

초등학교 저학년 아동의 심폐체력과 안정 시 심박수, 심박수 회복 간의 관계

Relationships Between Cardiorespiratory Fitness, Resting Heart Rate, and Heart Rate Recovery in Elementary School Children

저자 (Authors)	한연오, 이상화, 박태섭 Yeon-Oh Han, Sangh-Hwa Lee, Tae-Seop Park
출처 (Source)	한국발육발달학회지 28(2) , 2020.5, 181-188(8 pages) The Korean Journal of Growth and Development 28(2) , 2020.5, 181-188(8 pages)
발행처 (Publisher)	한국발육발달학회 Korean Society of Growth and Development
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09348036
APA Style	한연오, 이상화, 박태섭 (2020). 초등학교 저학년 아동의 심폐체력과 안정 시 심박수, 심박수 회복 간의 관계. 한국발육발달학회지, 28(2), 181-188
이용정보 (Accessed)	경희대학교 163.180.98.*** 2021/06/21 13:38 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

초등학교 저학년 아동의 심폐체력과 안정 시 심박수, 심박수 회복 간의 관계

한연오^{1*} · 이상화² · 박태섭³

Relationships Between Cardiorespiratory Fitness, Resting Heart Rate, and Heart Rate Recovery in Elementary School Children

Yeon-Oh Han^{1*}, Sangh-Hwa Lee², and Tae-Seop Park³

Abstract : This study was investigated the relationships between cardiorespiratory fitness, resting heart rate, and heart rate recovery in elementary school children. A total of 567 elementary school children (398 boys and 169 girls) voluntarily recruited from G-gu, Seoul. Body mass index was calculated as weight in kilograms divided by height in meters squared. Cardiorespiratory fitness was assessed step test, resting heart rate and heart rate recovery were recorded with wireless heart rate monitor. One-way ANOVA followed by Bonferroni post-hoc test, if necessary, was applied to determine significant differences in dependent variables among cardiorespiratory fitness levels. Also, multiple regression analysis was used to determine significant determinants of cardiorespiratory fitness. The results showed that boys with better cardiorespiratory fitness significantly better resting heart rate, peak heart rate, and heart rate recovery in 1st minute, 2nd minute, respectively ($p < .05$). Girls with better cardiorespiratory fitness significantly better resting heart rate, peak heart rate, and heart rate recovery in 1st minute, respectively ($p < .05$). In addition, multiple regression analysis revealed that height ($p = .008$), weight ($p = .029$), and resting heart rate ($p < .001$) were independent predictors of cardiorespiratory fitness. In conclusion, resting heart rate found to be independently associated with cardiorespiratory fitness in elementary school children, and it is easy to measure and it can be used as a tool for monitoring cardiorespiratory fitness in the education aspect.

Keywords : Cardiorespiratory fitness, Resting heart rate, Heart rate recovery

I. 서 론

초등 체육은 국가가 정한 법률에 의해 실행하는 의무교육에서 체육을 처음으로 가르치고 배우는 과정이다(정현우 등, 2018). 체육교육의 출발점이자 평생 스포츠의 참여로 좌우되는 초등 체육을 활성화하기 위해 그동안 다양한 정책과 노력이 지속적으로 이루어져 왔으며, 대표적으로 학교스포츠클럽, 공부하는 학생선수 육성 지원, 여학생 체육활동 활성화, 학생건강 체력평가제(physical activity promotion system; PAPS), 건강 체력교실 등 다수의 정책을 거론할 수 있다(교육부, 2019). 하지만 위와 같이 언급한 정책들이 초등 체육 활성화에 집중되어있다고 보기는 어려운 점이 초등학교 고학년, 그리고 그 보다는 중·고등학교를 주 대상으로 하는 추진 과제이기 때문이다. 학교체육의 범주 안에서 국가 수준의 교육과정에 근거하여 모든 학생들이 의무적으로 배워야 하는 체육교과를 의

미하는 초등학교에서의 정과체육은 통합교과가 존재하는 1~2학년 군을 제외하고, 교육부가 고시하는 체육과 교육과정에 의거하여 3~6학년에서만 이루어지고 있어 정과체육이 초등학교 3~6학년에 한정되면서 초등학교 1~2학년 학생들의 충분한 신체 활동량 보장과 조화로운 성장·발달에 대한 근본적인 한계가 산재해 있다고 볼 수 있다(Park and Son, 2012; Cho and Shin, 2010). 아동청소년의 신체활동 부족 현상과 과열된 입시를 위한 교육열에 관한 내용은 오늘날 만의 일이 아니다. 정부에서도 점차 저하되는 아동청소년의 체력의 중요성을 인식하고 PAPS를 4학년으로 시범 확대하는 등 노력을 기울이고 있지만 어린 아동의 신체활동과 체력관리를 위한 구체적인 지침은 아직 미흡한 실정이다.

신체활동과 심폐체력은 심장질환, 제2형 당뇨병, 대장암, 유방암 등 비전염성 만성질환 예방을 위한 중요한 조절 가능한 요인이라고 알려져 있다(Lee et al., 2012; Ross et al., 2016).

¹건강한신체활동연구소 소장(Corresponding author, Head of R&D, Health Physical Activity Institute, E-mail: healthlab.han@gmail.com)

²서울대학교 연구원(Researcher, Seoul National University)

³명지대학교 교수(Professor, Myongji University)

범국가적으로 많은 만성질환 위험요인이 아동기에 나타나고 있는데(Bernson et al., 1998), 이는 곧 만성질환을 예방하기 위한 움직임은 아동기에 시작되어야 함을 시사한다. 심폐체력은 아동청소년의 건강 관련 중요한 지표 중 하나이다(Lang et al., 2018a). 서구권 아동청소년 대상 중단 연구 결과에 의하면 낮은 심폐체력은 성인기의 모든 원인의 사망 위험 요인의 증가와 관련이 있다고 보고하였다(Högström et al., 2014). 하지만 전 세계적으로 아동청소년의 심폐체력 수준은 저하되고 있는 추세이며(Tomkinson et al., 2019), 우리나라 아동청소년 역시 1965년부터 2014년까지의 교육부 학교 보건 자료를 이용하여 체력의 변화 추이를 살펴본 결과, 오래달리기-걷기 검사를 통한 심폐체력은 초등학생 남·여 모두에서 하락하는 추세(Chae and Shin, 2015)를 보이고 있다는 점에서 주의 깊게 살펴보아야 할 필요가 있다.

심폐체력 측정은 실험실 기반의 준거 검사로 측정하는 것이 가장 우월한 측정 방법이지만, 복잡한 장비와 가용할 수 있는 전문 인력과 준비 및 측정 소요시간 또한 상당 부분 고려해야 하기에(Silva et al., 2016), 학교 또는 지역 사회 기반에서는 필드 테스트를 이용하여 대체할 수 있다. 학교에서는 학교보건법 제7조 및 제7조의 3의 규정에 의거하여 학교건강검사를 매년 초에 실시하고, 신체능력검사의 필수 평가 항목으로 심폐체력을 측정하고 있는데 검사 항목으로는 20 m(초등학생 15 m) 왕복오래달리기, 오래달리기-걷기, 스텝검사 중 학교여건을 고려하여 실시한다(교육부 2019, 학교건강검사규칙, 교육부령 제 188호). 필드 검사 중 스텝검사는 공간 제약 없이 간단하게 측정할 수 있는 검사로, 시간 간격이 정해진 신호음에 맞추어 스텝박스를 올라갔다 다시 내려오는 동작을 반복 실시한 후 안정 시 심박수를 측정하며, 신체효율지수(Physical efficiency index; PEI)를 이용하여 평가할 수 있다(ACSM, 2016).

한편, 안정 시 심박수 모니터링은 간단하고 비침습적인 방법으로 건강 예후와 관련이 있다(Fernandes et al., 2013). 청소년의 상승된 안정 시 심박수는 혈압 상승, 혈당 상승, 콜레스테롤 농도 상승, 중성지방 상승과 같은 심혈관 질환의 지표와 직접적으로 관련이 있다(Christofaro et al., 2017; Rangul et al., 2012). 이와 같은 맥락으로 저비용의 상대적으로 쉽게 관리할 수 있는 도구를 사용하여 아동청소년의 건강 관련 문제 예방 및 수정 가능한 요소를 식별하여 적절한 중재 방법 전략을 모색하기 위하여 안정 시 심박수와 건강관련 체력 구성 요소와 연관성을 알아보는 연구가 필요하며, 아동을 대상으로 한 연구는 부족한 실정이다. 또한, 심박수 회복 반응은 자율신경 기능을 매우 간단하게 확인할 수 있는 지표이며, 심혈관계의 부정적인 결과를 독립적으로 예측 가능하다(Peçanha et al., 2014). 심박수 회복 반응은 일반적으로 최고 심박수에서 운동 후 1분 때 심박수의 차이를 의미한다(Shetler et al., 2001). Cole et al.(1999)은 심박수 회복 반응 평가가 심박변이도 및 압력수용기 민감도의 평가보다 자율신경계 기능을 추정할 때 결정의 간편함 때문에 더 용이하다고 하였고, 이미 5-6세 때 부교감 신경계 활성의 감소와 대사 위험 증가를 나

타내는 복부 비만과 높은 수축기혈압이 관련이 있다는 연구 결과가 보고되고 있다(Vrijkotte et al., 2015).

종합적으로 전 세계적으로 아동청소년의 신체활동과 체력의 감소, 과체중 및 비만을 증가로 인한 우려로 국내·외 신체활동 지침, 실행 계획을 촉발시켰다. 최근 세계보건기구에서도 global action plan on physical activity를 발표하였고(WHO, 2018), 국내에서는 국민체력 100, 학생건강검사규칙에서 대상을 확대하고 취약 집단을 위한 프로그램을 개발 적용하고 있다. 이러한 움직임을 통해 개인 및 지역사회 건강관리로서 심폐체력의 감시(surveillance)가 중요한 지표가 될 수 있음을 시사한다. 지금까지 성인 및 청소년을 대상으로 심폐체력과 안정 시 심박수, 심박수 회복 반응을 조사한 연구는 발표되고 있으나, 아동, 특히 초등학교 저학년의 심폐체력 수준을 알기는 어려운 실정이며, 심폐체력과 안정 시 심박수 간의 연관성을 확인한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 초등학교 저학년 아동을 대상으로 스텝 검사를 통한 심폐체력과 안정 시 심박수, 그리고 심박수 회복 반응을 살펴보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구 참여자는 서울 G구 소재에 있는 초등학생 1~3학년 567명으로 남아 398명, 여아 169명으로 구성하였고, 외견상 건강할 뿐 아니라 2017 소아청소년 성장도표를 기준으로 체질량지수 백분위수 5th 이상 85th 이하의 정상 체중의 초등학생을 선정하였다. 본 연구에 앞서 모든 연구 참여자와 보호자에게 측정에서 수행해야 하는 과제, 설문조사 등에 대하여 연구의 배경과 목적 및 관련된 절차에 대해 충분한 설명이 제공되었고 자발적으로 참여 동의서에 서명 한 후 참여하였다. 연구 참여자의 특성은 <Table 1>과 같다.

2. 측정도구 및 자료수집방법

1) 신체조성

신장(cm)과 체중(kg)은 가벼운 의복을 입은 상태에서 자동신장체중계(DS-103, Jenix, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였으며, 체질량지수(Body mass index, BMI)는 체중(kg)/신장(m²) 공식을 이용하여 산출하였다.

2) 심폐체력

심폐체력은 장시간 동안 중강도에서 고강도로 대둔근을 이용하여 동적 운동을 수행할 수 있는 능력이다(Ortega et al., 2008). 심폐체력 측정은 학교건강검사규칙 필수평가 항목 중

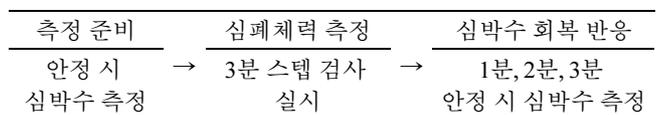


Fig. 1. Step test process

Table 1. Characteristics of participants

Group	Total (n=567)	Boys (n=398)	Girls (n=169)
Age (years)	7.8(1.6)	7.8(1.6)	8.0(1.7)
Height (cm)	119.6(11.6)	119.4(11.5)	119.9(11.7)
Weight (kg)	24.6(7.3)	24.8(7.8)	24.3(6.0)
Body mass index (kg/m ²)	16.9(2.3)	17.0(2.4)	16.7(1.9)
Resting heart rate (bpm)	99.7(12.8)	99.3(11.6)	100.7(15.2)
Peak heart rate (bpm)	155.3(16.7)	155.0(16.0)	156.0(18.3)
CRF (PEI points)	56.8(8.5)	58.5(6.6)	52.7(10.8)
ΔHRR in 1 st minute (bpm)	46.1(12.8)	46.2(12.1)	46.1(14.5)
ΔHRR in 2 nd minute (bpm)	53.6(14.7)	53.5(14.0)	53.8(16.3)
ΔHRR in 3 rd minute (bpm)	54.1(14.3)	54.0(13.8)	54.3(15.3)

Values are presented as mean(standard deviation)

CRF: cardiorespiratory fitness, PEI: physical efficiency index, HRR: heart rate recovery, bpm: beats per minute

스텝검사 방법을 이용하여 측정하다. 스텝박스 높이는 20.3 cm로 하였고, 반복 횟수는 24회/분으로 하여 정해진 신호음에 맞추어 스텝박스를 올라갔다 다시 내려오는 동작을 3분 동안 반복 실시한 후 스텝 운동 종료 직후 앉은 자세에서 안정 시 심박수를 1분 단위로 3회 측정하였다. 연구 참여자가 정확한 신호음에 맞추어 스텝박스에 오르내리는 속도 유지를 위해서 메트로놈을 사용하였으며, 정면 스크린에 동일한 박자와 동작의 애니메이션을 재생하여 일정한 속도를 유지할 수 있도록 보조하였다. 심박수는 단체용 무선 심박수 측정기(Bodypro DSM100, Du-sung Technology, Daejeon, Korea)를 이용하여 측정하였으며, 신체효율지수(physical efficiency index, PEI)는 심박수 측정기가 있을 때 공식 $PEI = D / (P) \times 100$ [D : 스텝운동 지속시간(초), P : 1회(1분 심박수) + 2회(2분 심박수) + 3회(3분 심박수)]를 활용하여 산출하였다.

3) 안정 시 심박수 및 심박수 회복 반응

안정 시 심박수는 1분간 심장의 수축 횟수를 의미하며(Diaz et al., 2005), 심폐체력 수준을 반영하는 주요 지표로 낮은 안정 시 심박수는 높은 심폐체력과 연관이 있다(Higginbotham et al., 1986). 안정 시 심박수는 단체용 무선 심박수 측정기 손목밴드 단독 사용 방식을 이용하여 양쪽 손목에 심박수 측정 밴드를 착용하고 충분한 안정을 취한 후에 심박수가 더 이상 내려가지 않는 상태에서 앉은 자세로 측정하였다. 회복기 심박수(heart rate recovery, HRR)는 스텝검사가 종료된 직후부터 회복 시 3분까지 앉은 자세로 변화되는 심박수를 10초 단위로 측정하였다. 심박수 회복 반응은 스텝검사 운동 중 최고 심박수에서 종료 직후 1분, 2분, 3분에서의 심박수를 뺀 값을 사용하였다(Spies et al., 2005).

3. 자료분석

연구 참여자의 측정 자료는 평균과 표준편차로 표시하였다. 첫째, 심폐체력 수준은 빈도 분석을 실시하여 하위 심폐체력 집단(low 25 percentile), 중위 심폐체력 집단(middle 50

percentile), 상위 심폐체력 집단(high 25 percentile)로 분류하였다. 둘째, 심폐체력 수준에 따른 안정 시 심박수, 심박수 회복 반응은 일원변량분석(one-way ANOVA)을 사용하였으며, 유의한 결과에 대한 사후검증은 Bonferroni를 이용하여 분석하였다. 셋째, 다중회귀분석을 이용하여 심폐체력 수준에 대한 독립 예측인자를 결정하였다. 본 연구에서 얻은 모든 자료는 SPSS ver.23.0(SPSS, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였고, 통계적 검정의 유의수준 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

본 연구는 초등학교 저학년 아동 567명을 대상으로 스텝 검사를 통한 심폐체력 수준이 체질량지수, 안정 시 심박수, 그리고 심박수 회복 반응에 미치는 영향을 검정하는 것을 주요 목적으로 하였다.

1. 남자 아동의 심폐체력 수준에 따른 BMI, 안정 시 심박수, 심박수 회복 반응 비교

<Table 2>는 남자 아동의 심폐체력 수준에 따른 집단 간 BMI, 안정 시 심박수, 최고 심박수, 심박수 회복 반응을 나타낸 것이다. 그 결과, 안정 시 심박수($p < .001$), 최고 심박수($p < .001$), 회복기 심박수 1분($p = .023$), 회복기 심박수 2분($p = .003$)에서 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. BMI와 회복기 심박수 3분 시점에서는 심폐체력 수준에 따른 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 여자 아동의 심폐체력 수준에 따른 BMI, 안정 시 심박수, 심박수 회복 반응 비교

<Table 3>은 여자 아동의 심폐체력 수준에 따른 집단 간 BMI, 안정 시 심박수, 최고 심박수, 심박수 회복 반응을 나타낸 것이다. 그 결과, 안정 시 심박수($p < .001$), 최고 심박

Table 2. Boy's body mass index, resting heart rate, heart rate recovery according to cardiorespiratory fitness levels

Variables	CRF	TOTAL (n=398)	LOW (n=98)	MID (n=203)	HIGH (n=97)	p-value	Post-hoc
Body mass index (kg/m ²)		17.0(2.4)	17.4(3.0)	16.7(2.0)	17.0(2.7)	.076	NS
Resting heart rate (bpm)		99.3(11.6)	109.5(10.4)	99.3(8.6)	88.9(8.8)	.001***	HIGH>LOW, HIGH>MID, MID>LOW
Peak heart rate (bpm)		155.0(16.0)	167.2(10.8)	156.1(13.1)	140.1(14.2)	.001***	LOW>HIGH, MID>HIGH, LOW>MID
ΔHRR in 1 st minute (bpm)		46.2(12.1)	43.5(11.3)	45.9(12.7)	47.5(11.9)	.023*	HIGH>LOW, HIGH>MID
ΔHRR in 2 nd minute (bpm)		53.5(14.0)	49.6(12.5)	53.4(14.7)	55.5(14.0)	.003**	HIGH>LOW
ΔHRR in 3 rd minute (bpm)		54.0(13.8)	52.1(12.7)	56.3(14.4)	53.1(13.4)	.119	NS

Values are presented as mean(standard deviation)

CRF: cardiorespiratory fitness, HRR: heart rate recovery, bpm: beats per minute

*:p<.05, **:p<.01, ***:p<.001; NS: Non-significant

Table 3. Girl's body mass index, resting heart rate, heart rate recovery according to cardiorespiratory fitness levels

Variables	CRF	TOTAL (n=169)	LOW (n=42)	MID (n=85)	HIGH (n=42)	p-value	Post-hoc
Body mass index (kg/m ²)		16.7(1.9)	17.0(2.2)	16.7(1.9)	16.4(1.7)	.327	NS
Resting heart rate (bpm)		100.7(15.2)	102.9(18.4)	105.6(11.9)	88.6(10.2)	.001***	HIGH>LOW, HIGH>MID
Peak heart rate (bpm)		156.0(18.3)	161.0(17.9)	159.2(17.3)	144.6(16.1)	.001***	LOW>HIGH, MID>HIGH
ΔHRR in 1 st minute (bpm)		46.1(14.5)	42.2(10.1)	45.5(10.0)	49.8(12.6)	.035*	HIGH>LOW
ΔHRR in 2 nd minute (bpm)		53.8(16.3)	51.4(14.6)	51.5(12.6)	58.3(17.3)	.205	NS
ΔHRR in 3 rd minute (bpm)		54.3(15.3)	54.6(12.7)	52.6(13.5)	55.3(17.0)	.250	NS

Values are presented as mean(standard deviation)

CRF: cardiorespiratory fitness, HRR: heart rate recovery

*:p<.05, **:p<.01, ***:p<.001; NS: Non-significant

Table 4. Multiple regression analysis for individual variability of Cardiorespiratory fitness

Predictors	Adjusted R ²	β	Standard error	t	p-value
Constant		65.67	6.614	9.929	
Age		.237	.418	.568	.570
Height		.203	.076	2.673	.008**
Weight		-.176	.080	-2.191	.029*
Resting heart rate	.320	-.318	.024	-13.117	.001***
ΔHRR in 1 st minute		-.012	.035	-.343	.731
ΔHRR in 2 nd minute		.070	.040	1.745	.082
ΔHRR in 3 rd minute		-.041	.038	-1.069	.285

HRR: heart rate recovery

*:p<.05, **:p<.01, ***:p<.001

수(p<.001), 회복기 심박수 1분(p=.035)에서 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. BMI, 회복기 심박수 2분, 회복기 심박수 3분 시점에서는 심폐체력 수준에 따른 집단 간 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

3. 초등학교 저학년 아동의 심폐체력 대한 독립예측인자결정을 위한 회귀분석

<Table 4>는 다중회귀분석을 이용하여 키와 체중 등 신체 측정 요인과 안정 시 심박수와 회복기 심박수가 심폐체력에 대한 독립예측인자로서의 역할을 분석하였다. 그 결과 키

($\beta=.203$, $p=.008$), 체중($\beta=-.176$, $p=.029$), 안정 시 심박수($\beta=-.318$, $p<.001$)가 독립예측인자인 것으로 나타났으며, 키는 심폐체력과 양적 상관관계, 체중과 안정 시 심박수는 부적 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.

IV. 논 의

본 연구는 초등학교 저학년 아동을 대상으로, 스텝검사를 통한 심폐체력 수준과 안정 시 심박수, 심박수 회복 반응의 관련성을 확인하고자 하였으며, 안정 시 심박수가 초등학교 저학년 아동의 심폐체력 수준을 잘 반영하는지 검증하는 것을 주요 목적으로 하였다. 총 567명을 대상으로 스텝검사를 통한 심폐체력 수준을 신체효율지수로 산출하여 집단을 구분하였고, 그 결과 체력수준이 높으면 높을수록 남아와 여아 모두에서 안정 시 심박수가 낮은 것으로 나타났다. 스텝검사는 심폐체력을 측정할 수 있는 최대하 운동 검사 중 하나로 일정 시간 동안 특정 높이의 스텝박스에서 정해진 빈도로 오르내린 후 회복기 심박수를 통해 평가할 수 있다. 특히, 다른 필드 검사에 비해 짧은 시간에 측정이 용이하고, 수행 동작이 일상생활에서 자연스럽게 이루어지는 계단 오르기 형태이기 때문에 측정에 대한 부담이 적어 순응도가 높으며 동시에 여러 대상자를 측정할 수 있다. 스텝검사의 타당도를 조사한 연구에 의하면 비교적 높은 편으로 보고하고 있어(Beutner et al., 2015) 널리 이용되고 있다.

아동청소년들 사이에서, 심폐체력은 자가보고 신체활동 수준과 무관하게 건강지표와 관련이 있는 것으로 보고하였다(Lang et al., 2018c). 이는 심폐체력이 주관적 신체활동량의 예측력을 넘어서 아동청소년의 건강에 대한 추가적인 통찰력을 제공할 수 있음을 시사한다. 본 연구에서 직접적으로 확인할 수 없지만 선행연구에 따르면, 심폐체력과 심장대사 프로파일 사이의 강한 연관성이 보이며, 체력수준이 좋은 아동청소년은 보통 더 좋은 당내성, 콜레스테롤 및 중성지방 수치와 낮은 혈압을 보인다고 보고 하였다(Lang et al., 2018b; 한태경과 이형록, 2014; 허만동 등 2009). 체계적 문헌고찰에 의하면, 유년기의 심폐체력수준이 성인에서 대사증후군 및 동맥 경화를 포함한 심혈관 위험 프로파일을 예측한다는 강력한 근거가 있다고 보고하였다(Ruiz, 2009). 더 중요한 것은 아동청소년 시기의 심폐체력은 성인기에도 적당히 잘 들어맞아 인구집단의 향후 건강에 대한 통찰력을 제공할 수 있다는 점을 시사한다.

우리 몸은 교감신경계와 부교감신경계의 상호작용에 의해 항상성을 유지하고 있다. 불균형적인 자율신경계 반응은 심혈관계 질환 발생 위험을 증가시키는데(Lahiri et al., 2008), 부교감신경계의 활성도의 장애가 이러한 문제를 일으키는데 중요한 역할을 한다. 일반적으로 부교감신경계의 활성도는 심박수 변이도, 압수용체 민감도, 회복기 심박수 등으로 평가할 수 있는데 이러한 지표들은 심혈관계 질환의 이환 및 사망률의 독립적인 예측인자로 알려져 있다(Clark et al., 2015). 부교감신경계 활성도는 유산소 운동을 하는 집단에서 높게 나타나는데(Pardo et al., 2010), 이는 장기간의 운동이 안정 시 교감

신경계 활성도를 감소시키고 동시에 부교감신경계 활성도를 증가시켜 안정 시 심박수를 감소시킴으로써 심혈관계에 부담을 줄이게 되는 경로라고 할 수 있다(Goldsmith et al., 2000). 비만한 초등학생을 대상으로 8주간 신체활동 프로그램을 통한 심폐체력의 향상은 순환기능과 산소전달 능력이 증가하였음을 보고하였고(김성연 등, 2017), 아동청소년의 심폐체력과 비만 사이의 연관성을 조사한 몇몇 연구에서는 낮은 심폐체력은 비만으로 진행되는 독립적인 위험 요인이라고 하였다(Gonçalves et al., 2017). 하지만 비만한 아동이 낮은 체력수준을 보이거나 체력수준을 체중에 상대적으로 정량화하여 오해를 영속화하려고 하는 선행연구(Tsiros et al., 2011)가 우세하게 발표되고 있지만, 아동의 비만과 과도한 체지방의 축적 그 자체가 심혈관계와 근육계로의 산소 운반과 사용 능력에 영향을 주지 않는 것은 잘 알려져 있다(Cooper et al., 1990; Krachler et al., 2015). 본 연구에서도 심폐체력 수준에 따라 남아 아동 모두 BMI에서는 집단 간 차이가 나타나지 않은 결과와 맥을 같이 한다. 하지만, 국내 1968년부터 2000년 사이의 아동청소년의 심폐체력(600~1,200 m 달리기) 수준은 급격히 저하하는 반면 체지방량은 증가하는 현상이 동시에 발생(Tomkinson et al., 2006; Chae and Shin, 2015)하고 있다는 점에서 주의 깊은 관찰이 필요할 것으로 사료된다.

활동적인 사람은 비활동적인 사람에 비해 자율신경계 활성도가 향상되어 있고, 부교감신경계 활성도는 비활동적인 사람에서 낮은 수준을 보이지만 유산소 운동을 하는 사람에서 높게 나타나는 것으로 보고되고 있다(Nagashima et al., 2010). 운동 후 심박수 회복의 저하는 심혈관계 질환 발생 위험도 및 사망률의 독립적인 예측인자로 보고되고 있다(Nishime et al., 2000). 회복기 심박수는 신체적으로 더욱 건강한 사람에서 높은 것으로 알려져 있으며(Peçanha et al., 2014; 성인을 대상으로 한 메타분석 결과에 의하면 저조한 심박수 회복 반응은 심혈관 질환 발생과 모든 원인에 의한 사망률과 관련이 있다고 보고하였고(Qiu et al., 2017), 평균 10~12세의 아동에서도 저조한 심박수 회복 반응은 비만과 심혈관질환의 위험 인자가 될 수 있음을 보고하였다(Simhae et al., 2013). 심박수 회복 반응은 성인의 경우 보통 회복기 1분에 12회/분의 심박수 감소와 회복기 2분에 22회/분의 심박수 반응을 정상 반응으로 보는데(ACSM, 2017), 아동의 정상 반응으로 적용할 수 있는 기준 설정은 없지만, 아동이 성인보다 회복기 심박수 감소가 더 빠른 것으로 보고한 Baraldi et al.(1991)의 연구에서 보고한 결과와 같이 본 연구결과에서도 심폐체력이 높은 집단에서 심박수 회복 반응이 높게 나타났으며, 성인보다 높은 회복기 심박수 감소가 나타난 결과는 높은 심폐체력 수준은 자율신경계 활성도에 긍정적인 영향을 준다는 것을 시사한다. 본 연구의 심폐체력 측정은 다수의 아동들을 동시에 측정하는 환경에서 이루어졌다. 안정 시 심박수를 측정을 위한 표준 측정 방법의 부재는 선행 연구에서도 중요한 제한점으로 작용하였는데(Palatini et al., 2006), 아동들이 측정하기 전, 그리고 측정 후 안정 시 심박수를 측정하는 동안 자리에 앉아 휴식을 취했지만 주변 아이들과 상호 작용을 통해 영향을

받을 수도 있다는 점을 감안해야 할 것으로 판단된다.

이러한 점에서 미루어볼 때, 심폐체력 검사를 통한 자율신경계의 활성도를 반영하는 안정 시 심박수와 심박수 회복 반응을 확인하여 향후 심혈관계의 자율신경 조절 반응을 간접적으로 평가하는 데 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구는 일부 지역의 초등학교 저학년층을 대상으로 국한했다는 점, 신체조성은 키와 체중, 건강관련체력은 스텝검사를 통한 심폐체력과 심박수 지표만을 사용했다는 점에서 연구의 제한점이 있다. 하지만, 아동청소년을 대상으로, 심폐체력수준이 현재 건강 상태뿐 아니라 향후 성인기 건강 상태를 예측하는데 강한 연관성이 있음이 보고(Ruiz, 2009)되고 있으므로 건강검사 체계에 심폐체력을 포함시키는 것은 아동 건강에 대한 더 나은 해석과 대처 방법을 제공하기 위해 신체활동과 비만을 개선을 보완하는 데 도움이 될 수 있다(Lang et al., 2018b; Sandercook and Jones, 2018). 특히, 성장하는 초등학교 저학년 아동은 키, 체중, 안정 시 심박수는 심폐체력을 결정하는 데 중요한 결정인자인 것으로 나타났다. 심폐체력 측정을 위해 많은 필드테스트 방법이 적용되었고, 시간과 공간의 상황에 맞추어 선택 적용할 수 있다. 아동청소년의 심폐체력 검사는 20m(초등학생, 여학생은 15m) 왕복오래달리기, 3분 스텝검사 등을 적용할 수 있는데, 본 연구와 같이 스텝 검사를 할 때 심박수 모니터를 이용하게 되면, 어린 아동의 심박수 측정의 신뢰성을 높일 수 있고 검사 중 이상 심박수를 보이는 아동을 조기에 발견하여 사고예방에 도움을 줄 수 있다.

다만, 본 연구에서는 초등학교 저학년 아동에게 초등학교 5-6학년에게 적용하는 20.3 cm 높이의 스텝 박스를 이용하여 스텝검사를 실시하였다. 비록 본 연구에서 남녀의 신장의 차이는 없었지만, 심폐체력을 예측하는 독립 인자로 신장이 설명변수가 된다는 점에서 스텝 박스의 높이와 반복 횟수를 달리 적용한 스텝검사 방법들에 따라 평가가 달라질 수 있음을 의미한다. 이와 관련하여, PAPS에서는 초등학교의 경우 20.3 cm, 중학생 남·여학생과 고등학교 여학생은 45.7 cm에 반복 횟수는 분당 24회로 하고, 고등학교 남학생의 경우 50.8 cm 스텝 박스 높이에 분당 30회의 반복 횟수를 측정하도록 하고 있다. 그러나 Ko(1993)의 연구에서는 여자 중학생의 적정 스텝박스 높이는 35 cm라고 보고 하였고, 미국 남자 대학생을 대상으로 고안된 50.8 cm의 높이는 우리나라 남자 체력과 신장(하지장)에 상대할 만큼 과중한 운동 부하로 작용될 수 있음을 보고하였다(Ra and Kim, 2001). 따라서, 현재까지 초등학교 저학년의 아동을 대상으로 스텝박스의 높이와 반복 횟수에 대한 신뢰도와 타당도를 보고한 연구가 없어 후속 연구가 필요하며, 향후 단계적인 연령별로 스텝 박스 높이를 정하는 것이 아니라 개인별 신체적 특성을 고려하여 적용하는 것이 필요할 것으로 판단되며, PAPS가 도입된 이후 학생 체력 수준 추이를 알 수 있는 통계가 부족하여 최근의 추세를 정확히 파악하기 어려울 뿐더러 유아 및 초등학교 저학년 아동의 심폐체력 수준을 알기는 어려운 실정이므로, 본 연구 결과는 아동의 심폐체력 모니터링을 위한 도구로서 측정이 용이

하고 교육적 측면에서 안정 시 심박수는 현장에서 유용하게 사용될 수 있다는 근거가 될 수 있을 것이고, 장기적인 관점에서 전 생애에 걸친 체력수준 감시체계와 적절한 체력관리 방법을 모색해야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 초등학교 저학년 아동을 대상으로 스텝 검사를 통하여 측정된 심폐체력 수준과 체질량지수, 안정 시 심박수, 그리고 심박수 회복 반응에 미치는 영향을 분석한 결과를 종합해 보면, 첫째, 남자 아동은 심폐체력 수준이 높을수록 안정 시 심박수, 최고심박수가 낮았으며, 심박수 회복 1분, 2분에서 높게 나타났다. 둘째, 여자 아동은 심폐체력 수준이 높을수록 안정 시 심박수, 최고심박수가 낮았으며, 심박수 회복 1분에서 높게 나타났다. 셋째, 키, 체중, 안정 시 심박수는 심폐체력에 대한 독립적인 예측인자인 것을 알 수 있었다.

본 연구는 일부지역의 아동을 대상으로 조사되었기 때문에 연구결과를 일반화하는데 제한점이 있으나, 초등학교 저학년 아동을 대상으로 심폐체력 모니터링을 위한 도구로서 측정이 용이한 안정 시 심박수를 활용하는 것을 고려해 볼 수 있다. 이러한 결과를 토대로 초등학교 저학년에 대한 체육활동 및 학생건강체력증진을 위한 신체활동 지침의 근거 자료로 활용되길 바란다. 이를 바탕으로 후속 연구에서는 보다 다양한 지역의 많은 아동을 대상으로 확대하여 성별과 연령에 대한 세분화된 연구가 이루어진다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이며, 장기적인 측면에서 전 생애주기에 걸쳐 체력 수준 감시체계 확립과 적절한 체력관리 방법에 도움을 줄 수 있는 프로그램 개발이 우선적으로 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 교육부 (2019). 2019년 학교체육 활성화 추진 기본계획.
- 김성연, 윤종대 및 이봉근 (2017). 성장기 어린이들의 신체활동 수준이 심폐체력, 인지능력 및 스트레스마커에 미치는 영향. *한국스포츠학회지*, 15(1), 469-478.
- 정현우, 한태룡, 노용구, 조기희 및 박미림 (2018). 초등돌봄교실 내 체육프로그램 지원방안 연구. 한국스포츠정책과학원.
- 한태경과 이형록 (2014). 10주간의 줄넘기 운동 프로그램이 초등학생의 기초체력, 혈중 지질 및 운동 습관에 미치는 영향. *한국체육측정평가학회지*, 16(2), 93-102.
- 허만동, 이경렬 및 정성립 (2009). 12주간의 다양한 스포츠활동이 비만 초등여학생의 체지방률, GH, IGF-1 및 대사증후군 위험인자에 미치는 영향. *한국사회체육학회지*, 37(2), 1091-1099.
- American College of Sports Medicine. (2017). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription 10th ed. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins.
- Baraldi, E., Cooper, D. M., Zanonato, S., and Armon, Y. (1991). Heart rate recovery from 1 minute of exercise in children and adults. *Pediatric Research*, 29(6), 575-579.
- Bernson, G. S., Srinivasan, S. R., Bao, W., Newman, W. P. 3rd, Tracy, R. E., and Wattigney, W. A. (1998) Association

- between multiple cardiovascular risk factors and atherosclerosis in children and young adults. The Bogalusa heart study. *The New England Journal of Medicine*, 338(23), 1650-1656.
- Beutner, F., Ubrich, R., Zachariae, S., Engel, C., Sandri, M., Teren, A., et al. (2015). Validation of a brief step-test protocol for estimation of peak oxygen uptake. *European Journal of Preventive Cardiology*, 22(4), 503-512.
- Chae, J. S., and Shin, J. Y. (2015). Trend analysis of physique and physical fitness according to the time of children and youth in Korea. *The Korean Journal of Measurement and Evaluation in Physical Education and Sports Science*, 17(3), 23-37.
- Christofaro, D. G. D., Casonatto, J., Vanderlei, L. C. M., Cucato, G. G., and Dias, R. M. R. (2017). Relationship between resting heart rate, blood pressure and pulse pressure in adolescents. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 108(5), 405-410.
- Cho, M. H., and Shin, K. C. (2010). Exploring the directions for improving physical education curriculum for the elementary school 1-2th graders. *Korean Association of Sport Pedagogy*, 17(4), 19-37.
- Clark, B. R., White, M. L., Royer, N. K., Burlis, T. L., DuPon, N. C., Wallendorf, M., et al. (2015) Obesity and aerobic fitness among urban public school students in elementary middle and high school. *PLoS One*, 10(9), e0138175.
- Cole, C. R., Blackstone, E. H., Pashkow, F. J. Snader, C. E., and Lauer, M. S. (1999). Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *The New England of Journal of Medicine*, 341(18), 1351-1357.
- Cooper, D. M., Poage, J., Barstow, T. J., and Springer, C. (1990). Are obese children truly unfit? Minimizing the confounding effect of body size on the exercise response. *The Journal of Pediatrics*, 116(2), 223-230.
- Diaz, A., Bourassa, M. G., Guertin, M. C., & Tardif, J. C. (2005). Long-term prognostic value of resting heart rate in patients with suspected or proven coronary artery disease. *European Heart Journal*, 26(10), 967-974
- Fernandes, R. A., Vaz Ronque, E. R., Venturini, D., Barbosa, D. S., Silva, D. P., Cogo, C. T., et al. (2013). Resting heart rate: its correlations and potential for screening metabolic dysfunctions in adolescents. *BMC Pediatrics*, 13(48), 1-7.
- Goldsmith, R. L., Bloomfeld, D. M., and Rosenwinkel, E. T. (2000). Exercise and autonomic function. *Coronary Artery Disease*, 11(2), 129-135.
- Gonçalves, E., Nunes, H., and Silva, D. A. S. (2017) Which body fat anthropometric indicators are most strongly associated with maximum oxygen uptake in adolescents? *Asian Journal of Sports Medicine*, 8(3), e13812.
- Higginbotham, M. B., Morris, K. G., Williams, R. S., McHale, P. A., Coleman, R. E., & Cobb, F. R. (1986). Regulation of stroke volume during submaximal and maximal upright exercise in normal man. *Circulation Research*, 58(2), 281-291
- Högström, G., Nordström, A., and Nordström, P. (2014). High aerobic fitness in late adolescence is associated with a reduced risk of myocardial infarction later in life: a nationwide cohort study in men. *European Heart Journal*, 35(44), 3133-3140.
- Krachler, B., Savonen, K., Komulainen, P., Hassinen, M., Lakka, T. A., and Rauramaa, R. (2015). Cardiopulmonary fitness is a function of lean mass, not total body weight: the DR's EXTRA study. *Eur J Prev Cardiol*, 22(9), 1171-1179.
- Ko, Y. W. (1993). An experimental study on stepping training effect [dissertation]. Seoul:Hanyang University.
- Lahiri, M. K., Kannankeril, P. J., and Goldberger, J. J. (2008). Assessment of autonomic function in cardiovascular disease : physiological basis and prognostic implications. *Journal of the American College of Cardiology*, 51(18), 1725-1733.
- Lang, J. J., Belanger, K., Poitras, V., Janssen, I., Tomkinson, G. R., and Tremblay, M. S. (2018a). Systematic review of the relationship between 20 m shuttle run performance and health indicators among children and youth. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(4), 383-397.
- Lang, J. J., Tomkinson, G. R., Janssen, I., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Léger, L., et al. (2018c). Making a case for cardiorespiratory fitness surveillance among children and youth. *Exercise Sport and Science Review*, 46(2), 66-75.
- Lang, J. J., Wolfe, phullips, E., Orpana, H. M., Tremblay, M. S., Ross, R., Ortega, F. B., et al. (2018b). Field-based measurement of cardiorespiratory fitness to evaluate physical activity interventions. *Bulletin of World Health Organization*, 96(11), 794-796.
- Lauer, M. S. (2003). Is heart rate recovery a modifiable risk factor? *J Cardiopulm Rehabil*, 23, 88-89.
- Lee, I. M., Shiroma, E. J., Lobelo F, Puska, P., Blair, S. N., Katzmarzyk, P. T., and Lancet Physical Activity Series Working Group (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*, 380(9838), 219-229.
- Nagashima, J., Musha, H., Takada, H., Takagi, K., Mita, T., Mochida, T., et al. (2010). Three-month exercise and weight loss program improve heart rate recovery in obese persons along with cardiopulmonary function. *Journal of Cardiology*, 56(1), 79-84.
- Nishime, E. O., Cole, C. R., Blackstone, E. H., Pashkow, F. J., and Lauer, M. S. (2000). Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA*, 284(11), 1392-1398.
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., and Sjörström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1), 1-11.
- Palatini, P., Benetos, A., Grassi, G. Julius, S., Kjeldsen, S. E., Mancia, G., et al. (2006). Identification and management of the hypertensive patient with elevated heart rate: statement of a European Society of Hypertension Consensus Meeting. *Journal of Hypertension*, 24(4), 603-610.
- Pardo, D. M., Silva, A. G., Trombetta, I. C., Ribeiro, M. M., Guazzelli, I. C., Matos, L. N., et al. (2010). Exercise training associated with diet improves heart rate recovery and cardiac autonomic nervous system activity in obese children.

- International Journal of Sports Medicine*, 31(12), 860-865.
- Park, S. B., and Son, C. T. (2012). An integrated analysis of the subject of 'Pleasant Life' for improving the quality of elementary school physical education for lower grade students. *The Korean Journal of Elementary Physical Education*, 18(2), 257-271.
- Peçanha, T., Silva-Júnior, N. D., and Forjaz, C. L. (2014). Heart rate recovery: autonomic determinants, methods of assessment and association with mortality and cardiovascular diseases. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(5), 327-339.
- Qiu, S., Cai, X., Sun, Z., Li, L., Zuegel, M., Steinacker, J. M., et al. (2017). Heart rate recovery and risk of cardiovascular events and all-cause mortality: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of the American Heart Association*, 6(5), e005505.
- Ra, Y. S., and Kim, H. S. (2001). Validating in the use of variable stepping Box. *Korean Journal of Sports Medicine*, 10(1), 395-40.
- Rangul, V., Bauman, A., Holmen, T. L., and Midthjell, K. (2012). Is physical activity maintenance from adolescence to young adulthood associated with reduced CVD risk factors, improved mental health and satisfaction with life: The HUNT Study, Norway. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 9, 144. doi: 10.1186/1479-5868-9-144.
- Ross, R., Blair, S. N., Arena, R., Church, T. S., Després, J. P., Franklin, B. A., et al. American Heart Association Physical Activity Committee of the Council on Lifestyle and Cardiometabolic Health; Council on Clinical Cardiology; Council on Epidemiology and Prevention; Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; Council on Functional Genomics and Translational Biology; Stroke Council. (2016). Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: A case for fitness as a clinical vital sign: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 134(24), 653-699.
- Ruiz, J. R., Castro-Piñero, J., Artero, E. G., Ortega, F. B., Sjörström, M., Suni, J. et al. (2009). Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 43(12), 909-923.
- Sandercook, G., and Jones, B. (2018) It is time to give population health surveillance a late fitness test? *British Journal of Sports Medicine*, 53(8), 463-464.
- Shetler, K., Marcus, R., Froelicher, V. F. Vora, S., Kalisetti, D., Prakash, M., et al. (2001). Heart rate recovery: validation and methodologic issues. *Journal of the American College of Cardiology*, 38(7), 1980-1987.
- Simhae, D., Corriveau, N., Gurm, R., Geiger, Z., Kline-Rogers, E., Goldberg, C., et al. (2013). Recovery heart rate: an indicator of cardiovascular risk among middle school children. *Pediatric Cardiology*, 34(6), 1431-1437.
- Silva, D. A., Tremblay, M., Pelegrini, A., Dos Santos Silva, R. J., Cabral de Oliveira, A. C., and Petroski, E. L. (2016). Association between aerobic fitness and high blood pressure in adolescents in Brazil: Evidence for criterion-referenced cut-points. *Pediatric Exercise Science*, 28(2), 312-320.
- Spies, C., Otte, C., Kanaya, A., Pipkin, S. S., Schiller, N. B., and Whooley, M. A. (2005). Association of metabolic syndrome with exercise capacity and heart rate recovery in patients with coronary heart disease in the heart and soul study. *The American Journal of Cardiology*, 95(1), 1175-1179.
- Tomkinson, G. R., Lang, L. L., and Tremblay, M. S. (2019). Temporal trends in the cardiorespiratory fitness of children and adolescents representing 19 high-income and upper middle income countries between 1981 and 2014. *British Journal of Sports Medicine*, 53(8), 478-486.
- Tomkinson, G. R., Olds, T. S., Kang, S. J. and Kim, D. Y. (2006). Secular trends in the aerobic fitness test performance and body mass index of Korean children and adolescents (1968-2000). *International Journal of Sports Medicine*, 28(4), 314-320.
- Tsiros, M., Coates, A., Howe, P., Grimshaw, P., and Buckley, J. D. (2011). Obesity: the new childhood disability? *Obesity Reviews*, 12(1), 26-36.
- Vrijotte, T. G. M., Van, D. B. Hoekstra, C. M. Gademan, M. G., van Eijsden, M., de Rooij, S. R., et al. (2015). Cardiac autonomic nervous system activation and metabolic profile in young children: The ABCD study. *PLoS One*, 10(9), e0138302.
- World Health Organization. (2018). Global action plan on physical activity 2018-2030: More active people for a healthier world. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

논문투고일: 2020년 03월 25일
논문심사완료일: 2020년 04월 23일
논문게재확정일: 2020년 04월 24일