청소년 대상의 20 m 왕복오래달리기 검사를 통한 최대산소섭취량 추정식 개발

이 온¹, 정진욱²

¹한국스포츠정책과학원 스포츠과학연구실, ²동국대학교 스포츠문화학과

Study on Validation of 20 m Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run and Estimation of Maximal Oxygen Uptake in Adolescents

On Lee¹, Jin-Wook Chung²

¹Department of Sports Science, Korea Institute of Sport Science, Seoul; ²Department of Sports Culture, Dongguk University, Seoul, Korea

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate the validity of the 20 m PACER and to develop accurate and practical prediction models of maximal oxygen consumption using 20 m PACER.

METHODS: In total 407 (male 207, female 200) in middle and high school students participated in this study. Maximal oxygen uptake was measured using the maximal-graded exercise treadmill test. Sex, age, and anthropometrics variable were measured as potential predictors. Each test was conducted within a week interval, ensuring sufficient rest. Correlation analysis was performed to investigate the validity of 20 m PACER. Regression analysis was performed to develop the maximum oxygen uptake prediction equation using the 20 m PACER. The accuracy of prediction models was evaluated using R², standard error of estimate (SEE), mean difference (MD), and limit of agreement (LoA%) against a criterion-measured of maximal oxygen uptake.

RESULTS: 20 m PACER was respectively .675 (.001) in male students .585 (.001) in female students showed reasonable validity. The equation of the following was developed (R²=0.77; SEE=3.58): VO₂max=53.550+0.169 (20 m PACER)-0.333 (%body fat)+2.276 (sex)-0.080 (height). Gender has a value of 0 for men and 1 for women.

CONCLUSIONS: The prediction models included 4 variables as significant predictors of maximal oxygen uptake and had acceptable accuracy in a large sample of South Korean adolescent. Therefore, developed equation in this study is recommended for better estimation of cardiopulmonary fitness of middle and high school students.

Key words: 20 m PACER, Validity, Equation of maximal oxygen uptake, PAPS

서론

일반적으로 규칙적인 신체활동과 수준 높은 심폐지구력은 다양한 건강적 이득을 제공하는 것으로 널리 알려져 있다[1]. 특히 수준 높은 심폐지구력은 심혈관 건강과 밀접한 연관이 있으며, 청소년기의 심폐지구력 수준은 성인기의 조기사망 및 심혈관질환 발병 위험과 밀접한

연관이 있는 것으로 나타난다[2,3].

그러나, 우리나라 청소년의 경우 입시중심의 교육으로 인해 신체활동이 제한받고 있어 체력 저하나 비만 등 여러 가지 건강상 문제에 노출되어 있다. 학생건강체력평가(Physical Activity Promotion system, PAPS) 도입 이후에는 학생 체력에 대한 누적된 통계가 부족하여 최근의 추세를 정확히 파악하기 어렵지만 과거 자료에 비추어볼 때 전반적

Corresponding author: Jin-Wook Chung Tel: +82-2-2260-3417 Fax: +82-2-2260-3741 E-mail: cjw826@hanmail.net

*이 논문은 2017년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2017S1A5B5A07063129).

Keywords 20m 왕복오래달리기, 타당도, 최대산소섭취량 추정식, 학생건강체력평가

Received 8 Apr 2019 Revised 25 Apr 2019 Accepted 29 Apr 2019

© 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.

체력저하 현상은 심화되고 있는 것으로 판단된다[4]. PAPS는 지금까지 학생체력검사가 학생들의 체력을 육성하기 위한 목적으로 시행되어 단순히 체력을 측정하여 기록하는 데 그쳤기 때문에 학생들의 체력과 비만을 관리하는 국가 차원의 접근에는 한계를 느끼고 이러한 문제점을 보완하고자 2009년 개발된 신 개념의 학생 체력측정방법이다. PAPS는 학생의 체력과 비만을 평가하는 시스템으로 학생과 학부모가 측정 결과를 쉽게 확인할 수 있도록 하여 신체활동 참여 동기를 유발하고 이를 통하여 학생의 건강 증진 및 체력 관리가 이루어지도록 고안되었다. 또한 PAPS는 학교 현장에서 측정의 용이성을 높이기 위하여 체력 요소별 복수의 측정 검사를 포함하고 있는데, 예를 들어 심폐지구력의 경우, 걷기-오래달리기, 20 m 왕복오래달리기, 스텝검사이다.

다른 체력 요소와 달리 심폐지구력 측정에는 여러 가지 난점이 존재한다. 우선 측정을 위한 트랙 또는 일정한 크기의 공간이 필요하고 측정시간도 상대적으로 길다. 측정에 수반되는 육체적 피로는 대상자의 동기부여의 차이에 따라 측정의 정확성에 큰 영향을 줄 수 있다.

그중 20 m 왕복오래달리기는 매우 다양한 나라에서 사용되고 있는데 유럽에서는 지구력 왕복오래달리기(endurance shuttle run, ESR)로 불리며 미국에서는 점증 유산소 심폐지구력달리기(progressive aerobic cardiovascular endurance run; PACER)로 불린다. 왕복오래달리기는 캐나다 몬트리올 대학의 Léger & Lambert [5]가 제안한 방법으로 정해진 거리를 왕복하여 달리며 단계별 1 MET씩 점증적으로 속도를 증가시켜, 다른 최대하 운동검사에 비해 지루하지 않고 능력에 따라 자동으로 탈락되므로 안전사고의 발생을 최소화할 수 있는 장점이 있다. 유럽의 청소년체력검사와 미국의 FITNESSGRAM, 그리고 일본의 체력 운동능력검사 등에서 20 m 왕복오래달리기가 사용되고 있으며, 20 m 왕복오래달리기의 타당도는 준거검사인 최대산소섭취량과의 상관관계수가 0.71로 보고하였다[6]. 현재 PAPS에서 실시되고 있는 20 m 왕복오래달리기 검사는 최종 왕복횟수를 준거로 설정된 기록에 의해 5등급으로 상대평가를 하고 있는데 이러한 평가방식은 향상도를 평가하거

나 심폐지구력 결핍값을 활용한 다른 연구를 수행할 때 제한이 있다. 따라서 추정식을 통하여 최대산소섭취량으로 변환하여 이 값으로 심폐지구력을 평가하는 것이 훨씬 유용한 방법일 것이다. 선행연구에서는 20 m 왕복오래달리기 검사를 이용한 최대산소섭취량 예측 모델들이 보고되었다[6-11]. 국내에서도 성인, 청소년 운동선수를 대상으로 20 m 왕복오래달리기 검사의 최대산소섭취량 추정 연구가 보고되었으나[12-14], PAPS의 대상인 일반 청소년을 대상으로 한 연구는 부족한 상황이며, 여중생을 대상으로 한 Kim et al. [7]과 Park et al. [15]의 연구 이외에는 찾아보기 어렵다. 이처럼 과거 학생체력검사와 달리 PAPS에 새롭게 추가된 검사 종목인 20 m 왕복오래달리기 검사는 한국 청소년을 대상으로 한 타당도 및 최대산소섭취량 예측 추정식 연구가 매우 부족하다. 본 연구의 목적은 PAPS의 심폐지구력 선택 검사인 20 m 왕복오래달리기 검사의 타당도를 확인하고 추정식 개발 등의 효과적인 평가 방법을 모색하는 것이다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 서울 소재 K중학교, S고등학교에 재학 중인 청소년을 대상으로 성별 및 학년으로 집단을 구분하여 집단별로 35명씩을 420명을 목표로 피험자를 모집하였으며, 모집집단과의 유사성을 고려하여 학년별 두 학급을 무작위로 선정하였다. 연구 대상 및 보호자에게 연구의 내용과 예상 가능한 부작용 등을 설명하고 연구 참여 동의서를 받았다. 또한, 본 연구는 해당 기관의 연구윤리심의를 통과하였다(KISS-201505-EFS-009PI). 측정된 전체 인원 423명 중에 최대산소섭취량 측정치의 비유효성, 측정치 및 입력의 부적합 자료 등 검사 항목별 연구자료 포함에 부적합하다고 판단된 자료를 제거하고 407명(남자 207명, 여자 200명)이 분석에 포함되었다. 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Subject characteristics

	Subject (n)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)	Body Fat (%)
Male (n=207)	13-yr (45)	161.20±7.63	52.32±13.80	19.93±4.00	16.84±7.64
	14-yr (39)	168.63±6.62	58.21±9.85	20.44±3.05	15.15±6.35
	15-yr (28)	172.54±5.06	63.08±10.76	21.14±3.38	15.81±6.90
	16-yr (38)	173.85±4.03	68.04±10.08	22.50±3.16	16.35±7.02
	17-yr (34)	172.84±6.68	66.44±9.87	22.25±3.21	17.98±6.98
	18-yr (23)	173.91±5.03	70.75±17.40	23.27±4.94	17.04±8.53
Female (n=200)	13-yr (49)	159.97±5.15	53.44±10.04	20.79±3.07	26.94±5.82
	14-yr (31)	158.58±4.05	54.16±9.75	21.50±3.46	28.38±6.14
	15-yr (22)	159.56±4.06	52.61±6.64	20.63±2.22	28.85±5.42
	16-yr (49)	160.21±5.65	56.57±8.50	21.99±2.72	30.44±4.38
	17-yr (29)	161.09±4.36	57.81±7.86	22.32±3.24	31.83±6.12
	18-yr (20)	162.30±5.23	54.77±7.02	20.77±2.29	28.30±4.79

Values are means and SD.

2. 연구절차

1) 실험 절차 운동 처치

피험자가 실험 장소에 처음 방문하면 문진을 통하여 기본적인 건강 상태에 대하여 설문조사를 수행하고 신체 계측을 시행하였으며, BIA (Inbody 720; Inbody, Korea)를 이용하여 체지방률을 측정하였다. 20 m 왕복오래달리기 검사의 타당도를 확인하기 위하여 동일한 대상에게 20 m 왕복오래달리기 검사와 심폐지구력 측정의 준거 검사인 호기가스 분석을 동반한 최대운동부하검사를 수행하였다. 두 측정이 서로에게 미치는 영향을 최소화하기 위해 최대운동부하검사와 20 m 왕복오래달리기 검사의 측정 간에는 최소 일주일 이상의 시간적 격차를 두었으며, 각각 검사의 절차 및 방법은 다음과 같다.

2) 20 m 왕복오래달리기 검사

20 m 왕복달리기검사는 표시된 20 m 구간을 정해진 신호에 맞춰 왕복하는 횟수를 측정하는데, 달리기를 중단하거나 피험자가 신호음이 울리기 전에 목표지점까지 도달하지 못한 횟수가 2회가 될 때 왕복달리기가 종료되고 그때까지의 왕복 횟수 또는 실패 전 마지막 주행 횟수로 측정하였다.

3) 최대운동부하검사

최대운동부하검사는 트레드밀에서 Bruce 프로토콜을 사용하여 수행하였다. 피험자는 무선 심박 측정기(Polar S610i, Kempele, Finland)를 부착하고, 3-5분 정도 0% 경사도에서 적응 시간을 가진 후 호흡가스 분석장치(Quark CPET; Cosmed, USA)를 이용하여 최대산소섭취량을 측정하였다. 정확한 최대산소섭취량을 측정을 위하여 최대운동수행에 따른 탈진 수준은 운동 부하의 증가에도 산소섭취량이 더 증가하

지 않는 시점, 측정 시 호흡교환율의 변화가 1.00 이상으로 나타나는 경우, 최고심박수가 예측 최대심박수(220-나이)의 95% 수준에 도달했을 경우 등 3가지 판단 기준 중에 2가지 항목 이상을 충족한 경우로 한정하였다[16]. 또한 정확한 측정을 위해 실험 장소에 방문하는 날에는 실험에 영향을 미칠 수 있는 전날의 과도한 신체적 활동, 흡연과 음주, 카페인 음료의 섭취를 자제하도록 사전 교육을 실시하였다.

3. 자료처리방법

본 연구에서 측정된 모든 변인의 값은 SPSS 23.0 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 제시하였다. 성별과 연령으로 구분한 20 m 왕복오래달리기 검사의 타당도 확인을 위해 왕복 횟수와 최대산소섭취량 간의 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 산출하였다. 20 m 왕복오래달리기 횟수와 인구학적 변인을 활용한 최대산소섭취량 추정식 개발을 위해 회귀분석을 수행하였다. 개발한 추정식의 일치도를 확인하기 위하여 직접 측정된 결과와 예측된 결과의 일치성을 검증하기 위해 Bland-Altman 분석을 실시하였으며, 산출된 신뢰구간 내의 표준오차와 신뢰구간의 평균오차 발생 비율인 LoA% (limit of agreement)를 제시하였다. 모든 통계 검증의 유의 수준은 .05로 설정하였다.

연구결과

1. 집단별 최대산소섭취량과 20 m 왕복오래달리기 검사의 측정결과, 그리고 두 변인 간의 상관분석

최대운동부하검사를 포함하여 분석대상자는 407명이며, 집단별 최대산소섭취량과 20 m 왕복오래달리기 횟수 두 값의 상관분석의 결과는 Table 2와 같다. 남자 청소년은 연령 증가에 따라 최대산소섭취량이

Table 2. Maximal Oxygen Uptake, 20 m PACER, and Correlation analysis of two variables in gender and age

	Subject (n)	Maximal Oxygen Uptake (mL/kg/min)	20 m PACER	r (p)
Male (n=207)	13-yr (45)	44.81±7.03	48.22±18.50	.697 (<.001)*
	14-yr (39)	46.84±5.53	57.44±14.24	.499 (.001)*
	15-yr (28)	47.84±4.81	59.29±14.92	.545 (.003)*
	16-yr (38)	47.35±6.45	65.11±18.87	.726 (<.001)*
	17-yr (34)	45.99±5.69	57.88±19.86	.656 (<.001)*
	18-yr (23)	47.16±7.49	64.43±23.40	.811 (<.001)*
	Total	46.52±6.24	57.94±18.98	.675 (<.001)*
Female (n=200)	13-yr (49)	36.07±4.35	28.41±7.28	.400 (.004)*
	14-yr (31)	36.46±3.86	30.97±3.86	.546 (.001)*
	15-yr (22)	36.87±4.27	29.32±8.68	.603 (.001)*
	16-yr (49)	35.55±4.74	31.78±10.52	.721 (<.001)*
	17-yr (29)	36.53±3.82	30.62±11.47	.713 (<.001)*
	18-yr (20)	36.19±4.50	54.77±7.02	.629 (.003)*
	Total	36.17±4.28	30.37±10.03	.585 (<.001)*

Values are means and SD.

r= Pearson's Correlation coefficient between Maximal Oxygen Uptake and 20 m PACER.

조금 증가하는 경향을 보였으나 고등학교 이후로는 증가가 나타나지 않았다. 그에 반해 여자 청소년은 연령 증가에 따른 최대산소섭취량의 증가가 나타나지 않았다. 최대산소섭취량과는 다르게 20 m 왕복오래달리기 횟수는 연령 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 증가폭은 여자 청소년에 비해 남자 청소년이 컸다.

20 m 왕복오래달리기 검사의 타당도 확인을 위하여 최대산소섭취량 간의 상관분석을 실시한 결과, 성별 및 연령으로 구분한 모든 집단에서 20 m 왕복오래달리기 횟수와 최대산소섭취량 간에는 유의한 정적 상관관계를 보였다. 남녀 모두 연령이 높은, 고등학생이 중학생에 비해서 20 m 왕복오래달리기 검사의 타당도가 높게 나타났다. 남자 청소년의 전체를 대상으로 한 20 m 왕복오래달리기 검사의 타당도를 의미하는 상관계수 $r=.675 (>.001)$ 로 나타났고 여자 청소년 전체의 값은 $.585 (>.001)$ 로 나타났다. 비교적 수용할 만한 타당도를 보였으나, 심폐 지구력 평가의 타당도를 제고하고 평가의 용이성을 확대하기 위해 최대산소섭취량 추정식을 개발할 필요가 있다.

2. 20 m 왕복오래달리기 횟수와 인구학적 변인을 통한 최대산소섭취량 추정식의 일치도

최대산소섭취량 추정을 위한 회귀분석을 수행하였으며 그 결과는 다음의 Table 3과 같다. 인구학적 변인으로 성별, 연령, 신장, 체지방률 등을 설명변수로 선택하였으며, 20 m 왕복오래달리기 최종 횟수를 결과값으로 사용하였으며, 단계 선택을 활용하여 회귀분석을 수행하였다. 20 m 왕복오래달리기 검사에 의한 최대산소섭취량 회귀모형 산출 결과 다중상관계수는 .879를 나타냈으며, 모형의 설명력은 77.2%이다. 추정의 표준오차는 3.579를 나타냈으며, Durbin-Watson 지수가 2.021로 오차항들이 서로 독립적임을 나타내고 있다. 다중공선성의 지수와 표준화 계수의 통계치들을 살펴보면 모형의 적절성에 문제가 없음을 확인할 수 있다. 청소년을 대상으로 20 m 왕복오래달리기 검사를 통한 최대산소섭취량 추정 공식은 다음과 같다. $VO_{2max}=53.550+0.169$ (왕복오래달리기 횟수) -0.333 (체지방률) $+2.276$ (성별) -0.080 (신장)이며, 이때 성별은 남자는 1, 여자는 0의 값을 갖는다. 개발된 20 m 왕복오래달

Table 3. Equation of prediction for Maximal Oxygen Uptake using 20 m PACER

R	R ²	SEE	F	p	Durbin-Watson	
0.879	0.772	3.579	8.529	0.004	2.021	
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	p	Tolerance	VIF
	β	SEE				
Constant	53.550	4.467		.000		
20 m PACER	0.169	0.013	0.466	.000	.430	2.326
Body Fat	-0.333	0.031	-0.403	.000	.408	2.450
Sex	2.276	0.576	0.153	.000	.380	2.630
Height	-0.080	0.027	-0.087	.004	.637	1.570

Table 4. Analysis of the agreement between predicted value and measured value of maximum oxygen uptake

Equation		Predicted Value	Measured - predicted	Maximum diff	Minimum diff	ICC
n = 407	$= 53.550 - 0.169$ (20 m PACER) -0.333 (Body fat%) $+2.276$ (sex; male 1, female 0) -0.080 (Height)	41.45 ± 6.55	$-.017 \pm 3.56$	20.86	0	.871

Fig. 1. Correlation analysis (A) and Bland-Altman limits of agreement (B) between predicted value and measured value of maximum oxygen uptake.

리기 검사의 최대산소섭취량 추정값과 최대운동부하검사의 최대산소섭취량 측정값 간의 급내상관계수는 $r=.871$ 로 나타났고, 추정과 실측 간의 최대산소섭취량 측정치는 평균 -0.17 ± 7.12 mL/kg/min으로 나타났으며, 유의한 통계적 차이는 나타나지 않았다(Table 4; Fig. 1). 직접 측정된 최대산소섭취량과 20 m 왕복오래달리기 검사에 의해 예측된 결과의 limit of agreement 결과는 Fig. 1B에 나타난 바와 같이 $-0.17 \pm 3.56\%$ (Confidence Interval 95%, $-0.36-0.33$)로 나타났다.

논 의

1. 20 m 왕복오래달리기 검사의 특성 및 활용

본 연구에서는 청소년을 대상으로 PAPS에서 심폐지구력 검사 방법 중 하나로 사용되는 20 m 왕복오래달리기 검사의 타당도를 확인하고자 하였으며, 검사결과를 활용한 최대산소섭취량 추정식을 개발하고자 하였다.

서론에서 언급한 바와 같이, 20 m 왕복오래달리기 검사는 다른 심폐지구력 검사에 비해 다양한 인구집단에서 널리 사용되고 있다. 특히 청소년을 대상으로 하여서는 많은 연구들이 발표되고 있는데 최근에는 50여 개국 청소년을 대상으로 20 m 왕복달리기 검사 결과를 비교한 연구가 보고되는 등[17] 청소년 심폐지구력 수준의 국제적 비교가 가능할 정도이다. 이렇듯 20 m 왕복오래달리기 검사가 널리 이용되는 이유는 비교적 우수한 신뢰도와 타당도를 보여주고[18] 안전사고의 위험성이 낮으며 최소한의 장비를 가지고 한 번에 다수의 인원에게 대한 검사가 가능하다는 편리성과 용이성을 가지고 있기 때문으로 판단된다. 물론 20 m 왕복오래달리기 검사는 달리다가 멈춰서고 180°로 방향전환 후에 다시 달리는 동작을 반복하므로 하지에 기능적인 부하를 제공하기 때문에 하지 근골격계에 이상이 있는 사람이나 노인에게는 적합하지 않다. 또한 Grant et al. [19]은 20 m 왕복달리기를 수행할 때 방향 전환을 위하여 빠른 속도가 요구되며, 이것은 무산소성 파워와 관련이 있고, 단계가 높아질수록 속도가 빨라지게 되고 후반의 속도 또한 무산소성 대사에 의존하게 되므로 낮은 무산소성 파워를 가진 사람들은 자신이 가진 유산소성 능력에 비하여 20 m 왕복오래달리기 검사를 통한 심폐지구력 평가에서 불리한 점수를 받는다고 하였다. 이와 같은 단점을 고려하여 대상에 맞게 사용해야 할 것으로 판단되고 보다 정확한 측정을 위하여 왕복오래달리기 구간 속도의 증가폭을 수정하거나 왕복 구간의 길이 등에 관한 후속연구가 필요할 것으로 판단된다.

2. 20 m 왕복오래달리기 검사의 타당도, 최대산소섭취량 추정식

본 연구에서 우리나라 남녀 중 고등학생을 대상으로 한 20 m 왕복오래달리기 검사의 타당도 r 은 남자 청소년에서 .675 ($>.001$)로 나타났고 여자 청소년은 .585 ($>.001$)로 통계적으로 유의한 결과를 나타냈으

나 현장 적용성을 고려한다면 타당도가 낮다고 할 수 있다. 집단별로는 중학생에 비해서 고등학생이, 성별로는 남학생이 여학생에 비해서 타당도가 높게 나타났다. 이러한 성별차는 생리학적 차이와 성별에 따른 측정 오류로 예상되지만 관련한 선행연구가 부족하여 해석에 제한이 있다. Rowland et al. [21]은 근육량을 포함한 신체 구성, 심박출량, 사춘기 이후의 상대적으로 낮은 혈중 헤모글로빈 농도, 그리고 남성에게 비해 비활동적인 경향[22] 등이 최대산소섭취량의 성별의 차이를 만들 수 있다고 하였다. 특히 앞서 설명한 바와 같이 심폐지구력 검사는 피험자의 동기 유발이 크게 작용하는데, 상대적으로 비활동적이고 스포츠 경쟁 유발이 적은 여자 청소년에서 측정 오차가 나타날 가능성이 있다.

20 m 왕복오래달리기 검사를 통한 최대산소섭취량 추정식을 개발하였으며, 이는 기존의 상대 등급으로의 평가방식의 한계와 달리 구체적인 유산소 능력 평가로 활용될 수 있고 PAPS에서 사용되는 다른 형태의 심폐지구력 평가 결과와 비교가 가능할 것으로 생각한다. 또한 PAPS 측정 변수를 활용하여 추정식을 개발하였기 때문에 기존의 결과를 재해석하는 데 문제가 없을 것으로 생각한다. 본 연구에서 개발한 최대산소섭취량 추정식과 최대산소섭취량 실측값 간의 상관계수는 0.87로 나타났는데 이는 청소년을 대상으로 한 선행연구에서 보고한 Grant et al. [19]의 0.86, Ramsbottom et al. [20]의 0.83, Mahr et al. [10,11]의 0.66과 0.75, Leger & Lambert [5]의 0.91, Park et al. [15]의 0.88과 큰 차이를 나타내지 않았다. 이와는 다르게 Jae & Kim [13]의 연구에서 우리나라 청소년 운동선수를 대상으로 앞서 언급한 선행연구 [6,8,9]에서 보고된 최대산소섭취량 추정식과 최대운동부하검사를 통한 실측값 간의 상관분석에서는 0.55-0.73으로 보고하였다. 이러한 차이는 실험대상이 일반 청소년과 운동선수라는 부분도 있지만, 인종적 차이에 기인하는 부분도 있을 것으로 판단된다. 청소년을 대상으로 최대산소섭취량의 인종적 차이를 보고한 McMurray et al. [23]의 연구에서 인종별 신체구성의 차이를 확인하였으며, 그 이외에 성숙이나 신체 활동 습관의 차이에 의한 것으로 예측하였다.

또한 다중공선성의 지수와 표준화계수의 통계치를 고려하였을 때, 모델의 적절성에 문제가 없는 것으로 보인다. 직접 측정된 최대산소섭취량과 20 m 왕복오래달리기 검사의 추정식 검사 간의 일치도 결과는 upper 6.81 mL/kg/min이 과대 추정되고 lower 7.15 mL/kg/min이 과소 추정된 것으로 나타나 절대값의 허용오차 범위인 2-31% [24,25]를 벗어 나지 않았다.

본 연구에서는 대상자가 20 m 왕복오래달리기 검사에서 10회 미만의 횟수를 보인 경우에, 불성실한 검사 참여로 연구 분석에서 제외하였는데 추후 이러한 부분을 확인할 수 있는 방법이 필요할 것으로 보인다. 일반적으로 심폐지구력 평가를 위한 달리기 검사는 20 m 왕복오래달리기 검사를 포함하여 대상자의 동기부여 정도에 따라서 측정의

정확성에 큰 영향을 받는다는 것인데, 이를 확인할 목적으로 심박수 모니터링을 수행하고 최대부하운동검사와 같이 최대운동 도달 여부의 심박수 기준을 정립하는 것이 가능할 것으로 보이며, 이와 같은 운동 종료 시 심박수는 최대산소섭취량 추정식에 설명변수로도 사용될 수 있을 것으로 생각한다.

결론

본 연구는 대규모의 청소년을 대상으로 PAPS 심폐지구력 검사로 사용되는 20 m 왕복오래달리기 검사의 타당도를 확인하고자 준거 검사인 최대산소섭취량과의 비교를 수행하였으며 평가의 유용성을 높이고 다른 심폐지구력 검사 결과와 비교분석을 가능하게 하기 위하여 최대산소섭취량 추정식을 개발하고 추정식의 적합성을 확인하였다. 그 결과, 20 m 왕복오래달리기 검사의 타당도는 학년 및 성별에 차이가 있지만 모두 유의한 결과를 보였다. 보다 정확한 심폐지구력 평가를 위해서 20 m 왕복오래달리기 검사와 인구학적 변인을 이용한 최대산소섭취량을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 추정식을 이용한 최대산소섭취량 예측값과 최대운동부하 검사를 통한 실측값 간에는 양호한 상관관계를 보였으며, 오차 등의 일치도 측면에서도 수용할 만한 것으로 나타났다. 결론적으로 PAPS 20 m 왕복오래달리기 검사를 통한 심폐지구력 평가에 있어서 기존의 상대등급으로의 평가보다는 본 연구에서 개발된 추정식을 사용하는 것을 권장한다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

REFERENCES

- Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical activity guidelines advisory committee scientific report. Washington, DC: US Department of Health and Human Services. 2018.
- Högström G, Nordström A, Nordström P. High aerobic fitness in late adolescence is associated with a reduced risk of myocardial infarction later in life: a nationwide cohort study in men. *Eur Heart J*. 2014; 35(44):3133-40.
- Högström G, Nordström A, Nordström P. Aerobic fitness in late adolescence and the risk of early death: a prospective cohort study of 1.3 million Swedish men. *Int J Epidemiol*. 2016;45(4):1159-68.
- Ministry of Culture, Sports and Tourism (2013) 2012 Sport White Paper. Seoul: Ministry of Culture, Sports and Tourism.
- Léger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict $\dot{V}O_{2\max}$. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1982;49(1): 1-12.
- Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6(2):93-101.
- Kim NY, Kim JS, Park DH. Assessing agreement of various 20-m PSRT equations to estimate $\dot{V}O_{2\max}$. *Korean Journal of Sport Science*. 2012;23(2):254-64.
- Barnett A, Chan LY, Bruce LC. A preliminary study of the 20-m multistage shuttle run as a predictor of peak $\dot{V}O_2$ in Hong Kong Chinese students. *Pediatr Exerc Sci*. 1993;5(1):42-50.
- Matsuzaka A, Takahashi Y, Yamazoe M, Kumakura N, Ikeda A, et al. Validity of the multistage 20-m shuttle-run test for Japanese children, adolescents, and adults. *Pediatr Exerc Sci*. 2004;16(2):113-25.
- Mahar MT, Welk GJ, Rowe DA, Crotts DJ, McIver KL. Development and validation of a regression model to estimate $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ from PACER 20-m shuttle run performance. *J Phys Act Health*. 2006;3(s2):S34-S46.
- Mahar MT, Guerieri AM, Hanna MS, Kemble CD. Estimation of aerobic fitness from 20-m multistage shuttle run test performance. *Am J Prev Med*. 2011;41(4 Suppl 2):S117-23.
- Cho HC, Kim SY. Estimation of reliability and validity in 20 m-Shuttle Run Test for predicting cardiorespiratory fitness for Korea youth. *The Korean Society of Living Environmental System*. 2009;8:371-8.
- Jae JH, Kim KJ. Validity of Shuttle-Run Test for cardiopulmonary function assessment in adolescent athletes. *Korea Coaching Development Center*. 2010;9:95-102.
- Noh WH, Jin SM, Kim WJ. Research on the relationship between evaluation of cardiorespiratory function and shuttle run test. *Teachers and Education*. 2014;32:15.
- Park DH, Song JR, Lee SH, Kim CS. The Development of prediction equation for estimating $\dot{V}O_{2\max}$ from the 20 m PSRT in Korean middle-school girls. *Exercise Science*. 2014;23(1):1-11.
- Nieman DC. Exercise testing and prescription: a health-related approach. 4th ed., NY; McGraw-Hill Companies. 1998:99-100.
- Lang JJ, Tremblay MS, Léger L, Olds T, Tomkinson GR. International variability in 20 m shuttle run performance in children and youth: who are the fittest from a 50-country comparison? A systematic literature review with pooling of aggregate results. *Br J Sports Med*. 2018;

- 52(4):276.
18. Olds T, Tomkinson G, Léger L, Cazorla G. Worldwide variation in the performance of children and adolescents: an analysis of 109 studies of the 20-m shuttle run test in 37 countries. *J Sports Sci.* 2006;24(10):1025-38.
19. Grant S, Corbett K, Amjad AM, Wilson J, Aitchison T. A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *Br J Sports Med.* 1995;29(3):147-52.
20. Ramsbottom R, Brewer J, Williams C. A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Br J Sports Med.* 1988;22(4):141-4.
21. Rowland T, Goff D, Martel L, Ferrone L. Influence of cardiac functional capacity on gender differences in maximal oxygen uptake in children. *Chest.* 2000;117(3):629-35.
22. McMurray RG, Harrell JS, Deng S, Bradley CB, Cox LM, et al. The influence of physical activity, socioeconomic status, and ethnicity on the weight status of adolescents. *Obes Res.* 2000;8(2):130-9.
23. McMurray RG, Harrell JS, Bradley CB, Deng S, Bangdiwala SI. Predicted maximal aerobic power in youth is related to age, gender, and ethnicity. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(1):145-51.
24. You YR. Limits of Agreement among Maximal Oxygen Uptake, Shuttle Run Test, and Cooper's 12-minute Run. *The Korean Journal of Measurement and Evaluation in Physical Education and Sport Science.* 2011;13(2):95-104.
25. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000;30(1):1-15.