따른 혈류의 분석.....	19
다. 상대정맥에서의 심주기에 따른 혈류의 분석.....	21

IV. 고찰.....	23
V. 결론.....	31
참고문헌.....	33
영문요약.....	37

그림 차례

그림 1. Doppler flow patterns of normal subjects....	6
그림 2. Doppler Patterns of Ventricular Inflow.....	18
그림 3. Doppler Patterns of Hepatic Vein.....	20
그림 4. Doppler Patterns of Superior Vena Cava....	22

표 차례

표 1. Profile of subject.....	8
표 2. Diagnosis of subject.....	8
표 3. Ventricular Inlet Doppler Profile(Velocities)....	9
표 4. Ventricular Inlet Doppler Profile(VTI's).....	10
표 5. Ventricular Inlet Doppler Profile (Time indices)...	10
표 6. Pulmonary Venous Doppler Profile (Velocities)....	12
표 7. Pulmonary Venous Doppler profile(VTI's)....	12
표 8. Hepatic Venous Doppler Profile(Velocities)....	14
표 9. Hepatic Venous Doppler Profile(VTI's).....	14
표 10. Doppler Profiles of Superior Vena Cava (Velocities & VTI's).....	16

국문요약

폰탄 술식후 체, 폐정맥 환류 양상 -도플러 심초음파를 이용한 분석-

폰탄 술식은 기능적으로 단심실의 병태를 갖는 복잡 심기형에서 장기 생존율과 삶의 질을 재고하는데 중요한 치료법이다. 이런 폰탄 술식후 적절한 심기능을 유지하기 위해서는 적절한 체, 폐정맥의 환류는 중요한 전제 조건이며, 여기에 호흡은 중요한 영향을 끼친다고 알려져 있다. 이에 본 저자는 도플러 심초음파검사를 통해서 폰탄 술식의 대표적인 2가지의 술식인 심방-폐동맥 문합술과 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군들의 혈액학적 소견과 이에 영향을 미치는 것으로 추정되는 호흡과의 연관성, 혈류 양상을 정상인 대조군과의 비교를 통해서 술후 혈액학적 소견의 변화의 양상을 규명하고자 하였다.

심방-폐동맥 문합술이나 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행받고 외래 추적관찰중인 16명의 환아와 심초음파의 적응이 되었으나, 구조적, 혈액학적으로 정상으로 판명된 7명의 환아를 대상으로 하였다. 각 대상 환아에서 심전도, 심음도(phonocardiogram) 및 호흡계(respirometer)를 부착하여 상공정맥, 간정맥, 우상폐정맥 및 체심실의 방실판막에서 도플러 영상을 기록한 후 환자군과 대조군간 도플러 영상의 여러 지표들과 호흡의 영향에 대하여 분석하였다.

심실 유입부에서의 혈류는 두 환자군이 정상 대조군에 비해 조기 이완기의 유속이 의미있게 감소하여서 이완기 기능이 감소하였음을 확인하였고, 폐정맥의 혈류는 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군이 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군과 정상 대조군에 비해 이완기의 유속이 증가하였다. 간정맥의 혈류는 두 환자군이 정상 대조군에 비해 유속이 의미있게 감소하였고, 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서 호흡에 영향을 많이 받아서 호기시 유속은 더 많이 감소하고, 역류는 호기시 더 증가하였다.

총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군은 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군과 대조군에 비해서 상대정맥과 간정맥에서의 역류의 정도는 낮았고, 흡기시 유속의 증가를 보였으며, 그 정도는 상대정맥에 비해 간정맥에서 더 심하였다.

총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군의 상대정맥의 혈류는 단상성(monophasic)의 지속성 혈류를 보였으며, 간정맥은 호흡 주기에 의존적인 양상의 이상성(biphasic)의 혈류를 보였다. 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군의 상대정맥은 심주기내 이상성의 모양을 보였으며, 간정맥은 이상성의 뚜렷한 심방 역류 소견을 보였다.

이상에서 정상 대조군과 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군과 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군들의 도플러 심초음파 소견의 분석을 통하여 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행받은 경우에 심방-폐동맥 문합술을 시행받은 경우보다 혈역학적으로 우수하지만 호흡에의 의존도가 높음을 확인할 수 있어서 호흡 기능에 문제가 있는 경우에는 더 세심한 관찰이 필요할 것으로 사료되며, 심방-폐동맥 문합술을 시행받은 경우는 심방의 수축으로 역혈류를 야기하며 비효율적인 혈행을 일으키고, 유속의 변화가 심하여 이들에게서는 앞으로 주요 복부장기의 정맥 순환에 대한 영향의 평가가 필요하다.

핵심되는 말: 폰탄 수술, 도플러 심초음파, 호흡, 체, 폐정맥 환류

폰탄 술식후 체, 폐정맥의 환류 양상 -도플러 심초음파를 이용한 분석-

<지도교수 이 승 규>

연세대학교 대학원 의학과

서 정 호

I. 서 론

폰탄 술식은 기능적으로 하나의 심실만을 사용할 수 있는 각종 복잡 심기형에서 체폐단락술등의 다른 고식술에 비해 만성적인 용적 과부하, 심근의 저산소 환경에의 노출, 대동맥 판류를 통한 혈류의 과다 및 이에 의한 대동맥 확장과 대동맥판의 기능부전등 장기 결과에 악영향을 미치는 요인들을 배제함으로써 단심실의 병태를 가지는 환자의 수술 후 장기 생존율 및 삶의 질을 재고하는데에 많은 공헌을 한 매우 중요한 치료법이다¹.

1971년 Fontan 및 Baudet이 우심실 우회술의 성공을 최초로 보고한 이래 적지 않은 조기 사망율, 다양한 합병증과 장기 추적상 사망율의 증가 등 부정적 측면에도 불구하고 광범위하게 본 술식이 이용되면서 폰탄식 순환을 더 잘 이해하고 부정적 결과들을 감소시키기 위해 많은 연구와 새로운 시도들이 있었으며 그 결과로 현재에는 세계적으로 많은 기관에서 비교적 낮은 사망율로 본 술식에 의한 치료를 할 수 있게 되었다¹⁻⁴.

그러나 장기 추적상 뚜렷이 증가하는 사망율, 유병율 및 기능적 혈액학적 이상과 부가적 위험요인을 가진 고위험군 환자의 평가, 치료 및 술후 대책은 이 기능적 교정술이 가지고 있는 난제라고 할 수 있다⁴.

그리고 폰탄 수술 후의 결과는 여러가지 형태학적, 혈액학적 인자들과 수술 방법 및 술기, 수술 시기, 그리고 궁극적 폰탄 술식을 달성하기까지 단

계적 위험 요인의 감쇠등 다양한 영향 요인을 가지고 있고, 이러한 여러가지 요인이 서로 연관되거나 상호작용을 가지므로 그 총체적 결과와 위험요인을 예측하는 것이 매우 어렵다.

이런 요인들 중 심장의 기능적 측면은 폰탄 술식 후 결과에 중요한 영향을 미치는 요인으로 인지되어 왔는데 심근의 비후, 심실의 용적, 심실의 형태, 폐혈관 및 전신 저항등 많은 형태학적, 혈액학적 요인들과 연관되어지게 된다⁵.

그리고, 우심 우회술인 폰탄 술식에서 적절한 체정맥의 환류는 중대한 전제조건이 되며 박출뿐 아니라 흡입 펌프로서의 심장의 양호한 기능은 체, 폐순환의 유지를 위해 반드시 필요하다는 가정하에 저자는 폰탄 술식후 환아에서 체, 폐정맥 환류의 변화 양상을 규명하고 호흡주기에 따른 영향을 평가하기 위해 본 연구를 시행하였다.

이에 본 저자는 도플러 심초음파검사를 통해서 폰탄 술식의 대표적인 2가지의 술식인 심방-폐동맥 문합술과 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군들의 혈액학적 소견과 이에 영향을 미치는 것으로 추정되는 호흡과의 연관성, 혈류 양상을 정상인 대조군과의 비교를 통해서 술후 혈액학적 소견의 변화의 양상을 규명하고 그 임상적 의미를 알기 위하여 연구를 시작하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

연세대학교 의과대학 심장혈관센터에서 심방-폐동맥 문합술 (atrio-pulmonary connection, APC)이나 총공정맥-폐동맥 문합술(total carvopulmonary connection, TCPC) 등의 폰탄 술식을 시행받고 1998년 2월에서 7월까지 소아심장과 외래에서 추적 심초음파검사를 시행받은 환자 중 방실판막역류가 1도 이하이고 체심실 구출분획이 정상 범위내에 있으며 각 체, 폐정맥과 심실유입로에서 양질의 도플러 영상을 얻을 수 있었던 환자 16명(환자군: TCPC 10명, APC 6명)과 심초음파검사의 적응이 되었으나 구조적, 혈액학적으로 정상으로 판명된 환자 7명(대조군)을 대상으로 하였다.

2. 방법

각 대상 환자에서 심전도, 심음도(phonocardiogram) 및 호흡계(respirometer)를 부착하여 상공정맥, 간정맥, 우상폐정맥 및 체심실의 방실판막에서 도플러 영상을 기록한 후 환자군과 대조군간 도플러 영상의 여러 지표들과 호흡의 영향에 대하여 분석하였고, 이 때 측정치는 3번의 다른 심주기마다 측정하여 평균을 구하였다.

도플러의 영상 중 체심실의 방실판막의 영상에서 2개의 상승(peak)중 심전도상 조기 이완기에 해당되는 부위는 E 파(wave)로 정의하였고, 심방 수축기에 해당되는 부위는 A 파로 정의하였다. 그리고, 상공정맥, 간정맥, 폐정맥의 영상에서 보이는 2개의 상승 중 심전도상 심실 수축기에 해당되는 부위는 S 파로 정의하였고, 심실 이완기에 해당되는 부위는 D 파로 정의하였으며, 2개의 상승파(peak wave)가 있는 부위와 반대의 상으로 나타나는 부위는 역류로서 R 파로 정의하였다.

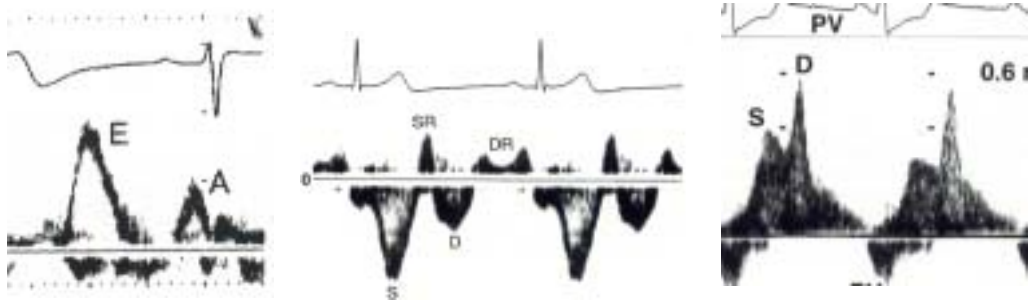


Fig 1. Doppler flow patterns of normal subjects.

left figure; doppler flow patterns in ventricular inlet, center figure; doppler flow patterns in hepatic vein and superior vena cava, right figure; doppler flow patterns in pulmonary vein.

3. 통계학적 분석

결과는 평균±표준편차 및 범위로 표시하였다. 각 군(TCPC군, APC군, control군)간의 유의성 검정은 SPSS 10.0(SPSS Inc. Chicago, USA)을 이용하여 두 군간의 비교는 독립 표본 t-test를, 3군간의 비교는 일원배치 변량 분석(one-way analysis of variance, ANOVA)으로 검정하였으며, 신뢰구간을 95%로 하여 유의성을 분석하였다.

III. 결 과

1. 대상 환자의 특성 및 원인 질환

총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 10명의 환자들의 나이는 63 ± 22 개월, 체표면적은 0.67 ± 0.10 , 심박수는 분당 89 ± 13 회, 심전도상 R-R 간격은 89 ± 11 mm, 호흡수는 분당 24 ± 6 회, 수축기 심실 구출율은 $62.3\pm 5.8\%$ 이었다.

심방-폐동맥 문합술을 시행한 6명의 환자들의 나이는 92 ± 52 개월, 체표면적은 0.86 ± 0.30 , 심박수는 분당 83 ± 9 회, 심전도상 R-R 간격은 73 ± 8 mm, 호흡수는 분당 23 ± 4 회, 수축기 심실 구출율은 $63.3\pm 4.4\%$ 이었다.

혈역학적으로 정상인 7명의 환자들의 나이는 86 ± 52 개월, 체표면적은 0.85 ± 0.32 , 심박수는 분당 93 ± 8 회, 심전도상 R-R 간격은 70 ± 5 mm, 호흡수는 분당 23 ± 5 회, 수축기 심실 구출율은 $67.4\pm 5.5\%$ 이었다.

심방-폐동맥 문합술을 시행한 군의 심박수가 정상 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 작은 것 이외에 환자군인 두 그룹과 정상 혈역학적 소견을 보인 대조군 사이의 대상 환자 사이의 특성은 통계학적으로 유의한 차이점은 없었다.(Table 1)

환자군 중 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 10명의 환자들의 원인 질환은 삼첨판 폐쇄/협착이 2례, 승모판 폐쇄/협착이 2례, 단심실(양대혈관 좌(우)심실 유입)인 경우가 2례, 심실중격결손이 없는 폐동맥 폐쇄가 2례, 심내막상 결손/양대 혈관 우심실 기시 인 경우가 2례 있었다.

심방-폐동맥 문합술을 시행한 6명의 환자들의 원인 질환은 삼첨판 폐쇄/협착이 4례, 단심실(양대혈관 좌(우)심실 유입)인 경우가 2례 있었다.(Table 2)

Table 1. Comparison of characteristics in normal subjects and patients.

	TCPC*	APC**	control	<i>P value</i>			
				t 1†	t 2††	t 3&	anova&&
Age(Month)	63±22	92±52	86±52	NS	NS	NS	NS
BSA#	0.67±0.10	0.86±0.30	0.85±0.32	NS	NS	NS	NS
Heart rate	89±13	83±9	93±8	NS	NS	0.04	NS
R-R interval	69±11	73±8	70±5	NS	NS	NS	NS
Resp Rate	24±6	23±4	23±5	NS	NS	NS	NS
SVEF##	62.3±5.8	63.3±4.4	67.4±5.5	NS	NS	NS	NS

*; total cavo-pulmonary connection, **; atrio-pulmonary connection, #; body surface area, ##; systemic ventricle ejection fraction, †; t test between TCPC and APC, ††; t test between TCPC and control, &; t test between APC and control, &&; anova test among TCPC, APC and control, NS; not significant

Table 2. Primary disease of patients before Fontan operation

	TCPC*	APC**
Tricuspid Atresia/Stenosis	2	4
Mitral Atresia/Stenosis	2	0
DIL(R)V#	2	2
PA with IVS##	2	0
ECD/DORV\$	2	0

*; Total cavo-pulmonary connection, **; Atrio-pulmonary connection, #; Double inlet left(right) ventricle, ##; Pulmonary atresia with intact ventricular septum, \$; Endocardial cushion defect/Double outlet right ventricle

2. 도플러 심초음파를 이용한 환자군과 대조군간의 혈액학적 변화 분석 및 호흡 주기에 따른 혈행의 분석

가. 심실 유입부에서의 혈액학적 분석 및 호흡 주기에 따른 혈행의 분석

심실 유입부에서의 조기 이완기의 최고유속(peak E)과 유속비-시간 적분(E VTI)은 TCPC군과 APC군사이의 통계학적인 유의한 차이는 없었으나, TCPC군은 정상 대조군보다, APC군은 정상 대조군보다 통계학적으로 유의하게 감소되어 있어서, 세 군 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 한편, 심방 수축기의 최고유속(peak A)과 유속비-시간 적분(A VTI)는 환자군과 대조군 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 없었고, 각 군간의 차

이도 없었다.

따라서 조기 이완기/심방 수축기 최고유속비(E/A ratio)과 조기 이완기/심방 수축기 유속비-시간 적분(E/A area ratio)는 TCPC군이 정상 대조군보다, APC군이 정상 대조군보다 통계학적으로 유의하게 감소되어 있어서, 세 군 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 이것으로 보아 두 환자군에서는 방실 판막을 통한 심실 이완기의 전체 혈류 중 조기 이완기의 비중이 대조군보다 낮음을 알 수 있어서 이완기의 기능이 감소하였음을 확인할 수 있다.

호흡의 영향을 알아보기 위한 흡기/호기의 비에서는 심실 유입부에서의 조기이완기, 심방수축기의 최고유속(peak E, peak A)과 조기이완기, 심방수축기의 유속비-시간 적분(E VTI, A VTI)의 흡기/호기의 비는 환자군과 대조군 모두에서 1이하로 호기시의 혈류가 흡기시보다 약간 우세하나, 환자군과 대조군사이에는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. (Table 3,4)

심실 유입부에서의 시간 계수에서 흡기시의 상승시간(acceleration time)은 APC군이 대조군보다 통계학적으로 유의하게 짧았으며, 흡기시의 등속성이완시간(isovolumic relaxation time)의 경우 TCPC군이 대조군보다 통계학적으로 유의하게 길었으며, 그 이외의 시간 계수는 환자군과 대조군 사이에 통계학적으로 의미있는 차이를 보이지 않았다.(Table 5)

Table 3. Velocities of ventricular inlet doppler profile

		TCPC	APC	control	<i>P value</i>			
					t 1 [†]	t 2 ^{††}	t 3 ^{&}	anova ^{&&}
Peak E (cm/sec)	Insp [*]	68±15	57±15	89±11	NS	0.02	0.008	0.01
	Exp ^{**}	71±18	65±13	90±11	NS	0.04	0.014	0.043
	Ratio	0.96±0.08	0.98±0.08	0.98±0.07	NS	NS	NS	NS
Peak A (cm/sec)	Insp	56±13	49±7	50±5	NS	NS	NS	NS
	Exp	64±12	57±9	55±7	NS	NS	NS	NS
	Ratio	0.88±0.09	0.86±0.06	0.91±0.12	NS	NS	NS	NS
E/A ratio	Insp	1.24±0.26	1.13±0.09	1.79±0.14	NS	0.001	0.001	<0.001
	Exp	1.12±0.20	1.13±0.20	1.66±0.15	NS	<0.001	0.003	<0.001
	Ratio	1.11±0.14	1.00±0.05	1.08±0.09	NS	NS	NS	NS

*; inspiratory phase, **; expiratory phase, †; t test between TCPC and APC, ††; t test between TCPC and control, &; T test between APC and control, &&; anova test among TCPC, APC and control, NS; not significant

Table 4. Velocity-time integrals of ventricular inlet doppler profile

		TCPC	APC	control	<i>P value</i>			
					t 1 [†]	t 2 ^{††}	t 3 ^{&}	anova ^{&&}
E area (cm)	Insp [*]	7.0±2.6	5.4±1.9	9.5±1.4	NS	NS	0.008	0.044
	Exp ^{**}	7.3±2.6	5.6±1.6	10.0±1.9	NS	0.04	0.006	0.018
	Ratio	0.95±0.08	0.94±0.10	0.93±0.10	NS	NS	NS	NS
A area (cm)	Insp	4.8±2.4	3.9±0.5	4.1±0.6	NS	NS	NS	NS
	Exp	5.4±2.3	4.7±0.6	4.5±0.8	NS	NS	NS	NS
	Ratio	0.88±0.12	0.85±0.44	0.92±0.10	NS	NS	NS	NS
E/A ratio	Insp	1.6±0.6	1.4±0.4	2.3±0.3	NS	0.04	0.005	0.04
	Exp	1.4±0.4	1.2±0.3	2.3±0.3	NS	0.03	0.001	0.002
	Ratio	1.10±0.19	1.11±0.07	1.01±0.09	NS	NS	NS	NS

*; inspiratory phase, **; expiratory phase, †; T test between TCPC and APC, ††; t test between TCPC and control, &; t test between APC and control, &&; anova test among TCPC, APC and control, NS; not significant

Table 5. Time indices of ventricular inlet doppler profile

		TCPC	APC	control	<i>P value</i>			
					t 1 [†]	t 2 ^{††}	t 3 ^{&}	anova ^{&&}
Acc. [*] Time (msec)	Insp	74±16	69±13	83±5	NS	NS	0.05	NS
	Exp	74±13	69±11	84±10	NS	NS	NS	NS
Dec ^{**} Time (msec)	Insp	120±30	118±10	127±16	NS	NS	NS	NS
	Exp	112±28	108±91	26±17	NS	NS	NS	NS
PHT [#] (msec)	Insp	35±10	34±5	37±5	NS	NS	NS	NS
	Exp	33±9	31±4	36±6	NS	NS	NS	NS
IVRT ^{\$} (msec)	Insp	60±11	53±13	47±10	NS	0.05	NS	NS
	Exp	57±12	56±13	46±10	NS	NS	NS	NS

*; acceleration, **; deceleration, #; pressure half time, \$; isovolumic relaxation time, †; t test between TCPC and APC, ††; t test between TCPC and control, &; t test between APC and control, &&; anova test among TCPC, APC and control, NS; not significant

결론적으로 심실 유입부에서의 혈류는 두 환자군이 정상 대조군에 비해 조기 이완기의 유속이 의미있게 감소하여서 이완기 기능이 감소하였음을 알 수 있었고, 두 환자군 사이의 의미있는 차이는 없었으며, 호흡에 의해 호기시 유속이 증가하는 경향을 보였으나, 뚜렷한 차이는 없었고, 환자군과 정상 대조군 사이의 유의한 차이도 없었다.

나. 폐정맥에서의 혈역학적 분석 및 호흡 주기에 따른 혈행의 분석

폐정맥에서의 흡기시 수축기 최고유속(peak S)과 이완기 최고유속(peak D)은 TCPC군이 APC군보다 통계학적으로 유의하게 증가되어 있어 세 군간의 비교에서도 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 그 외의 유속은 세 군간의 통계학적인 유의한 차이를 보이지 않았다.

유속비-시간 적분의 경우 이완기 영역(D VTI)은 흡기시 TCPC군이 APC군과 정상 대조군보다 통계학적으로 유의하게 증가하여서, 수축기/이완기 유속비-시간 적분비(S/D VTI ratio)는 흡기시 TCPC군이 APC군과 정상 대조군보다 통계학적으로 유의하게 감소하였고, 호기시에는 TCPC군이 정상 대조군보다 통계학적으로 유의하게 감소하였다.

따라서, 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서는 대조군에 비해서 수축기, 이완기의 유속이 모두 낮았으나, 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서는 대조군과 수축기의 유속은 비슷하였고, 이완기의 유속은 오히려 더 높은 것으로 보아, 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행하는 것이 폐정맥에서는 혈역학적으로 더 유리함을 확인할 수 있었다.

호흡의 영향을 알아보기 위한 흡기/호기의 비에서는 세 군 모두 수축기 최고유속(peak S), 이완기 최고유속(peak D)이 1이하로 호기시의 혈류가 흡기시보다 약간 우세하였고, TCPC군의 경우는 심방역류 최고유속(peak R), 수축기/이완기 최고유속비(S/D ratio), 수축기 유속비-시간 적분(S VTI), 이완기 유속비-시간 적분(D VTI)들의 흡기/호기 비는 1 이상으로 흡기가 더 우세하였으나, 환자군과 대조군사이에는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.(Table 6,7)

Table 6. Velocities of pulmonary venous doppler profiles

		TCPC	APC	control	t 1 [†]	<i>P value</i>		anova ^{&&}
					t 2 ^{††}	t 3 ^{&}		
Peak S (cm/sec)	Insp [*]	46±10	37±4	45±6	0.03	NS	NS	0.04
	Exp ^{**}	47±12	42±4	48±8	NS	NS	NS	NS
	Ratio	0.98±0.10	0.89±0.06	0.95±0.13	NS	NS	NS	NS
Peak D (cm/sec)	Insp	65±17	40±18	50±7	0.03	NS	NS	0.029
	Exp	67±17	47±18	51±13	NS	NS	NS	NS
	Ratio	0.96±0.10	0.85±0.07	0.98±0.17	NS	NS	NS	NS
Peak R (cm/sec)	Insp	13±12	10±8	15±3	NS	NS	NS	NS
	Exp	12±11	10±7	16±4	NS	NS	NS	NS
	Ratio	1.12±0.16	0.99±0.30	0.94±0.15	NS	NS	NS	NS
S/D ratio	Insp	0.74±0.25	0.95±0.44	0.93±0.16	NS	NS	NS	NS
	Exp	0.74±0.28	0.90±0.35	0.83±0.28	NS	NS	NS	NS
	Ratio	1.02±0.14	1.03±0.15	0.97±0.06	NS	NS	NS	NS

*; inspiratory phase, **; expiratory phase, †; t test between TCPC and APC, ††; t test between TCPC and control, &; t test between APC and control, &&; anova test among TCPC, APC and control, NS; not significant

Table 7. Velocity-time integrals of pulmonary venous doppler profile

		TCPC	APC	control	t 1 [†]	<i>P value</i>		anova ^{&&}
					t 2 ^{††}	t 3 ^{&}		
S area (cm)	Insp [*]	9.0±2.8	8.2±1.4	10.3±1.1	NS	NS	NS	NS
	Exp ^{**}	8.8±2.5	9.6±0.6	10.8±1.5	NS	NS	NS	NS
	Ratio	1.02±0.15	0.85±0.12	0.96±0.15	NS	NS	NS	NS
D area (cm)	Insp	15.4±1.4	8.4±2.0	8.0±2.0	0.05	0.03	NS	0.016
	Exp	14.4±2.5	9.7±2.7	9.0±3.4	NS	NS	NS	NS
	Ratio	1.07±0.20	0.84±0.12	0.93±0.19	NS	NS	NS	NS
S/D area ratio	Insp	0.64±0.23	1.09±0.43	1.37±0.40	0.03	0.01	NS	NS
	Exp	0.66±0.25	1.03±0.24	1.33±0.45	NS	0.005	NS	NS
	Ratio	0.97±0.15	1.05±0.27	1.04±0.06	NS	NS	NS	NS

*; inspiratory phase, **; expiratory phase, †; t test between TCPC and APC, ††; t test between TCPC and control, &; t test between APC and control, &&; anova test among TCPC, APC and control, NS; not significant

결론적으로 TCPC군의 이완기의 유속과 유속비-시간 적분비가 APC군과 정상 대조군에 비해 의미있게 컸으며, 호흡에 의한 영향은 호기시 유속이 증가하는 경향을 보였으나, 뚜렷한 차이는 없었고, 환자군과 정상 대조군 사이의 유의한 차이도 없었다.

다. 간정맥에서의 혈역학적 분석 및 호흡 주기에 따른 혈행의 분석

간정맥에서의 수축기 최고유속(peak S)에서 흡기시는 세 군사이의 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나, 호기시에는 TCPC군이 정상 대조군보다 통계적으로 유의하게 유속이 감소하여 세군 사이의 통계학적인 차이가 있었다. 따라서 흡기/호기의 비도 TCPC군이 정상 대조군보다 증가하여, 세군 사이의 통계학적인 차이를 볼 수 있어서 TCPC군은 APC군과 정상 대조군보다 호흡에의 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있었다.

이완기 최고유속(peak D)의 경우는 흡기시와 호기시 모두 TCPC군과 APC군이 정상 대조군보다 통계적으로 유의하게 감소되어 있어서 세군 사이의 통계학적인 차이가 있었다. 그리고, TCPC군과 APC군이 정상 대조군보다 호기시 유속이 더 많이 감소하여 호흡에의 영향을 많이 받음을 확인할 수 있었으나, 두 환자군의 호기시 유속이 0으로 나오는 경우가 있어서, 흡기/호기의 비는 구하지 못하였다.

수축기, 이완기 유속비-시간 적분의 합(S+D VTI)은 흡기시에는 세군 사이의 통계학적인 차이는 없었고, 호기시에는 세군 모두 감소하였는데, TCPC군과 APC군이 정상 대조군보다 통계적으로 유의하게 감소하였다. 이 중에서도 TCPC군의 경우 흡기/호기의 비는 정상 대조군보다 통계적으로 의미있게 커서 TCPC군이 간정맥에서 호흡의 영향을 많이 받고 있음을 확인할 수 있었다.

심방역류 최고유속(peak R)은 흡기시에는 TCPC군이 APC군보다 유속이 통계적으로 유의하게 낮았으며, 호기시에는 APC군이 정상 대조군보다 통계적으로 유의하게 증가하였다. 세군 모두 호기시 역류가 증가하였는데, 그 정도는 TCPC군이 APC군과 정상 대조군보다 통계적으로 유의하게 증가하여서 역류의 흡기/호기의 비는 세군 사이의 통계학적 차이가 있었다.

심방역류 유속비-시간 적분(R VTI)은 흡기시에는 세군 사이의 통계적으로 의미있는 차이를 보이지 않았으나, 호기시에는 TCPC군과 APC군이 정상 대조군에 비해서 의미 있게 컸으며, 흡기/호기의 비에서는 TCPC군이 APC군과 정상 대조군에 비해 통계적으로 의미있게 커서 TCPC군이 APC군과 정상 대조군에 비해 호흡에 영향을 더 많이 받고 있음을 알 수 있었다.

그리고, 순전진혈류 유속비-시간 적분(net forward flow, (S+D-R) VTI)는 흡기시에는 세 군 사이의 통계적으로 의미있는 차이를 보이지 않았지만, 호기시에는 TCPC군과 APC군이 정상 대조군에 비해 통계적으로 의미있게 감소하였고, 그 합계에서도 TCPC군과 APC군이 정상 대조군보다 통계적으로 의미있게 적었다. TCPC군이 APC군보다 합계가 컸지만 통계적으로 의미있는 차이는 없었다. (Table 8,9)

Table 8. Velocities of hepatic venous doppler profile

		TCPC	APC	control	<i>P value</i>			
					t 1 [†]	t 2 ^{††}	t 3 ^{&}	anova ^{&&}
Peak S (cm/sec)	Insp [*]	39±15	46±16	54±20	NS	NS	NS	NS
	Exp ^{**}	23±12	37±15	46±18	NS	0.01	NS	0.02
	Ratio	1.71±0.42	1.28±0.35	1.20±0.14	NS	0.02	NS	0.03
Peak D (cm/sec)	Insp	25±8	22±14	46±15	NS	0.04	0.003	0.005
	Exp	4±3	4±6	34±16	NS	0.01	0.009	<0.001
	Ratio	-	-	-	-	-	-	-
Peak R (cm/sec)	Insp	9±11	24±15	12±7	0.05	NS	NS	NS
	Exp	29±16	37±6	15±8	NS	NS	0.005	NS
	Ratio	0.19±0.24	0.67±0.37	0.79±0.06	0.01	<0.001	NS	0.001

*; inspiratory phase, **; expiratory phase, †; t test between TCPC and APC, ††; t test between TCPC and control, &; t test between APC and control, &&; anova test among TCPC, APC and control, NS: not significant

Table 9. Velocity-time integrals of hepatic venous doppler profile

		TCPC	APC	control	<i>P value</i>			
					t 1 [†]	t 2 ^{††}	t 3 ^{&}	anova ^{&&}
S+D area (cm)	Insp [*]	18±9	16±7	22±4	NS	NS	NS	NS
	Exp ^{**}	4±3	6±3	17±4	NS	<0.001	0.003	<0.001
	Ratio	6.7±5.4	2.9±1.9	1.4±0.2	NS	0.01	NS	NS
R area (cm)	Insp	1.7±2.3	2.8±1.1	1.5±0.9	NS	NS	NS	NS
	Exp	6.5±3.3	7.7±4.4	2.4±1.6	NS	0.02	0.039	0.047
	Ratio	0.22±0.29	0.46±0.27	0.50±0.28	0.01	<0.001	NS	0.001
NFF [#]	Insp	16.6±8.5	12.7±7.6	20.9±4.1	NS	NS	NS	NS
	Exp	-2.3±2.3	-1.6±5.6	14.3±4.4	NS	<0.001	0.002	<0.001
	SUM ^{##}	14.4±7.9	11.1±4.1	35.3±8.3	NS	<0.001	<0.001	<0.001

*; inspiratory phase, **; expiratory phase, #; net forward flow = (S+D-R) area, ##; NFF_{insp} + NFF_{exp}, †; t test between TCPC and APC, ††; t test between TCPC and control, &; t test between APC and control, &&; anova test among TCPC, APC and control, NS: not significant

결론적으로 간정맥에서 두 환자군이 정상 대조군에 비해 유속이 의미있게

감소하였고, TCPC군과 APC군 사이의 의미있는 차이는 없었으며, TCPC군에서 호흡에 영향을 많이 받아서 호기시 유속은 더 많이 감소하고, 역류는 호기시 더 증가하였다.

라. 상대정맥에서의 혈역학적 분석 및 호흡 주기에 따른 혈행의 분석

상대정맥에서의 수축기 최고유속(peak S), 이완기 최고유속(peak D), 수축기/이완기 유속비-적분(S/D VTI)는 흡기, 호기 모두에서 세 군 사이의 통계적으로 의미있는 차이는 없었다.

심방역류 최고유속(peak R)은 TCPC군이 APC군보다 통계적으로 의미있게 작아서 세 군사이에 통계적으로 의미있는 차이를 보였다.

호흡에 의한 영향은 호기시 유속이 감소하는 경향을 보였으나, 세 군 사이의 의미있는 차이를 보이지는 않았다. 역류시 흡기/호기의 비는 두 환자군의 호기시 유속이 0으로 나오는 경우가 있어서, 흡기/호기의 비는 구하지 못하였다.

결론적으로 상대정맥의 혈류는 환자군과 대조군 사이의 통계적으로 의미있는 차이를 보이지는 않았으나, TCPC군이 APC군에 비해 의미있게 역류가 감소하였고, 호흡에 의한 영향으로 호기시 유속이 감소하였으나, 세 군 사이의 의미있는 차이를 보이지는 않았다(Table 10).

Table 10. Velocities and Velocity-time integrals of doppler profiles of Superior Vena Cava

		TCPC	APC	control	<i>P value</i>			
					t 1†	t 2††	t 3&	anova&&
Peak S (cm/sec)	Insp*	49±20	52±9	49±12	NS	NS	NS	NS
	Exp**	40±19	43±9	43±12	NS	NS	NS	NS
	Ratio	1.31±0.22	1.24±0.22	1.15±0.08	NS	NS	NS	NS
Peak D (cm/sec)	Insp	50±20	31±10	45±9	NS	NS	NS	NS
	Exp	40±16	27±10	43±11	NS	NS	NS	NS
	Ratio	1.25±0.15	1.15±0.05	1.17±0.14	NS	NS	NS	NS
Peak R (cm/sec)	Insp	2±2	18±13	9±8	0.005	NS	NS	0.002
	Exp	3±4	19±14	8±6	0.004	NS	NS	0.008
	Ratio	-	-	-	-	-	-	-
S/D area (cm)	Insp	26±9	23±6	22±3	NS	NS	NS	NS
	Exp	20±9	17±4	19±5	NS	NS	NS	NS
	Ratio	1.4±0.3	1.4±0.2	1.3±0.3	NS	NS	NS	NS

*, inspiratory phase, **, expiratory phase, †; t test between TCPC and APC, ††; t test between TCPC and control, &; t test between APC and control, &&; anova test among TCPC, APC and control, NS; not significant

3. 심주기에 따른 혈류의 분석

가. 심실 유입부에서의 심주기에 따른 혈류의 분석

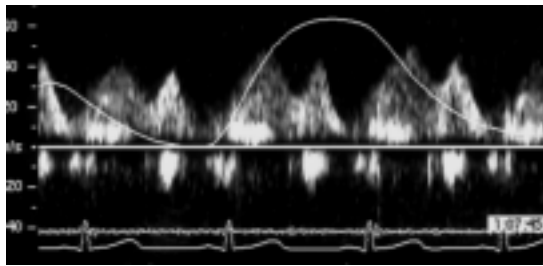
심실 유입부의 혈류의 모양을 조기 이완기의 최고 유속(peak E)이 심방 수축기의 최고 유속(peak A)보다 높은 정상 모양을 할 때 type I 라고 정의하고, 조기 이완기의 최고 유속(peak E)이 심방 수축기의 최고 유속(peak A)보다 낮은 이완기능 장애 모양(relaxation abnormality)을 할 때 type II 라고 정의하며, 조기 이완기의 최고 유속(peak E)과 심방 수축기의 최고 유속(peak A)이 비슷한 위정상화(pseudonormalization) 소견을 보인 경우를 type III 라고 정의하였다. (Fig. 2)

정상 대조군에서는 type I 이 2례에서, type II가 5례 있었다.

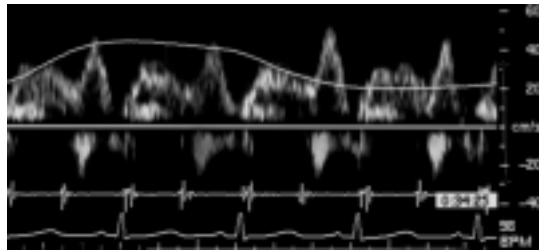
TCPC군의 경우에는 type II가 8례에서, type III가 2례 있었다.

APC군은 type I 이 3례에서, type II가 1례에서, type III가 2례 있었다.

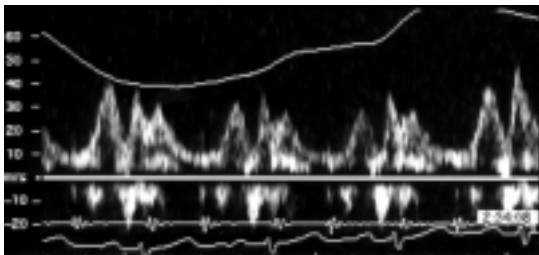
(Table 11)



Type I



Type II



Type III

Fig 2. Types of doppler flow patterns in ventricular inflow. Type I means normal pattern, Type II means relaxation abnormality pattern, and Type III means pseudonormalization pattern.

Table 11. Case of different doppler flow patterns in ventricular inflow

	Type I (%)	Type II (%)	Type III (%)	Total (%)
TCPC	0 (0)	8 (80)	2 (20)	10 (100)
APC	3 (50)	1 (17)	2 (33)	6 (100)
Control	2 (29)	5 (71)	0 (0)	7 (100)

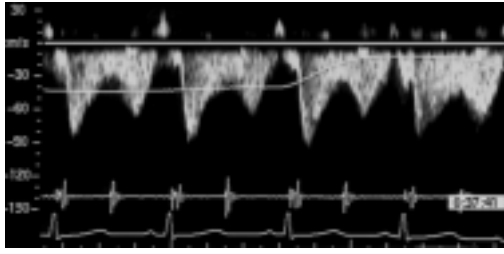
나. 간정맥에서의 심주기에 따른 혈류의 분석

간정맥 혈류의 모양을 심주기에 의존적이며, 수축기의 최고 유속(S wave)이 이완기의 최고 유속(D wave)보다 높은 정상 소견을 type I 라고 정의하고, 호흡 주기에 의존적이어서 호기시 유속이 감소하는 소견을 type II 라고 정의하며, 심주기에 의존적이면서 심방 역류가 뚜렷한 소견을 type III 라고 정의하였다. (Fig. 3)

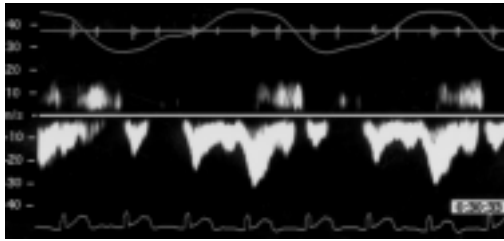
정상 대조군에서는 모든 예에서 type I 의 모양을 보였다.

TCPC군의 경우에는 9례에서 type II의 모양을 보였고, 1례에서 type III의 모양을 보였다.

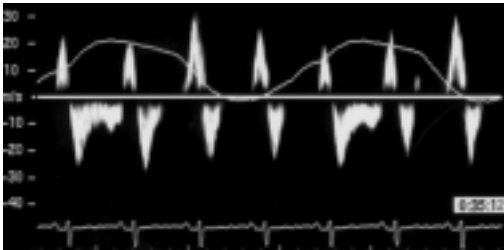
APC군의 경우에는 1례에서 type II의 모양을 보였고, 5례에서 type III 의 모양을 보였다. (Table 12)



Type I



Type II



Type III

Fig 3. Types of doppler flow patterns in hepatic vein. Type I means normal pattern, Type II means respiratory dependent and decreasing flow during expiration pattern, and Type III means cardiac dependent and apparent atrial reverse flow pattern.

Table 12. Case of different doppler flow patterns in hepatic vein

	Type I (%)	Type II (%)	Type III (%)	Total (%)
TCPC	0 (0)	9 (90)	1 (10)	10 (100)
APC	0 (0)	1 (17)	5 (83)	6 (100)
Control	7 (100)	0 (0)	0 (0)	7 (100)

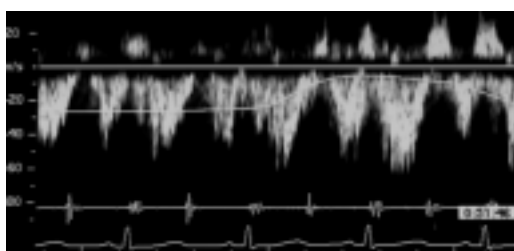
다. 상대정맥에서의 심주기에 따른 혈류의 분석

상대정맥 혈류의 모양을 심주기에 의존적이며, 수축기의 최고 유속(S wave)이 이완기의 최고 유속(D wave)보다 높은 정상 소견을 type I 라고 정의하고, 심주기에 따라 단상성(monophasic)의 모양을 하는 경우를 type II 라고 정의하며, 각 심주기가 분리되면서 같은 심주기내 이상성(biphasic)의 모양을 하는 경우를 type III로 정의하였다. (Fig. 4)

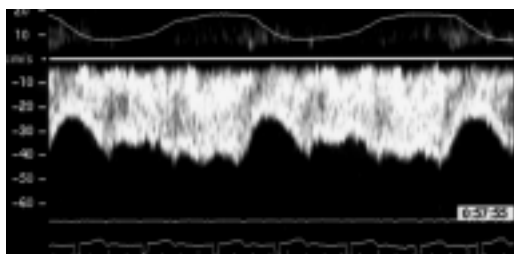
정상 대조군에서는 모든 예에서 type I의 모양을 보였다.

TCPC 군에서는 9례에서 type II의 모양을 보였고, 1례에서는 type III의 모양을 보였다.

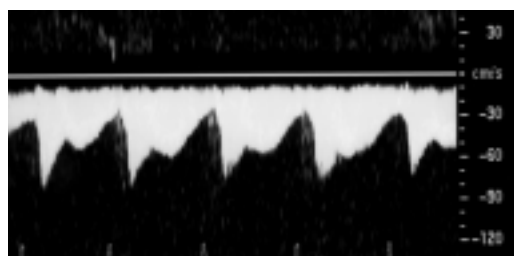
APC 군에서는 4례가 typeIII의 모양을 나타내었고, 2례가 type II의 모양을 보였다. (Table 13)



Type I



Type II



Type III

Fig 4. Types of doppler flow patterns in superior vena cava. Type I means normal pattern, Type II means monophasic flow pattern, and Type III means biphasic flow pattern.

Table 13. Case of different doppler flow patterns in Superior Vena Cava

	Type I (%)	Type II (%)	Type III (%)	Total (%)
TCPC	0 (0)	9 (90)	1 (10)	10 (100)
APC	0 (0)	2 (34)	4 (67)	6 (100)
Control	7 (100)	0 (0)	0 (0)	7 (100)

IV. 고 찰

기능적으로 하나의 심실만을 사용하는 각종 복잡 심기형에 대한 치료는 1949년 Rodbard, Wegner 등⁶에 의해 우심실을 우회하는 개념이 제시되면서부터 새로운 전기를 맞이하였다. 이후 1951년 Carlon 등⁷은 폐가 체정맥 압에 의해서도 관류됨을 실험적으로 증명하였고, 임상적으로는 1958년 Glenn 등⁸이 상대정맥과 우 폐동맥간의 문합을 시도하였으며, 1971년 Fontan 및 Baudet³에 의해 처음으로 삼첨판 폐쇄 환자에서 전체 체정맥 혈류를 폐순환으로 직접 연결하는 수술의 성공이 보고됨으로써 이른바 “폰탄 술식”의 임상적 적용이 시작되었다.

폰탄 수술의 도입 시기에는 비후된 우심방의 박동이 폐순환에 필요한 에너지를 공급할 수 있다는 가정 하에서 우심방을 폰탄 순환의 일부로 사용하는 심방-폐동맥 문합술이 시도되었다⁴. 하지만, 폰탄 수술의 적용 빈도의 증가함에 따라 진행적인 우심방 비대 및 우심방 압력의 증가, 폰탄 순환 회로 내에서의 와류(turbulence)형성 및 에너지 손실, 심한 심방성 부정맥, 우심방 확장으로 인한 폐정맥 협착, 관상 정맥동 압력 증가, 심방 혈전, 만성 흉막 삼출, 단백 소실성 장병증 등의 다양한 합병증이 보고되었고 장기 추적상 뚜렷한 사망률의 증가 및 운동능력 감소(exercise intolerance) 등이 언급되었다^{1-2,4}.

이에 따라 많은 연구자들은 다양한 합병증의 발생과 사망률의 증가의 원인이 폰탄 순환에 우심방이 있기 때문이라고 생각하게 되었는데, 그 해결 방법으로 1984년 Kawashima 등⁹은 하공정맥 단절 및 기정맥 연결(interruption of infrahepatic inferior vena cava with azygous continuation)을 가진 환자들에서 우심실 및 우심방을 우회하는 시술(total right heart bypass surgery)을 성공하여 우심방의 박동이 폰탄 순환에 필수적인 것이 아님을 증명하였고, 1988년 de Leval 등¹⁰⁻¹²은 박동성 공동(pulsatile cavity)을 적용한 폰탄 회로(Fontan circuit) 모형에서의 실험적 근거와 함께 우심방의 수축이 폐순환에 필수적이지 않을 뿐 아니라 오히려 심방의 박동성 운동으로 와류가 형성되어 이것이 지속적인 에너지 손실을

초래하며 저 심박출상태 및 다양한 합병증을 유발한다고 주장하면서 고전적 폰탄 수술의 합리적인 대안으로서 총 공정맥-폐동맥 문합술을 제안하였다.

이러한 이유로 기능성 단심실의 환자의 고식적 교정술로서 심방-폐동맥 문합술에서 총공정맥-폐동맥 문합술로 전환되고 있는 경향이다. 이런 다양한 폰탄 술기의 변형의 근거는 술후 생존율과 연관이 있는 혈액학적 소견과 관련된 연구가 바탕이 되었다¹³. 하지만 총공정맥-문합술을 통한 혈액학적 장점에도 불구하고, 정맥 혈류에는 부정적인 영향을 미친다는 견해가 나타나고, 폰탄 수술의 다양한 변형에도 불구하고 항상 문제점으로 지적되는 것은 체정맥 환류의 변화에 관한 것이어서, 폰탄 순환내의 혈류에 관한 분석이 시도되었다¹³.

Renete, Ingrid 등¹⁴의 연구에 의하면 폰탄 수술후 정맥혈의 최고 유속은 감소하는데, 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자들의 상대정맥혈류의 수축기 유속은 이완기의 유속보다 높으며, 환자의 절반정도에서 약간의 역류가 있었다고 한다. 그러나 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서는 수축기와 이완기 사이의 변화는 뚜렷하지 않았다고 한다. 본 연구에서도 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서 상대정맥혈류의 수축기 유속이 이완기 유속보다 높았으며, 역류의 정도는 대조군과 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군보다 많았다. 한편, 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서는 수축기와 이완기의 유속차이는 거의 없었으며, 역류의 정도는 대조군과 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군보다 낮았다.

Fogel, Weinberg 등¹⁵의 연구에 의하면 체정맥 혈류의 약 70%는 심장 주기에 의존적이고, 나머지는 호흡주기에 의존적이었다. 그리고 가장 높은 유속은 수축기말과 이완기초, 흡기시이고, 가장 낮은 유속은 정체되는 곳이라고 하였다. 본 연구에서는 체정맥혈류가 들어오는 심실 유입부의 도플러 심초음파검사상 심방수축기의 유속은 대조군과 환자군의 차이가 없었으나, 조기이완기의 유속은 환자군에서 대조군보다 낮았다. 조기이완기/심방수축기의 비는 대조군과 환자군 모두에서 1보다 커서, 심장 주기중 조기 이완기의 비중이 높음을 알 수 있었는데, 그 정도가 환자군이 대조군보다 낮은 것으로 보아 혈류의 심주기의 의존도가 정상인보다는 낮음을 확인할 수 있었고, 두 환자군 사이에는 큰 차이가 없었다. 또한 이전의 연구에서는 없었으나,

본 연구에서의 폐정맥혈류의 심초음파를 통한 분석에 의하면 폐정맥혈류는 수축기의 유속보다 이완기의 유속이 높았다. 그리고, 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서는 대조군에 비해서 수축기, 이완기의 유속이 모두 낮았으나, 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서는 대조군과 수축기의 유속은 비슷하였고, 이완기의 유속은 오히려 더 높은 것으로 보아, 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행하는 것이 폐정맥에서는 혈역학적으로 더 유리함을 확인할 수 있었다.

이외에 간정맥에 대한 혈역학적인 다른 연구에 의하면 정상 간정맥의 혈류는 심방 수축시와 심실 수축기말에 많은 역류가 생기는 것 이외에는 상대정맥의 혈류의 형태와 유사하다고 하였다¹⁶⁻¹⁸. 본 연구에서는 환자군, 대조군 모두에서 수축기의 유속이 이완기의 유속보다 빨랐다. 그리고 역류의 정도는 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서 대조군보다 심하였으나, 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군의 경우에는 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군보다 유의하게 적었으며, 대조군과는 비슷하여 총공정맥-폐동맥 문합술의 혈역학적인 우수성을 확인할 수 있었다. 이처럼 심방-폐동맥 문합술을 시행한 경우 체정맥의 역류뿐만 아니라, 간정맥에서의 역류 및 정체로 인해서 간기능의 장애 및 단백소실성 장병증을 유발하게 되고 이 경우에는 총공정맥-폐동맥 문합술로의 전환을 시도하는 경향이다. 하지만 이 경우에도 간내 우회(collateral) 혈류를 일으킬 수 있어 진행적인 청색증을 동반할 가능성도 있다고 한다¹⁹.

이제까지 살펴본 폰탄 수술을 시행한 환자들의 혈역학적인 소견이외에도 최근에는 도플러 심초음파를 이용하여 폰탄 순환내의 혈류의 호흡과의 연관성에 대해 주목하기 시작하였다.

Querish, Richheimer 등²⁰에 의한 연구에 의하면 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자에서 우심방의 수축이 폐동맥의 전진 혈류를 증가시키며, DiSessa, Child 등²¹의 연구에 의하면 혈관내 판막이 없을 경우 심방 수축으로 폐동맥으로의 전진 혈류의 증가뿐만 아니라, 체정맥으로의 역류를 증가시키기도 함을 증명하여, 우심방의 수축이 폰탄 순환에 미치는 영향에 대해 주목하였다. 한편 Ferguson, Miller 등²²의 연구에서 정상적인 호흡주기 중 흡기는 우심방의 전부하를 증가시키기 때문에 심방 수축의 폐혈류에의 기여도를 감소시킨다는 것을 증명하면서 폰탄 순환에의 호흡의 역할에 주

목하게 되었다. 또한 Penny, Redington²³에 의해 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자들을 대상으로 폰탄 순환 중 특히, 폐혈류에의 호흡의 영향을 분석한 결과 호흡은 또 하나의 에너지의 공급원임을 확인할 수 있었다. 따라서 이 이후 정상적인 흡입의 노력은 폰탄 수술을 한 환자들에게서 폐혈류량을 증가시킨다는 가정하에 많은 연구가 진행되었다. Hagler, Seward 등²⁴의 연구와 Nakazawa, Nakanishi 등²⁵의 연구에서는 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자에서 심방수축에 의한 혈류의 증가가 흡기시 더 증가하는 것으로 보아 호흡은 폐혈류량의 증가에 중요한 역할을 함을 알 수 있다. 또한 Penny, Redington²³의 연구와 Qureshi, Richheimer 등²⁰의 연구에 따르면 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자들에서 폰탄 순환 중 특히, 폐혈류에의 호흡의 영향을 분석한 결과 호흡은 심방 수축이외의 또 하나의 에너지의 공급원임을 확인할 수 있었으나, 흡기와 호기에 심방 수축은 비슷하게 심방 수축에 영향을 준다고 하였다. 한편, Kawashima, Kitamura 등²⁶의 연구와 Penny, Redington 등²⁷의 연구에서 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군처럼 오른쪽 심장을 우회하는 경우 폐혈류는 호흡운동에 의해 나타나는 흉곽내의 압력변화에 큰 영향을 받는다는 것을 폐혈류의 도플러 검사를 통해 확인하였다. 본 연구에서는 폐동맥 혈류에 대한 분석은 하지 못하였고, 폐정맥 혈류에 대한 분석에서는 흡기와 호기 사이의 유속의 차이는 미미하였으며, 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군과 대조군에서는 오히려 호기시 유속이 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 호흡과 폐혈류간의 연관성에 대한 연구와 더불어 호흡과 체정맥 혈류의 연관성에 대한 연구도 같이 진행되었는데, Fogel, Weinberg 등¹⁵의 연구에서는 체정맥 혈류의 30%는 호흡주기에 의존적이며, 흡기시 유속이 증가함을 도플러 초음파 검사를 통해서 확인하였다. Kaulitz, Bergman 등¹³의 연구에서는 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서 최고유속의 흡기/호기비를 통해서 심방터널내, 체정맥, 간정맥에서의 흡기시 혈류의 증가 소견을 확인할 수 있었는데, 그 최고비는 5.0(심방터널), 2.0(상대정맥), 1.0(하대정맥)로 이것은 혈류의 호흡에의 의존도를 의미하는 것이었다. 또한 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군이 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에 비해 전진 혈류의 흡기/호기의 비가 더 높아서 호흡의 의존도가 더 심함을 알 수 있었는데, 그 정도는 우심방/심방터널(*p value*; 0.007), 간정맥(*p value*; 0.001), 하대정맥(*p value*;

0.03)의 순서였고, 특히 호기시에는 간정맥의 전진 혈류는 감소되거나 중단됨을 확인할 수 있어서, 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자들의 체정맥과 간정맥의 환류는 호흡의 영향이 아주 큼을 알 수 있었다. Hsia, Khambadkone 등²⁸의 연구에서는 정상 대조군에서는 간정맥 혈류가 호기시 더 증가하지만, 폰탄 순환 중에는 흡기에 더 의존적이며, 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 군이 심방-폐동맥 문합술을 시행한 군과 대조군에 비해서 흡기에 더 의존적이었다고 한다. 또한 간문맥에 대한 검사에서는 정상군에서는 간문맥의 혈류가 호기시 증가하지만, 환자군에서는 이런 효과가 없어졌다²⁹. 이처럼 간문맥의 혈류는 정상인의 경우 흡기시 감소하는데, 폰탄 수술을 시행한 환자군에서 이런 흡기시 감소효과가 사라지는 이유는 흡기시 폐에 의해 간에 늘리는 효과가 감소하거나 간혈관내의 압력의 증가 혹은 혈류의 정체나 울혈이 생기기 때문에 호흡 주기의 변화에도 혈관이 유지되기 때문이라고 한다. 지금까지 살펴 본바와 같이 폰탄 수술을 한 경우 호흡의 영향이 크기 때문에, 폰탄 수술을 시행한 환자들은 횡격막 마비나 흉막삼출같은 호흡기 문제에 심각한 반응을 일으키기도 한다. 한편 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 경우 심방-폐동맥 문합술을 시행한 경우에 비해 간정맥에서의 역류가 감소하고, 흡기에 의해서는 간정맥 혈류의 증가가 뚜렷한 혈액학적 장점은 폰탄 순환의 혈액학적 소견에 단기적, 장기적 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 이외에도 Hsia, Khambadkone 등²⁹의 연구에서는 폰탄 수술을 시행한 환자들에게는 횡격막하에의 정맥 환류에 호흡과 더불어 중력이 중요한 영향을 끼친다고 하였는데, 중력은 특히 하체의 정맥의 환류에 악영향을 끼치게 되어서, 그 정도는 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 군보다 심방-폐동맥 문합술을 시행한 군에서 더 큰 영향을 미친다고 하였다. 본 연구에서는 하대정맥과 간문맥에의 호흡에 대한 영향과 중력의 영향을 분석하지는 못했지만, 심실 유입부, 상대정맥, 간정맥에서의 흡기/호기의 유속비로 호흡의 영향을 분석하였다. 심실 유입부에서는 대조군과 환자군 모두에서 흡기와 호기의 유속차가 뚜렷하지 않았고, 상대정맥에서는 흡기시 유속의 증가가 있었는데, 대조군보다 환자군에서 더 뚜렷하였고, 환자군 중에서는 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군보다 더 뚜렷하였다. 그리고, 간정맥에서는 상대정맥보다 더 흡기에 의존적인 경향을 보였으며, 역시 환자군이 대조군보다 흡

기에 더 의존적이었고, 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군이 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군보다 훨씬 흡기에 의존적이었으며, 그 정도는 심주기 중 이완기에 더 심하였다.

이제까지 살펴본 도플러 심초음파에 의한 혈액학적 소견과 호흡의 영향이 비해 폰탄 순환내의 혈류의 양상에 대한 연구는 드물었다. 우선 폐혈류의 양상에 대한 연구들에서는 심방-폐동맥 문합술 후의 도플러 심초음파 검사상 폐혈류의 흐름의 양상은 이상성(biphasic)을 띠고, 이것은 심방 수축과 심실 수축에 의해 영향을 받는다고 하며^{20,21}, 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 후에는 폐동맥 혈류가 일정한 양상을 보이고, 경미한 이상성의 양상과 수축기 최고 혈류가 흐름을 확인할 수 있었다고 한다^{11,16}. 본 연구에서는 폐혈류에 대한 혈류의 양상은 분석하지 못하였다.

한편 체정맥 혈류에 관한 연구들 중 정상인을 대상으로한 Appleton, Hatle 등¹⁷의 연구에서, 정상인에서의 간정맥혈류와 하대정맥의 혈류는 주로 이상성의 전진혈류를 보이며, 심방 수축기에 미미한 양의 역류가 보였다. 또한 Arisawa, Morimoto 등¹⁶의 연구, Appleton, Hatle 등¹⁷의 연구와 Sakai, Nakamura 등¹⁸의 연구에 의하면 정상 간정맥의 혈류는 심방 수축기와 심실 수축기말에 많은 역류가 생기는 것말고는 상대정맥의 혈류의 형태와 유사하다고 하였다. 본 연구에서는 정상인의 도플러 심초음파 검사상 간정맥과 상대정맥은 주로 이상성의 전진 혈류를 보이나, 간정맥보다는 상대정맥의 역류가 좀 더 심한 경향을 보였으나, 큰 차이는 없었다. 그리고, 이전의 연구에서는 없었던 심실 유입부의 혈류의 분석에서는 정상인은 주로 심주기에 따라 단상성(monophasic)의 모양을 보였다.

한편 Kaulitz, Bergman 등¹³의 연구에 의하면 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자들의 정맥 혈류의 양상은 심주기와 압력을 재는 위치에 따라 다양하고, 대개 수축기와 이완기의 2번의 상승이 있는데, 첫 번째 상승은 심실의 이완과 심방의 수축에 의한 것이고, 두 번째 상승은 우심방의 이완과 더불어 폐정맥 혈류, 주심실로부터 좌심방으로의 혈류의 이동에 따른 것이라고 한다. 또한 이들 환자들에서 심방 수축시 다양하게 심방에서 체정맥으로의 역류가 발생함을 확인할 수 있었다. 그리고 이들 환자들의 체정맥의 혈류 중 상대정맥의 혈류는 이상성을 나타내었는데, 수축기의 최고점이 이완기의 최고점보다 높은 양상이었는데, 심실 수축기의 최고유속의 흡기/호기의 비는

1.5이하였다. 또 간정맥의 혈류는 심방 수축기에 역류의 최고점을 보였고, 이완기에는 전진 혈류의 감소 혹은 중단 소견을 보였으며, 수축기에는 유속의 최고점을 나타내었다. 또한 Renete, Ingrid 등¹⁴의 연구에 의하면 도플러 심초음파 검사상 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자들의 상대정맥 혈류는 박동성임이 밝혀졌고, 수축기의 유속이 이완기의 유속보다 높으며, 환자의 절반 정도에서 약간의 역류가 밝혀졌다. Hsia, Khambadkone 등²⁹의 연구에서는 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자들의 간정맥혈류와 하대정맥혈류는 정상인과 유사하나 상대적으로 심주기에 의존적인 경향을 나타내었는데, 이것은 우심방의 수축능력과 수용능력을 반영하는 것이라고 하였다. 본 연구에서도 상대정맥의 혈류는 주로 이상성을 보였고, 수축기의 최고점이 이완기의 최고점보다 높은 양상이었다. 그리고 간정맥의 혈류는 역시 주로 이상성을 보였는데, 심방 수축기에 역류의 최고점을 보였고, 이완기에는 혈류의 감소 혹은 중단 소견을 보였다. 한편 이전의 연구에서는 없었던 심실 유입부의 혈류의 분석에서는 각 심주기 및 수축기, 이완기에 따라 혈류가 분리되는 양상과 심주기에 따라 이상성(biphasic)의 모양을 보이는 등 다양한 양상이었다.

한편 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군의 도플러 초음파 검사에 의한 혈류의 양상을 분석한 연구들 중 Renete, Ingrid 등¹⁴의 연구에 의하면 도플러 심초음파 검사상 상대정맥 혈류는 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자들에 비해 덜 박동성을 보였고, 수축기 전진 혈류의 유속도 낮았으며, 수축기와 이완기사이의 변화도 뚜렷하지 않았다고 한다. Kaulitz, Bergman 등¹³의 연구에서는 상대정맥, 하대정맥, 간정맥에서 심방 수축후 보이던 역류 소견은 보이지 않았다고 한다. 그 중 상대정맥의 혈류는 호흡변화에 따라 약간의 박동성이 있으나, 혈류의 양상은 지속적이고, 도플러의 상변화가 기저치까지 떨어지지 않았으며, 일부에서는 호기시 심방수축후 역류의 소견을 보였다. 그리고 간정맥의 혈류는 호흡의 양상과 밀접한 관계가 있어서, 호기시에는 혈류가 줄거나 끊기기도 하였으며, 심지어 역류가 생기기도 하였다. 이처럼 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 후 간정맥 혈류는 흡기시에 주로 이루어지는데, 중심정맥압력이 높은 경우에는 이런 호흡에 의존도가 극도로 증가하게 되어서 간혈류에도 영향을 미치고 간기능에도 영향을 미치게 된다. 하지만 반면에 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 경우에

는 심방-폐동맥 문합술을 시행했을 경우에 비해서 간정맥의 박동성이 감소하므로 간기능을 보호할 수 있는 역할을 한다고 한다. 본 연구에서도 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 경우에는상대정맥과 간정맥의 혈류는 대부분 단상성(monophasic)의 지속성 혈류를 보였고, 심방 수축후 보이던 역류는 보이지 않았으나, 심실 유입부의 혈류는 주로 이상성의 혈류 양상으로 심방 수축기의 최고점이 이완기의 최고점보다 높은 양상이었고, 심방 수축 후 일부 역류의 소견이 보였다.

이상과 같이 정상 대조군과 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군과 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군들의 도플러 심초음파 소견의 분석을 통하여 총공정맥-폐동맥 문합술의 혈역학적 소견의 우수성과 함께 호흡에 의 의존도가 높음을 확인할 수 있었고, 폰탄 순환내의 혈류의 양상을 분석할 수 있었다.

앞으로 본 연구에서는 못하였지만 다른 연구에서 있었던 폰탄 순환중 폐동맥, 하대정맥, 간문맥의 혈류에 대한 분석과, 횡격막 이하의 혈류에 영향을 준다고 알려져 있는 중력의 영향에 대한 분석^{28,29}, 도플러 심초음파를 통해 폰탄 수술후 이완기 심기능을 평가할 수 있는 Tei index에 대한 연구³⁰⁻³²가 추가로 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

폰탄 술식후의 환자들의 체, 폐정맥의 혈류 양상과 호흡과의 연관성, 혈류 양상등을 규명하기 위하여 도플러 심초음파를 통하여 16명의 폰탄 술식후의 환자(TCPC : 10명, APC : 6명)들과 혈액학적, 구조적으로 정상인 7명의 대조군들을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 심실 유입부에서의 혈류는 두 환자군이 정상 대조군에 비해 조기 이완기의 유속이 의미있게 감소하여서 이완기 기능이 감소하였음을 확인하였다.
2. 폐정맥의 혈류는 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군이 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군과 정상 대조군에 비해 이완기의 유속이 증가하였다.
3. 간정맥의 혈류는 두 환자군이 정상 대조군에 비해 유속이 의미있게 감소하였다.
4. 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군에서 간정맥의 혈류는 호흡에 영향을 많이 받아서 호기시 유속은 더 많이 감소하고, 역류는 호기시 더 증가하였다.
5. 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군은 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군과 대조군에 비해서 상대정맥과 간정맥에서의 역류의 정도는 낮았고, 흡기시 유속의 증가를 보였으며, 그 정도는 상대정맥에 비해 간정맥에서 더 심하였다.
6. 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군의 상대정맥의 혈류는 단상성(monophasic)의 지속성 혈류를 보였으며, 간정맥은 호흡 주기에 의존적인

이상성(biphasic)의 혈류를 보였다.

7. 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군의 상대정맥은 심주기내 이상성의 모양을 보였으며, 간정맥은 이상성의 뚜렷한 심방 역류 소견을 보였다.

이상에서 정상 대조군과 심방-폐동맥 문합술을 시행한 환자군과 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행한 환자군들의 도플러 심초음파 소견의 분석을 통하여 총공정맥-폐동맥 문합술을 시행받은 경우에 심방-폐동맥 문합술을 시행받은 경우보다 혈액학적으로 우수하지만 호흡에의 의존도가 높음을 확인할 수 있어서 호흡 기능에 문제가 있는 경우에는 더 세심한 관찰이 필요할 것으로 사료되며, 심방-폐동맥 문합술을 시행받은 경우는 심방의 수축으로 역혈류를 야기하며 비효율적인 혈행을 일으키고, 유속의 변화가 심하여 이들에게서는 앞으로 주요복부장기의 정맥 순환에 대한 영향의 평가가 필요하다.

아울러 앞으로 횡격막이하의 혈류에 대한 중력의 영향과 이완기 심기능을 평가할 수 있는 Tei index등에 대한 연구가 더 필요하리라 사료된다.

참고 문헌

1. Amedo A, Galletti, Marianeschi S, Picardo S, Giannico S, Renzi PD, et al. Extracardiac Fontan for complex cardiac anomalies: seven years' experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;114:1020-1031.
2. Petrossian E, Reddy VM, McElhinney DB, Akkersdijk GP, Moore P, Parry AJ, et al. Early result of the extracardiac conduit Fontan operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;117:688-696.
3. Fontan F, Baudet E. Surgical repair of tricuspid atresia. *Thorax* 1971;26:240-248.
4. Conte S, Gewilling M, Eyskens B, Dumoulin M, Daenen W. Management of late complications after classic Fontan procedure by conversion to total cavopulmonary connection. *Cardiovasc Surg* 1999;7:651-655.
5. Hideki U, Toshikatsu Y, Yasunaru K, Fumio Y, Kyoichi N, Osamu M, et al. what factors affect ventricular performance after a Fontan-type operation? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;110:405-415.
6. Rodbard S, Wagner D. By-passing the right ventricle. *Proc Soc Exp Biol Med* 1949;71:59-70.
7. Carlon CA, Mondini PG, de Marchi R. Surgical treatment of some cardiovascular disease (new vascular anastomosis). *J Int Coll Surg* 1951;16:1-10.
8. Glenn WWL. Circulatory bypass of the right side of the heart: shunt between superior vena cava and distal right pulmonary artery. *N Eng J Med* 1958;259:117-120.

9. Kawashima Y, Kitamura S, Matsuda H, Shimazaki Y, Nakano S, Hirose H, et al. Total cavopulmonary shunt operation in complex cardiac anomalies. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;87:74-81.
10. Murphy DA, Marble AE, Landymore R, Dajee H. Assessment of the isolated right atrium as a pump. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1978;76:483-488.
11. Matsuda H, Kawashima Y, Takano H, Miyamoto K, Mori T. Experimental evaluation of atrial function in right atrium-pulmonary artery conduit operation for tricuspid atresia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1981;81:762-767.
12. de Leval MR, Kilner P, Gewilling M, Bull C. Total cavopulmonary connection : a logical alternative to atriopulmonary connection for complex Fontan operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;96:682-695.
13. Kaulitz R, Bergman P, Luhmer I, Paul T, Hausdorf G. Instantaneous pressure-flow velocity relations of systemic venous return in patients with univentricular circulation. *Heart* 1999;82:294-299.
14. Renete K, Ingrid L, Hans CK. Pulsed Doppler echocardiographic assessment of patterns of venous flow after the modified Fontan operation: potential clinical implications. *Cardiol Young* 1998;8:54-62.
15. Fogel MA, Weinberg PM, Hoydu A, Hubbard A, Rychik J, Jacobs M, et al. The nature of flow in the systemic venous pathway measured by magnetic resonance blood tagging in patients having the Fontan operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;114(6):1032-1041.
16. Arisawa J, Morimoto S, Ikezoe J, Naitoch H, Yamagami H, Kozuka T, et al. Pulsed Doppler echocardiographic assessment of portal

- venous flow pattern in patients after the Fontan operation. *Br Heart J* 1993;69:41-6.
17. Appleton CP, Hatle LK, Popp RL. Superior vena cava and hepatic vein Doppler in healthy adults. *J Am Coll Cardiol* 1987;10:1032-1039.
 18. Sakai K, Nakamura K, Satomi G, Kondo M, Hirosawa K. Evaluation of tricuspid regurgitation by blood flow pattern in the hepatic vein using pulsed Doppler technique. *Am Heart J*. 1984;108:516-522.
 19. Barbero-Marcial M, Riso A, Atik E. Cavo-pulmonary anastomosis excluding the portal venous return: an alternative for patients with protein-losing enteropathy secondary to the Fontan procedure. *Cardiol Young* 1998;8:221-227.
 20. Qureshi SA, Richheimer R, McKay R, Arnold R. Doppler echocardiographic evaluation of pulmonary artery flow after modified Fontan operation: importance of atrial connection. *Br Heart J* 1990;64:272-276.
 21. DiSessa TG, Child JS, Perloff JK. Systemic venous and pulmonary arterial flow pattern after Fontan's procedure for tricuspid atresia or single ventricle. *Circulation* 1984;70:898-902.
 22. Ferguson JJ, Miller MJ, Aroesty JM, Sahagian P, Grossman W, McKay RG. Assessment of right atrial pressure-volume relations in patients with and without an atrial septal defect. *Circulation* 1984;70:898-902.
 23. Penny DJ, Redington AN. Doppler echocardiographic evaluation of pulmonary blood flow after the Fontan operation : the role of the lungs. *Br Heart J* 1991;66:372-374.
 24. Hagler DJ, Seward JB, Tajik AJ. Functional assessment of the Fontan operation: combined M-mode, two-dimensional and Doppler

- echocardiographic studies. *J Am Coll Cardiol* 1984;4:756-764.
25. Nakazawa M, Kawashima Y, Takano H. Dynamics of right heart flow in patients after Fontan procedure. *Circulation* 1984;69:306-312.
 26. Kawashima Y, Kitamura S, Matsuda H. Total cavopulmonary shunt operation in complex cardiac anomalies. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;87:74-81.
 27. Redington AN, Penny D, Shinebourne EA. Pulmonary blood flow after total cavopulmonary shunt. *Br Heart J* 1991;65:213-217.
 28. Hsia TY, Khambadkone S, Deanfield JE, Taylor JF, Migliavacca F, De Leval MR. Subdiaphragmatic venous hemodynamics in the Fontan circulation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;121:436-447.
 29. Hsia TY, Khambadkone S, Redington AN, Migliavacca F, Deanfield JE, de Leval MR. Effects of respiration and gravity on infradiaphragmatic venous flow in normal and Fontan patients. *Circulation*. 2000;102[suppl III]:III-148-III-153.
 30. Wiliam TM, Patrick DC, Gil W, Jack R : Quantitative echocardiographic assessment of the performance of functionally single right ventricle after the Fontan operation *Cardiol Young* 2001;11:399-406.
 31. Tei C, Rick AN, James BS, Jamil T : Noninvasive doppler-derived myocardial performance index: correlation with simultaneous measurement of cardiac catheterization measurements. *J Am Soc Echocardiogr* 1997;10:169-178.
 32. Tei C, Karl SD, David OH, Kent RB, Micheal DM, Jamil T, James BS : Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 1996;9:838-847.

Abstract

Pulsed Doppler echocardiographic assessment of systemic and pulmonary venous flow patterns after the Fontan operation.

Jung Ho Seo

Department of Medicine

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Sung Kyu Lee)

To assess the effect of a modified Fontan operation on systemic and pulmonary venous return, and to determine respiratory variability of systemic venous and pulmonary venous return in patients with univentricular circulation.

Six patients having an atriopulmonary connection (APC), ten patients with total cavopulmonary connection (TCPC) were studied by pulsed Doppler echocardiography. Each patient was studied using simultaneous recordings of ECG, phonocardiogram, respirometer. The flow signal were recorded for ventricular inlet, superior vena cava (SVC), hepatic vein (HV) and right upper pulmonary vein (PV) in each patient. The Doppler findings were compared with those of 7 controls.

Decreased flows at ventricular inlet during early diastolic phase shows decreased diastolic function in TCPC patients and APC patients. Velocity of PV flow during diastolic phase in TCPC patients was faster than control and APC patients. Reverse flows at SVC and HV in TCPC patients were lower than control and APC patients. SVC and HV flow depended heavily on inspiration in TCPC patients compared with both control and APC patients.

In TCPC patients, doppler flow pattern of SVC showed monophasic continuous flow and doppler flow pattern of HV showed biphasic

continuous flow pattern depended on respiration. In APC patients doppler flow pattern of SVC showed biphasic continuous flow and doppler flow pattern of HV showed prominent atrial reverse flow.

According to assessment of systemic, pulmonary flow patterns by pulsed Doppler echocardiography, we investigate hemodynamic advantages and respiratory dependence of systemic and hepatic venous return in TCPC patients.

Key Word : Fontan operation, Doppler echocardiography, Respiratory variation, Systemic-pulmonary venous return