

성인 선천성 심장병 환자의 신체활동과 운동능력: 건강 대조군과 비교

서울시립대학교 스포츠과학과¹, 세종병원 소아청소년과²

김현정^{1,2} · 윤자경² · 김성호² · 제세영¹

A Comparison of Physical Activity and Exercise Capacity in Adults with Congenital Heart Disease and Healthy Controls

Hyun Jeong Kim^{1,2}, Ja Kyoung Yoon², Seong-Ho Kim², Sae Young Jae¹

¹Department of Sport Sciences, University of Seoul, Seoul, ²Department of Pediatrics, Sejong Hospital, Bucheon, Korea

Purpose: Advancements in surgical and nonsurgical care for congenital heart disease (CHD) have enabled an increase in survival into adulthood of these children with CHD, thereby contributing to the growth of the aging population, it is important to evaluate these functional outcome measures in adults with CHD. Therefore, this study aimed to compare the subjective and objective assessments of physical activity (PA) and exercise capacity (EC) in adults with CHD and age-matched, healthy controls.

Methods: Forty-six adults with CHD (male, 26; age, 20.6±1.3 years) and forty-six healthy controls (male, 24; age, 21.2±1.6 years) underwent an assessment of subjective and objective PA levels using the Global Physical Activity Questionnaire and the accelerometer device (GENEActiv) worn on the wrist for seven consecutive days, respectively. EC was directly measured by peak oxygen uptake (peak VO₂) during a graded exercise test.

Results: Subjectively and objectively measured of moderate to vigorous PA in adults with CHD were lower than those with healthy controls ($p=0.008$, $p=0.004$), while the majority of adults with CHD have achieved the recommended levels of PA (150 min/wk). In addition, peak VO₂ was lower in adults with CHD than in healthy controls (30.8±8 mL/kg/min vs. 46.7±10 mL/kg/min, $p<0.001$).

Conclusion: Although the majority of adults with CHD meet the recommended levels of PA, their overall PA levels and EC are still lower than those of age-matched, healthy adults without CHD.

Keywords: Congenital heart disease, Exercise capacity, Physical activity

Received: October 29, 2020 Revised: November 16, 2020 Accepted: November 17, 2020

Correspondence: Sae Young Jae

Department of Sport Sciences, University of Seoul, 163 Seoulsiripdae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 02504, Korea

Tel: +82-2-6490-2953, Fax: +82-2-6490-2953, E-mail: syjae@uos.ac.kr

*This study was supported by a grant from the Woochon Cardio-Neuro-Vascular Research Foundation (2018) in Korea.

Copyright ©2020 The Korean Society of Sports Medicine

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

의학 기술과 수술기법의 발달로 선천성 심장병 환자의 생존율이 크게 증가하여 매년 4,000명에서 5,000명씩 성인기로 접어들고 있으며, 2020년에는 성인 선천성 심장병 환자가 약 70,000명 이상 될 것으로 예상하고 있다¹. 이와 같이 성인 선천성 심장병 환자 수가 증가함에 따라 수술 및 약물적 치료뿐만 아니라 생활습관과 같은 비약물적 요인들의 중요성이 점차 강조되고 있다². 최근 연구에서 신체활동이나 운동능력과 같은 요인들은 선천성 심장병 환자의 삶의 질 향상에 중요하며, 특히 환자의 생존과 같은 예후를 결정짓는 데 중요한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다³.

일반적으로 신체활동은 운동능력과 근골격계 기능을 향상시키며 심혈관 사망 위험과 합병증의 위험을 낮춘다⁴. 그럼에도 불구하고, 선천성 심장병 환자들은 과잉보호와 운동과 관련된 막연한 두려움 때문에 신체활동 참여보다는 신체활동 제한이 만연되어 있을 수 있다⁵. 따라서 선천성 심장병 환자는 신체활동 권장량을 충족하는 비율이 낮은 것이며, 건강 대조군에 비해서 신체활동 수준도 낮을 것으로 예상하지만, 일부 연구에서는 신체활동 수준이 낮지 않다는 결과를 보여주기도 한다^{6,7}. 이러한 상반된 결과의 주요한 원인은 명확하지 않지만, 신체활동 평가 방법과 다양한 기준의 신체활동 분석방법의 차이 때문인 것으로 볼 수 있다⁸. 자가 질문지를 이용한 주관적인 신체활동 측정방법은 조사의 편리한 장점은 있으나 신체활동량을 과대평가한다고 알려져 있다⁷. 이에 반해, 최근 웨어러블(wearable) 장비를 착용한 객관적 신체활동 측정방법은 측정 과정의 어려움은 있으나 타당한 신체활동 수준을 평가할 수 있는 방법으로 받아들여지고 있다⁸. 따라서 주관적인 방법과 객관적인 신체활동 측정방법을 동시에 적용하여 선천성 심장병 환자의 신체활동 정도를 보다 정확하게 제시하는 것은 중요한 일이라 생각된다.

심폐운동부하검사(cardiopulmonary exercise testing)를 통해 측정된 혈액학적 변인 및 운동능력(exercise capacity) 지표들은 선천성 심장병 환자의 건강상태를 평가하는 중요한 기준이 된다⁹. 운동 중 심박수와 수축기 혈압 상승이 둔화되어 있는 상태는 환자의 자율신경기능감소 또는 심장기능장애를 암시한다¹⁰. 또한 증가된 이산화탄소 환기당량(minute ventilation/carbon dioxide production, VE/VCO₂)은 폐 환기 효율성의 저하를 의미하며¹¹, 특히 낮은 최대 산소섭취량(peak oxygen uptake, peak VO₂) 수준은 조기 사망을 예측하는 강력한 위험 인자로 제시되고 있어¹² 성인 선천성 심장병 환자의 혈액학적 변인이나 운동능력 수준을 정확하게 파악하는 것은 환자의 수술 시점을 결정하거나 예후를 예측

하는 데 매우 중요하다고 할 수 있다.

그동안 국내 선천성 심장병 환자들의 신체활동과 운동능력에 대한 보고가 있었으나, 대부분은 소아·청소년 환자를 대상으로 이루어져 왔다¹³. 선천성 심장병 환자가 소아·청소년기에서 성인기로 전환되고 있는 시점에서 성인 선천성 심장병 환자의 신체활동과 운동능력 수준을 파악하는 것은 국내 성인 선천성 심장병 환자의 장기적인 치료나 건강관리 전략을 세우는 데 있어 중요한 기초자료를 제공할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 성인 선천성 심장병 환자를 대상으로 주관적 및 객관적 방법으로 신체활동을 측정하여 신체활동 권장량 기준에 부합하는 비율을 조사하고, 운동능력 정도를 건강 대조군과 비교 평가하고자 한다.

연구 방법

본 연구 참여자는 총 92명으로 성인 선천성 심장병 환자 46명(남자 26명)과 건강 대조군 46명(남자 24명)이다. 본 연구에 참여한 성인 선천성 심장병 환자 46명은 2018년 12월부터 2019년 9월 사이 정기 검진 및 진료를 위해 세종병원 소아청소년과를 방문하여 연구 참여에 동의한 환자 중 만 19세 이상이고, 임상에서 심폐운동부하검사를 실시한 적 있는 환자이다. 건강한 성인 대조군은 2018년 12월부터 2019년 9월까지 서울시립대학교의 학교 홈페이지 모집공고를 통해 본 연구에 자발적으로 참여한 자이다. 건강한 성인 대조군의 선정기준은 기초 건강 설문지를 통해 현재 치료를 위해 복용 중인 약물이 없는 자, 근골격계 및 대사성 질환이 없는 자로 하였다. 성인 선천성 심장병 환자 및 건강 대조군의 인구통계적 특성은 자가-보고 설문으로 조사하였으며, 성인 선천성 심장병 환자의 질병 관련 특성은 의료 진료 차트를 통해 자료를 수집하였다. 본 연구는 서울시립대학교 생명윤리위원회의 승인(2018-032)과 세종병원 임상시험위원회의 승인(2019-0385)을 받은 후 진행하였다.

신체활동은 설문지를 이용한 주관적인 측정 방법 및 신체활동 가속도계를 이용한 객관적인 측정방법을 통해 평가하였다. 주관적으로 측정된 신체활동은 국제신체활동 설문지(Global Physical Activity Questionnaire, GPAQ)를 이용하여 평가하였고, 객관적으로 측정된 신체활동은 신체활동 가속도 측정기(GENEActiv; Activinsights, Kimbolton, UK)를 이용하여 평가하였다. GPAQ은 50개의 국가에서 사용하고 있는 표준화된 신체활동 측정 설문지로 국내에서도 타당도가 검증되었다¹⁴. 객관적으로 신체활동을 측정된 GENEActiv 측정기기는 신체활동을 객관적으로 측정하기 위해 타당도 및 신뢰도가 검증된 가속도계이다¹⁵. 타당한 데이터 분석 기준은 7일 중 10시간(600분) 이상 착용한 날이 3일

이상인 자료만을 분석 자료로 선정하였다¹⁶.

운동능력 및 운동 중 혈액학적 변인은 심폐운동부하검사 자료를 통해 평가하였다. 심폐운동부하검사는 운동 중 대상자의 혈액학적 상태를 측정하는 유일한 방법이며, 심폐기능 및 대사기능을 대변하며 운동능력을 평가하는 황금표준(gold standard)으로 잘 알려져 있다⁹. 본 연구에서 심폐운동부하검사는 Q-Stress TM55 트레드밀(Quinton Cardiology Systems, Inc., Bothell, WA, USA)과 가스분석기(True One 2400; Parvo Medics, Salt Lake City, UT, USA)를 이용하여 측정하였다. 운동부하검사 측정프로그램

은 수정된 브루스 프로토콜(modified Bruce protocol)을 이용하여 실시하였다. 심폐운동부하검사서 혈액학적 변인 중 심박수 및 혈압은 안정 시와 운동 중, 그리고 회복기에 측정하여 평가하였다. 회복 시 심박수는 운동 중에 도달된 최대 심박수에서 회복 1분, 2분대 심박수를 뺀 값으로 계산하였고, 심박수변동부전 지수(chronotropic incompetence index)는 다음과 같은 방법으로 평가하였다: 최대 심박수-안정 시 심박수/(220-나이-안정 시 심박수) $\times 100$ ¹⁷. Peak VO₂ 및 VE/VCO₂는 운동 중에 측정된 가스 분석 자료를 통해 평가하였다. 최대 심폐운동부하검사 판단 기준

Table 1. Participants characteristics (n=92)

Characteristic	Adult CHD (n=46)	Healthy control (n=46)	z/ χ^2	p-value
Age (yr)	20.6 \pm 1.3	21.2 \pm 1.6	-1.868	0.065
Sex				
Male	26 (56.5)	24 (52.2)	0.175	0.834
Female	20 (43.5)	22 (47.8)		
Weight (kg)	59.2 \pm 12.5	63.1 \pm 11.0	-1.584	0.117
Body mass index (kg/m ²)	21.9 \pm 3.5	22.0 \pm 2.4	-0.221	0.826
Medications, yes	31 (67.4)			
No. of medications	1.6 \pm 1.7			
Aspirin	24 (52.2)			
β -blockers	12 (26.1)			
ACEI/ARB	20 (43.5)			
Diuretics	5 (10.9)			
Anticoagulant	1 (2.2)			
Left ventricle ejection fraction (%)	60.7 \pm 8.1			
Poor (<30)	0 (0)			
Mild decreased (30-50)	8 (17.4)			
Normal (>50)	38 (82.6)			
Arrhythmia, yes*	1 (2.2)			
Pacemaker	1 (2.2)			
Disease type				
Simple (n=3)				
Aortic valve stenosis	1 (2.2)			
Atrial septal defect	1 (2.2)			
Bicuspid aortic valve	1 (2.2)			
Moderate (n=18)				
AVSD	1 (2.2)			
Coarctation of aorta	1 (2.2)			
Congenital coronary aneurysm	1 (2.2)			
Tetralogy of Fallot	15 (32.6)			
Complex (n=25)				
DORV	1 (2.2)			
Fontan (functional single ventricle)	18 (39.1)			
PA with VSD	4 (8.7)			
Persistent truncus arteriosus	2 (4.3)			

Values are presented as mean \pm standard deviation or number (%) unless otherwise indicated.

CHD: congenital heart disease, ACEI: angiotensin-converting enzyme inhibitor, ARB: angiotensin receptor blocker, AVSD: atrioventricular septal defect, DORV: double outlet right ventricle, PA: pulmonary atresia, VSD: ventricular septal defect.

*Bradycardia, tachycardia that require treatment, or nonsustain bradycardia, tachycardia.

은 운동 자각도(rating of perceived exertion) Borg scale 17 이상 또는 호흡 교환율(respiratory exchange ratio) 1.10 이상으로 설정하여 이에 부합하는 자료만을 취합하였다.

모든 자료는 통계 처리 전 Kolmogorov-Smirnov test를 이용하여 정규분포 여부를 검토하였으며, 정규분포를 이루지 않은 변수들은 비모수 통계 처리를 하였다. 연속변수의 경우 평균과 표준편차(mean±standard deviation) 또는 중앙값과 4분위 수(median [interquartile range])로, 범주형 변수는 백분율(%)로 제시하였다. 성인 선천성 심장병 환자와 건강 대조군의 신체활동의 차이를 검증하기 위해 연속변수는 Mann-Whitney U 검정을 하였고, 범주형 변수는 카이제곱 검정으로 분석하였다. 또 성인 선천성 심장병 환자와 건강 대조군의 운동능력 차이를 검증하기 위해 연속변수는 독립 t-test를 통해 분석하였고, 범주형 변수는 카이제곱 검정으로 검증하였다. 모든 통계 처리는 IBM SPSS-PC version 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 분석하였고, 유의수준(p)은 <0.05에서 검정하였다.

결 과

1. 인구통계적 특성

본 연구의 참여한 대상자의 특성은 Table 1과 같다. 성인 선천성 심장병 환자와 건강 대조군의 인구통계적 특성 중 연령, 성별, 체질량지수는 차이가 없었다. 선천성 심장병 환자의 질병 관련 특성으로는 현재 2/3 이상의 환자가 1개 이상의 약을 복용 중이었

는데, aspirin 계열 약물이 가장 많고(52.2%) 다음으로 angiotensin-converting enzyme inhibitor 또는 angiotensin receptor blocker 계열 약물을 많이 복용하고 있었다(43.5%). 질병 분류는 simple 군(3명), moderate 군(18명), 그리고 complex 군(25명)으로 분류하였고, Fontan (functional single ventricle) 시술을 한 환자가 18명(39.1%)으로 가장 많았으며, 두 번째로 팔로 사정(tetralogy of Fallot) 환자가 15명(32.6%)으로 비교적 많이 포함되었다.

2. 신체활동 비교

주관적 및 객관적으로 측정한 중·고강도 신체활동량은 성인 선천성 심장병 환자군이 건강 대조군에 비해 낮은 것으로 나타났다($p=0.004$, $p=0.008$). 또한 객관적으로 측정한 신체활동에서 건강 대조군은 신체활동 권장기준(일주일에 150분 이상 중·고강도 신체활동을 함)을 100% 충족하고 있는 반면, 성인 선천성 심장병 환자에서는 84%만이 신체활동 권장량을 충족하고 있었다($p=0.009$) (Table 2, Fig. 1).

좌식생활 시간은 주관적으로 측정한 결과에서 두 그룹 간에 차이가 보이지 않은 반면, 객관적으로 측정한 결과에서는 성인 선천성 심장병 환자가 건강 대조군에 비해 하루 1시간 24분 정도 더 많이 앉아 있는 것으로 나타났다(10시간 39분[9시간 33분–11시간 23분] vs. 9시간 15분[8시간 10분–10시간 19분], $p=0.006$).

3. 혈액학적 변인 및 운동능력 비교

혈액학적 변인들 중 안정 시 심박수는 선천성 심장병 환자군에

Table 2. Comparison of physical activity variables between adults with CHD and healthy controls (n=92)

Variable	Adult CHD (n=46)	Healthy control (n=46)	z/ χ^2	p-value
Subjectively measured PA*				
Total PA (METs-min/wk)	1,240.0 (590.0–2,370.0)	3,060.0 (1,530.0–4,230.0)	−3.773	<0.001
MVPA (METs-min/wk)	800.0 (90.0–1,860.0)	1,920.0 (960.0–3,270.0)	−2.660	0.008
Travel to and from places PA (METs-min/week)	380.0 (105.0–610.0)	760.0 (480.0–1,305.0)	−3.723	<0.001
Sedentary time (hr/day)	8.5 (6.0–11.3)	8.5 (6.0–12.0)	−0.216	0.829
Objectively measured PA [†]				
MVPA (min/day)	70.5 (40.5–123.1)	126.0 (96.0–154.1)	−2.905	0.004
Light PA (min/day)	54.5 (34.6–69.7)	53.2 (43.0–69.0)	−0.410	0.682
Sedentary time (min/day)	638.9 (573.1–683.1)	555.2 (490.8–619.2)	7.680	0.006
Recommendations for PA ≥150 min/wk				
Active	27 (84.4)	46 (100)	−2.618	0.009
Inactive	5 (15.6)	0 (0)		

Values are presented as median (interquartile range) or number (%) unless otherwise indicated.

CHD: congenital heart disease, PA: physical activity, MET: metabolic equivalent of task, MVPA: moderate to vigorous physical activity.

*Global Physical Activity Questionnaire; [†]GENEActiv (Activinsights, Kimbolton, UK).

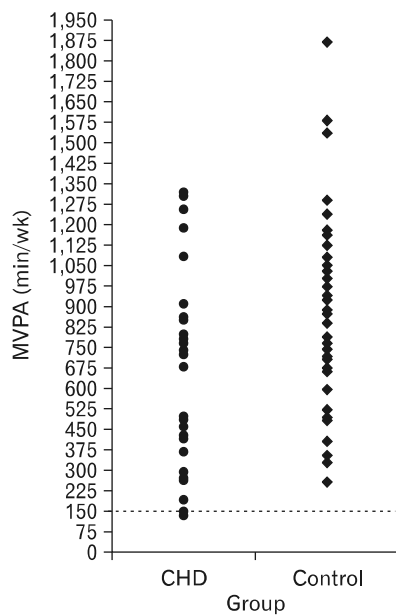


Fig. 1. Moderate to vigorous physical activity (MVPA) distribution among adults with congenital heart disease (CHD) and healthy controls.

서 건강 대조군에 비해 다소 높게 나타났으나(76.6 ± 14.9 beats/min vs. 67.9 ± 16.61 beats/min, $p=0.010$), 안정 시 수축기 혈압, 안정 시 이완기 혈압, 운동 중 최대 이완기 혈압, 운동 후 1분, 2분대 회복 시 심박수는 두 군 간의 차이가 없었다. 운동 중 최대 수축기 혈압(152.5 ± 23.2 mm Hg vs. 176.3 ± 25.8 mm Hg, $p<0.001$), 최대 심박수(175.5 ± 29.0 beats/min vs. 194.4 ± 12.5 beats/min, $p<0.001$), 여유 심박수(99.0 ± 32.6 vs. 126.5 ± 21.7 , $p<0.001$) 및 심박 수변동부전 지수(87.5 ± 27.6 vs. 94.9 ± 16.3 , $p<0.001$)는 선천성 심장병 환자군에서 건강 대조군에 비해 모두 낮게 나타났다. 한편, 선천성 심장병 환자는 VE/VCO_2 가 건강 대조군에 비해 높았고(33.1 ± 5.3 vs. 27.2 ± 4.3 , $p<0.001$), 운동능력(peak VO_2)은 건강 대조군에 비해 4.5 METs (15.9 mL/kg/min) 정도 낮게 나타났다(30.8 ± 8.2 mL/kg/min vs. 46.7 ± 10.1 mL/kg/min, $p<0.001$) (Table 3).

고 찰

성인 선천성 심장병 환자가 증가하는 시점에서 수술적 중재나

Table 3. Comparison of CPET variables between adults with congenital heart disease and healthy controls (n=92)

Variable	Adult CHD (n=46)	Healthy control (n=46)	t/ χ^2	p-value
Resting				
HR (beats/min)	76.6 ± 14.9	67.9 ± 16.61	2.644	0.010
SBP (mm Hg)	113.8 ± 17.4	113.1 ± 12.4	0.219	0.828
DBP (mm Hg)	73.2 ± 9.7	81.7 ± 98.3	-0.545	0.587
Peak exercise				
Peak predict VO_2 (%)	67.9 ± 16.2	105.0 ± 18.2	-10.235	<0.001
Peak VO_2 (L/min)	1.8 ± 0.7	3.0 ± 1.0	-6.825	<0.001
Peak VO_2 (mL/kg/min)	30.8 ± 8.2	46.7 ± 10.1	-8.261	<0.001
Peak METs	8.9 ± 2.4	13.4 ± 2.9	-8.123	<0.001
Peak RPE	16.7 ± 1.1	17.0 ± 1.6	-1.324	0.191
Peak HR (beats/min)	175.5 ± 29.0	194.4 ± 12.5	-4.046	<0.001
Peak SBP (mm Hg)	152.5 ± 23.2	176.3 ± 25.8	-4.662	<0.001
Peak DBP (mm Hg)	68.1 ± 14.4	70.9 ± 8.8	-1.111	0.270
Peak RER	1.2 ± 0.1	1.2 ± 0.1	1.118	0.267
VE/VCO_2	33.1 ± 5.3	27.2 ± 4.3	5.812	<0.001
Post exercise				
Δ HRR 1 (min)	20.7 ± 7.2	23.5 ± 9.9	-1.579	0.118
Δ HRR 2 (min)	41.1 ± 12.8	44.5 ± 12.6	-1.245	0.216
Heart rate reserve	99.0 ± 32.6	126.5 ± 21.7	-4.769	<0.001
Chronotropic incompetence index	87.5 ± 27.6	94.9 ± 16.3	-7.348	<0.001
CI <80	15 (32.6)	3 (6.5)	9.946	0.002
Total exercise time (sec)	987.5 ± 148.7	$1,021.6 \pm 118.2$	-1.212	0.229

Values are presented as mean \pm standard deviation or number (%) unless otherwise indicated.

CPET: cardiopulmonary exercise testing, HR: heart rate, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, peak VO_2 : peak oxygen uptake, MET: metabolic equivalent of task, RPE: rating of perceived exertion, RER: respiratory exchange ratio, VE/VCO_2 : minute ventilation/minute carbon dioxide production, HRR: heart rate recovery, CI: chronotropic incompetence index ($[(\text{peak heart rate} - \text{rest heart rate}) / (220 - \text{age} - \text{rest heart rate})]$).

약물적 치료와 더불어 예후에 영향을 미치는 다양한 요소들을 파악하는 것은 장기적인 치료 전략을 결정하는 데 중요하다². 이에 본 연구는 성인 선천성 심장병 환자의 신체활동 수준과 운동능력 정도를 파악하고, 이를 건강 대조군과 비교하여 선천성 심장병 환자의 예후에 영향을 미치는 요소들의 수준을 살펴보았다.

국내 성인 선천성 심장병 환자의 신체활동 권장량 충족 비율이 낮을 것이라는 가설과는 다르게, 본 연구결과에서 객관적으로 측정된 중·고강도 신체활동 참여 시간은 하루 약 70분으로 나타났으며, 84%의 환자에서 신체활동 권장 기준을 충족하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 연구결과는 5개 대륙 15개 나라 3,896명의 성인 선천성 심장병 환자의 신체활동 권장량 충족 비율이 약 30% 정도라고 보고한 연구보다 높은 수준이다¹⁸. 그러나 일부 선행 연구에서는 성인 선천성 심장병 환자의 신체활동 권장 기준 충족률이 결코 낮지 않다고 보고하고 있는데, Muller 등⁶의 연구에서 중·고강도 신체활동 수준은 하루 평균 59분 정도이며, 76%의 환자에서 신체활동 권장량을 충족하는 신체활동 수준을 보였다고 하였다. 또 주관적 및 객관적인 방법으로 신체활동을 측정된 Larsson 등⁷의 연구에서도 신체활동 권장량을 충족하는 비율이 71% 정도라고 보고하였다. 국내 19-29세의 일반 성인에서 신체활동 권장 기준을 충족하고 있는 비율이 63.8% 정도라는 사실을 볼 때¹⁹ 성인 선천성 심장병 환자들의 신체활동 권장량 충족 비율은 오히려 높다고 볼 수 있다.

그러나 성인 선천성 심장병 환자의 신체활동 수준을 신체활동 권장량을 충족하는 비율로 살펴본 결과와는 달리, 건강 대조군과 신체활동량을 비교하였을 때는 다른 양상을 보였다. 본 연구에서 저강도 신체활동 수준은 건강 대조군에 비해 크게 차이가 없는 것으로 나타났으나, 주관적 및 객관적으로 측정된 중·고강도 신체활동량 모두 건강 대조군에 비해 약 44%에서 58% 정도 낮은 수준을 보였다. 이러한 본 연구결과는 최근 국내에서 시행된 선천성 심장병 환자 7,305명의 수술 예후를 추적한 조사 연구 결과와도 일치한다²⁰. 상기 연구에서 84명의 성인을 대상으로 한 연구결과에서도 고강도의 격렬한 신체활동 실천율(최근 1주일 동안 평소보다 몸이 매우 힘들거나 숨이 많이 가쁜 격렬한 신체활동을 1회 20분 이상, 주 3일 이상 실천)은 20.2%, 중등도 신체활동 실천율(최근 1주일 동안 평소보다 몸이 조금 힘들거나 숨이 약간 가쁜 중등도 신체활동을 1회 30분 이상, 주 5일 이상 실천)은 8.6%로 국내 선천성 심장병 환자의 중·고강도 신체활동 실천율이 비교적 낮음을 보고하였다. 이에 반해, 일부 선행 연구에서는 성인 선천성 심장병 환자의 중·고강도 신체활동 수준이 건강 대조군에 비해 크게 차이가 없다고 보고하기도 하였다⁶.

선천성 심장병 환자의 신체활동 권장량 충족 비율과 건강

대조군과의 신체활동량을 비교한 본 연구가 일부 선행 연구와 불일치한 결과가 나타나는 것은 다양한 원인으로 분석할 수 있다. 대부분의 선행 연구에서는 다양한 연령대의 성인 선천성 심장병 환자를 대상으로 포함하였으나, 본 연구에서는 20대 초반의 성인 선천성 심장병 환자를 대상으로 하였기 때문에 이들의 신체활동 권장량 충족 비율이 상대적으로 높았을 것으로 생각된다. 또한, 본 연구의 건강 대조군은 모두 신체활동 권장량을 상회하는 신체활동이 활발한 성인이었다. 이러한 이유로 인해 성인 선천성 심장병 환자의 주관적 및 객관적으로 측정된 중·고강도 신체활동량 모두가 건강 대조군에 비해 크게 낮은 수준을 보였을 것이다. 따라서 성인 선천성 심장병 환자에서 신체활동 권장량을 충족하는 비율이 비교적 낮지 않으며, 건강 대조군에 비해 신체활동 수준이 낮다는 결론을 내리기가 쉽지 않다. 추후 연구에서 다양한 연령대의 성인 선천성 심장병 환자와 일반적인 신체적 특성을 가진 대조군을 대상으로 신뢰할 수 있는 방법으로 측정된 신체활동량을 통해 신체활동 정도를 비교하는 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 국내 성인 선천성 심장병 환자를 대상으로 주관적 및 객관적인 방법으로 신체활동 수준을 동시에 평가하였고, 신체활동 권장량 충족 유무 비율을 제시하였으며, 신체활동 수준을 대조군과 비교하여 각각도의 연구결과를 제시한 첫 번째 연구라는 측면에서 의의를 가질 수 있을 것이다.

한편 본 연구를 통해 성인 선천성 심장병 환자의 심폐운동부하 검사의 혈액학적 변인 및 운동능력 수준이 건강 대조군과 유의한 차이가 있음을 알게 되었다. 먼저, 운동 전 측정된 안정 시 심박수는 선천성 심장병 환자군이 건강 대조군에 비해 다소 높았다. 안정 시 심박수는 자율신경계 지표로 흔히 사용되므로 안정 시 심박수가 높다는 것은 선천성 심장병 환자에서 자율신경계 기능이 다소 감소되어 있다는 것을 암시한다. 이러한 연구결과는 선천성 심장병 환자들의 자율신경계 기능이 감소되어 있다고 보고한 일부 선행 연구와 일치하는 연구결과이다¹⁰. 이에 반해 운동 중 도달한 최대 심박수는 선천성 심장병 환자가 건강 대조군에 비해 낮은 것으로 나타났다. 일반적으로 운동 중 심박수 반응은 운동량이 증가함에 따라 비례적으로 증가하지만, 운동량이 증가함에도 불구하고 정상적으로 심박수가 증가하지 못하는 현상을 심박수변동부전(chronotropic incompetence)이라 한다. 심박수변동부전은 운동 중 나이에 따라 예상되는 최대 심박수(220-나이)의 80% 수준에 도달하지 못한 상태로 정의한다¹⁷. 본 연구에서 성인 선천성 심장병 환자의 운동 중 심박수변동부전 비율이 32.6%로 건강 대조군의 6.5%보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 선천성 심장병 환자에 있어 심박수변동부전 비율이 일반 대조군에 비해 높다고

보고한 선행 연구와 일치하는 결과이다²¹. 선천성 심장병 환자에서 심박수변동부전이 나타나는 기전에 대해서는 명확하게 밝혀져 있지 않지만, 심장의 구조적 이상과 수술로 인한 동방결절(sinoatrial node)의 손상¹⁰으로 자율신경계 이상 또는 시냅스 하부의 베타 아드레날린 수용체가 탈감각화되어²² 나타나는 것으로 알려져 있다. 많은 연구에서 운동 중 비정상적인 심박수 반응은 선천성 심장병 환자의 예후에 부정적인 요소로 작용한다고 보고하고 있으므로²³, 심박수변동부전의 기전을 명확하게 밝히고 이를 개선시키는 치료 전략을 세울 필요가 있다.

일반적으로 운동 시 수축기 혈압은 운동량이 증가함에 따라 비례적으로 상승하고, 이완기 혈압은 비교적 변화가 없거나 약간 감소하는 것이 정상적인 혈역학적 반응이다. 그러나 본 연구에서 선천성 심장병 환자의 최대 수축기 혈압은 건강 대조군에 비해 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 선천성 심장병 환자의 운동 중 최대 수축기 혈압이 건강 대조군에 비해 낮다고 보고한 Ohuchi 등¹⁰의 연구와 일치한다. 일반적으로 운동 수행 시에는 골격근으로의 혈액순환을 증가시키기 위해 심박출량이 증가되어야 하며 이는 수축기 혈압 상승을 동반한다. 그러나 선천성 심장병 환자의 경우 심장기능 부진으로 심장근에서 충분히 박출하기가 어려워 운동 중 수축기 혈압 상승이 둔화되어 나타난 것으로 볼 수 있다.

심폐운동부하검사를 통해 측정된 중요한 호흡지표인 VE/VCO₂는 성인 선천성 심장병 환자가 건강 대조군에 비해 높은 것으로 나타났다. VE/VCO₂는 이산화탄소 1 mol 배출에 필요한 환기량으로 환기의 효율성에 대한 측정지표이다. 일반적으로 운동 중 이산화탄소 생산량이 증가하면서 호흡량이 증가하므로 VE/VCO₂ slope는 선형적으로 증가하게 된다. 생성된 이산화탄소는 폐순환을 통해 제거되어야 하지만 선천성 심장병 환자의 경우 폐를 거쳐 심장으로 혈액을 순환시킬 수 있는 심실이 없는 기능적 단심실 환자나 폐혈관 우회술을 실시한 경우 폐 혈류 제한이 환기와 관류의 불일치를 야기시켜 VE/VCO₂ slope가 가파르게 수직 상승하게 된다²⁴. 또한 선천성 심장병 환자의 경우 흉골절개술 이후 흉골 통증으로 호흡이 약해지는 경우도 VE/VCO₂ slope가 상승하는데, 이는 흡기에 의해 폐포가 충분히 확장되기 전에 호기가 시작되므로 가스 교환율이 나빠 일정한 이산화탄소를 제거하기 위해 다량의 환기가 필요하기 때문이다²⁵.

운동능력(peak VO₂)은 건강한 사람뿐만 아니라 선천성 심장병 환자에서 심폐기능을 평가하기 위한 황금표준으로 널리 사용되고 있다. 운동능력의 지표인 peak VO₂는 조기 사망을 예측하는 강력한 위험 인자로 제시되고 있다²¹. 선행 연구에서 선천성 심장병 환자의 운동능력은 수술 후 혈역학적 문제가 여전히 남아

있고 지속적인 검사 및 의학적 증재와 투약을 받고 있는 환자뿐 아니라 수술 후 의학적 문제가 없고 일상생활에 전혀 제한이 없는 환자에 이르기까지 모두 낮은 것으로 보고되고 있다. 선천성 심장병 환자 770명과 건강 대조군 754명이 포함된 25개의 논문을 고찰한 Schaan 등²⁶의 연구에서는 선천성 심장병 환자의 운동능력은 9.3 mL/kg/min (95% 신뢰구간, -12.5 to -6.1) 정도 낮다고 보고하였다. 본 연구에서도 성인 선천성 심장병 환자의 운동능력은 건강 대조군에 비해 낮았으므로 이러한 결과는 선행 연구의 연구결과를 뒷받침한다고 할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 성인 선천성 심장병 환자의 운동능력이 건강 대조군에 비해 15.9 mL/kg/min (95% 신뢰구간, -19.8 to -12.1) 정도 낮았으며, 특히 연령 기준 예측 peak VO₂ 도달 수준이 선천성 심장병 환자의 경우 68%로 건강 대조군 105%에 비해 크게 낮게 나타났다. 선행 연구와 달리 본 연구에서 두 집단 간의 운동능력이 크게 차이가 나타난 이유는 첫째, 선행 연구와 본 연구의 대상자 연령 차이 때문으로 볼 수 있다. 둘째, 본 연구의 건강 대조군은 중·고강도 신체활동 권장량을 100% 충족하고 있으므로, 다른 연구에 비해 신체활동이 많은 그룹이라는 점도 이러한 결과에 영향을 미쳤을 수 있다. 많은 운동증재 연구에서 중·고강도 유산소 운동을 통해 선천성 심장병 환자의 운동능력이 향상된다고 보고하고 있어, 본 연구에서 나타난 중·고강도의 신체활동의 차이가 운동능력 차이에 영향을 미쳤을 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 선천성 심장병 환자의 낮은 운동능력은 만성적으로 낮은 심박출량, 청색증, 근골격계 이상, 이전의 수술, 신경 인지적 결손 등과 관련²⁷이 있기도 하지만, 평소 과보호 등으로 인한 고강도 신체활동을 제한하는 생활 습관과도 관련성이 있을 수 있다.

본 연구는 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 첫째, 대상자 선정에서 무작위표집 방법으로 표집하지 못하고 일개 병원의 외래 환자와 일개 대학의 대학생을 대상으로 표집하였으므로 선택편향(selection bias)이 존재할 가능성을 배제할 수 없으며, 이 때문에 전체 선천성 심장병 환자와 건강 대조군을 대표할 수 없는 제한점이 있다. 둘째, 본 연구의 건강 대조군은 공개 공고를 통해 모집하였으나 신체활동 수준이 비교적 높은 집단으로 구성된 제한점이 있다.

이러한 제한점에도 불구하고 본 연구는 국내 성인 선천성 심장병 환자를 대상으로 주관적 및 객관적인 방법으로 신체활동 수준을 동시에 평가하였고, 신체활동 권장량 충족 유무 비율을 제시하였으며, 신체활동 수준 및 운동능력을 건강 대조군과 비교한 첫 번째 연구라는 측면에서 의의를 가질 수 있을 것이다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Hyun Jeong Kim <https://orcid.org/0000-0001-5159-9525>

Ja Kyoung Yoon <https://orcid.org/0000-0002-6104-5259>

Seong-Ho Kim <https://orcid.org/0000-0003-3076-8857>

Sae Young Jae <https://orcid.org/0000-0003-0358-7866>

Author Contributions

Methodology: JKY. Funding acquisition: SHK. Writing—original draft: HJK. Writing—review & editing: SYJ.

References

- Kim GB. Psychosocial adjustment and quality of life of adolescents and adults with congenital heart disease. *Korean J Pediatr* 2014;57:257-63.
- Baumgartner H, de Backer J, Babu-Narayan SV, et al. 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease. *Eur Heart J* 2020;ehaa554.
- Blok IM, van Riel AC, Schuurings MJ, et al. Decrease in quality of life predicts mortality in adult patients with pulmonary arterial hypertension due to congenital heart disease. *Neth Heart J* 2015;23:278-84.
- Warburton DE, Nicol CW, Bredin SS. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ* 2006;174:801-9.
- Longmuir PE, McCrindle BW. Physical activity restrictions for children after the Fontan operation: disagreement between parent, cardiologist, and medical record reports. *Am Heart J* 2009;157:853-9.
- Muller J, Hess J, Hager A. Daily physical activity in adults with congenital heart disease is positively correlated with exercise capacity but not with quality of life. *Clin Res Cardiol* 2012;101:55-61.
- Larsson L, Johansson B, Wadell K, Thilen U, Sandberg C. Adults with congenital heart disease overestimate their physical activity level. *Int J Cardiol Heart Vasc* 2018;22:13-7.
- Voss C, Duncombe SL, Dean PH, de Souza AM, Harris KC. Physical activity and sedentary behavior in children with congenital heart disease. *J Am Heart Assoc* 2017;6:e004665.
- Khan AM, Paridon SM, Kim YY. Cardiopulmonary exercise testing in adults with congenital heart disease. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2014;12:863-72.
- Ohuchi H, Hasegawa S, Yasuda K, Yamada O, Ono Y, Echigo S. Severely impaired cardiac autonomic nervous activity after the Fontan operation. *Circulation* 2001;104:1513-8.
- Inuzuka R, Diller GP, Borgia F, et al. Comprehensive use of cardiopulmonary exercise testing identifies adults with congenital heart disease at increased mortality risk in the medium term. *Circulation* 2012;125:250-9.
- Giardini A, Specchia S, Tacy TA, et al. Usefulness of cardiopulmonary exercise to predict long-term prognosis in adults with repaired tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 2007;99:1462-7.
- Kim HJ, Yoon ES, Lee SJ, Choo J, Kim SH, Jae SY. Comparison of physical activity and health-related quality of life in adolescents with and without congenital heart disease: a propensity matched comparison. *Korean J Sports Med* 2017;35:40-7.
- Jeon YG. Developed the Korean version of the Global Physical Activity Questionnaire and evaluated the reliability and validity. Cheongju, Korea: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2013.
- Esliger DW, Rowlands AV, Hurst TL, Catt M, Murray P, Eston RG. Validation of the GENE Accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:1085-93.
- Ohkawara K, Oshima Y, Hikiyama Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I, Tanaka S. Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. *Br J Nutr* 2011;105:1681-91.
- Katritsis D, Camm AJ. Chronotropic incompetence: a proposal for definition and diagnosis. *Br Heart J* 1993;70:400-2.
- Larsson L, Johansson B, Sandberg C, et al. Geographical variation and predictors of physical activity level in adults with congenital heart disease. *Int J Cardiol Heart Vasc* 2018;22:20-5.
- Korean Statistical information Service. Trend of aerobic physical activity practice [Internet]. Daejeon: Statistics Korea; 2018 [cited 2019 Feb 20]. Available from: https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=117&tblId=DT_11702_N236
- Korea Heart Foundation. Heart treatment status survey in 2018. Seoul: Korea Heart Foundation; 2018.
- Diller GP, Dimopoulos K, Okonko D, et al. Heart rate response during exercise predicts survival in adults with congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1250-6.

22. Davos CH, Davlouros PA, Wensel R, et al. Global impairment of cardiac autonomic nervous activity late after repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 2002;106(12 Suppl 1):I69-75.
23. Lui GK, Silversides CK, Khairy P, et al. Heart rate response during exercise and pregnancy outcome in women with congenital heart disease. *Circulation* 2011;123:242-8.
24. Goldstein BH, Connor CE, Gooding L, Rocchini AP. Relation of systemic venous return, pulmonary vascular resistance, and diastolic dysfunction to exercise capacity in patients with single ventricle receiving fontan palliation. *Am J Cardiol* 2010; 105:1169-75.
25. Hitoshi Adachi. Cardiac rehabilitation CPX handbook. Baek SH, translator. Paju: Gunja Publishing; 2017.
26. Schaan CW, Macedo AC, Sbruzzi G, Umpierre D, Schaan BD, Pellanda LC. Functional capacity in congenital heart disease: a systematic review and meta-analysis. *Arq Bras Cardiol* 2017;109:357-67.
27. Swan L, Hillis WS. Exercise prescription in adults with congenital heart disease: a long way to go. *Heart* 2000;83: 685-7.