



건강한 성인의 엑서게임 운동 중 심폐운동강도

김희진^{1,†} MS, 조은아^{2,†} PhD, 이윤주¹ PhD, 박정준² PhD

¹부산대학교 간호대학 간호학과, ²부산대학교 생활과학대학 스포츠과학과

Cardiorespiratory Exertion While Exergaming in Healthy Adults

Hee-Jin Kim^{1,†} MS, Eun-Ah Jo^{2,†} PhD, Yoon-Ju Lee¹ PhD, Jung-Jun Park² PhD

¹Department of Nursing, Pusan National University, Busan; ²Department of Sports Science, Pusan National University, Busan, Korea

PURPOSE: This study evaluates the suitability of the Exerheart exergame as an alternative tool to moderate-intensity aerobic exercise for healthy adults.

METHODS: A total of 49 healthy adults were enrolled in the study. For the first visit (visit 1), all participants underwent a cardiopulmonary exercise test (CPX) on a treadmill to assess maximum oxygen consumption (VO₂max). For the second visit (visit 2), the oxygen consumption (VO₂peak and VO₂mean) was measured during the performance of Exerheart, three times for 10 minutes each to determine its exercise intensity.

RESULTS: VO₂max during the CPX was 30 ± 8.1 mL/kg/min, while VO₂peak during Exerheart was 17.4 ± 3.4 mL/kg/min and VO₂mean was 16.3 ± 3.3. The Exerheart intensity generated a VO₂peak of 60.4 ± 16.3% and VO₂mean of 56.0 ± 15.7% of the VO₂max as achieved during the CPX. No significant differences were observed by age group for VO₂peak/VO₂max or VO₂mean/VO₂max.

CONCLUSIONS: Exerheart exergame corresponds to moderate-intensity aerobic exercise range according to ACSM guidelines. Therefore, Exerheart exergame may be used as an effective alternative to aerobic exercise intervention for healthy adults.

Key words: Exergaming, Exercise, Oxygen consumption, Physical exertion

서론

규칙적인 신체활동 및 운동은 심뇌혈관 질환, 제2형 당뇨병, 암, 알츠하이머와 치매 등의 질환을 개선시키는 것으로 잘 알려져 있다[1,2]. 또한 정신적 측면에서 불안이나 우울증을 감소시키고[3] 자신감, 자아존중감, 인지기능 등을 향상시키는데 도움을 준다고 보고되고 있다[4]. 이러한 운동의 많은 이점에도 불구하고 규칙적인 운동의 참여도와 순응도는 매우 저조한 상태이다[5,6].

운동(exercise)과 게임(game)의 합성어인 “엑서게임(exergame)”은 게

임에 대한 몰입감으로 신체활동을 촉진하고 동기부여를 제공하는 새로운 운동 및 신체활동 형태로 최근 인기를 끌고 있다[7]. 엑서게임은 게임을 하는 동안 화면 아바타와 상호 작용하기 위해 사용자가 신체 움직임을 사용해야 하며, 건강과 체력을 증진시킬 수 있는 잠재력이 있다[8,9]. 엑서 게임을 이용한 트레이닝 프로그램은 전문 재활 환경에서 장애가 있는 환자를 훈련시킬 뿐만 아니라, 건강한 성인들에게 전통적인 유산소 트레이닝과 유사하거나 더 나은 건강 관련 체력 개선 및 더 나은 운동에 대한 순응도가 나타난다고 보고되었다[10]. 따라서 엑서 게임은 전통적인 운동 방식에 대한 즐거운 대안이 될 수 있으며,

Corresponding author: Jung-Jun Park Tel +82-51-510-3745 Fax +82-51-510-3746 E-mail jjparkpnu@pusan.ac.kr

[†] These two authors contributed equally to this work.

Keywords 엑서게임, 운동, 산소소비량, 신체 운동강도

Received 22 May 2024 **Revised** 30 May 2024 **Accepted** 30 May 2024

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

American College of Sports Medicine (ACSM)이 제시한 신체 활동 권장 사항을 충족시키기 위한 게임 도구로 사용될 수 있는 가능성을 보여주었다[8,11].

다양한 엑서게임(Nintendo Wii, Xbox 360 Kinect, Dance Dance Revolution [DDR], Xavix, Cybex T razer, Lightspace 및 Sportwall) 사용 중 에너지 소비 및 운동 강도에 대한 연구가 보고되었다[8,9,12-20]. 일부 연구는 엑서게임의 강도가 중강도 수준임을 나타냈지만[8,13,15-17], 다른 연구들에서는 저-중강도 수준임을 보여주며[9,12,14,18-20] 게임 도구 및 형태에 따라 에너지 소비량 및 운동강도에 차이가 있는 것으로 보인다. 예를 들어, Bailey et al. [21]은 손잡이 장치를 필요로 하는 콘솔 시스템을 사용하는 것과 비교하여 Xbox 360 Kinect를 사용하는 경우, 엑서게임 플레이어는 더 많은 신체 움직임을 수행하고 더 높은 신체 활동 강도 수준에 도달할 수 있는 것으로 보고하였다[8,19,22].

한편, 새로운 엑서게임 형태인 Exerheart (D&J HUMAN CARE, EXER HEART, Korea)는 스텝기반 운동 장치로, 빠르게 스텝보드를 밟으며 유산소 운동에 중점을 둔 게임을 포함하고 있다. 현재까지 Exerheart 엑서게임을 통해 보고된 연구들은 심혈관고위험군 환자들의 심폐지구력 및 혈관내피세포기능의 향상과 심외막지방두께 감소[23], 대사증후군 환자들의 뇌기능 향상[24], 치매환자들의 집행기능(Executive Functions) 및 신체기능 향상[25], 당뇨병 환자들의 식후 혈당 감소 [26] 등을 보고하였다. 이렇듯 Exerheart 엑서게임은 주로 만성 및 심장 질환자들의 재활에 중점을 둔 연구들이었으며, 에너지 소비량 및 운동 강도를 측정하는 연구는 전무한 상태이다. 또한 현재까지 엑서게임의 운동량을 측정하는 논문은 어린이나 청소년, 젊은 성인, 노인 등 특정 연령에 국한되어 있으며, 엑서게임의 운동량을 연령별로 비교한 연구는 미비한 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 심폐기능 강화를 위한 수단으로써 Exerheart 엑서게임이 건강한 성인에게 중강도 수준의 신체활동을 제공할 수 있는지 확인하기 위함으로 구체적인 목표는 다음과 같다: (1) 운동부하 심폐기능검사(Cardiopulmonary Treadmill Exercise Test, CPX) 중 최대산소섭취량(VO_{2max})에 상대적인 Exerheart 엑서게임의 최고산소섭취량(VO_{2peak})과 평균산소섭취량(VO_{2mean})을 분석하고, (2) Exerheart 엑서게임의 연령별 운동강도를 비교하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 인지기능에 대한 문제가 없으며 본 연구의 목적을 이해하고 참여에 동의한 만 20세 이상 70세 미만의 건강한 성인 49명을 대상으로 하였다. 신체활동준비설문지(Physical Activity Readiness Questionnaire, PAR-Q)에 제시된 신체활동을 금해야 할 건강문제가 있

거나, 임신부 혹은 임신을 계획하고 있는 사람들은 본 연구에서 제외하였다. 또한 CPX 중 나타나는 심전도 변화와 혈압, 대상자의 반응을 토대로 운동과 관련된 비정상적인 증상이나 징후가 있는 자는 본 연구에서 제외시켰다.

자료 수집 전 IRB 승인(IRB File No. KUGH 2017-04-036)을 받은 후 연구 취지, 실험 내용이 담긴 동의서를 작성하여 피험자 동의를 거친 후 실험을 실시하였다.

2. 실험방법 및 절차

대상자는 총 2회 걸쳐 실험실에 방문하였으며, 2회 참여 사이에는 48-72시간의 간격을 두었다. 각 방문 전날 연구자는 참가자들에게 방문 최소 3시간 전에 음식, 술, 카페인 섭취 및 방문 전 24시간 동안 격렬한 운동을 제한하도록 유선상으로 교육하였다. 첫 번째 방문에는 연구 참여에 대한 동의를 획득하고, PAR-Q 설문 작성을 포함하여 선정 기준을 모두 만족하고 제외기준을 모두 배제하는지 확인하였다. 본 연구의 스크리닝 기준을 만족하였다면 신체계측과 CPX를 실시하였다. 대상자들은 모두 Exerheart 엑서게임의 사용 경험이 없었으므로 CPX의 VO_{2max} 측정 후 Exerheart 엑서게임 캐릭터 움직임을 제어하는 방법을 교육하였으며 게임 시스템에 익숙해질 시간을 가졌다. 두 번째 방문은 첫 번째 방문 후 48시간에서 72시간에 배정하였으며, Exerheart 시작 전, 안정 시 심박수와 혈압을 측정한 후 Exerheart 중 VO_{2peak} 와 VO_{2mean} 을 측정하였다.

1) 신체계측

신장과 체중은 자동신체계측기(DS-102, Dongsan Jenix, Korea)를 이용하여 각각 0.1 kg, 0.1 cm까지 측정하였다. 신장과 체중을 이용하여 체질량지수(body mass index, BMI)는 체중(kg)/신장(m^2)의 계산법에 따라 계산하였다.

2) 활력징후

혈압과 맥박은 자동혈압계(HP-1300, OMRON, China)를 사용하여 측정하였다. 안정 시 혈압은 대상자들이 측정 장소에 도착한 후 최소 10분간 안정을 취한 후 앉은 자세로 대상자의 좌측 상완을 심장고 같은 높이로 하여 커프 하부를 팔꿈치 전면의 2 cm 상완에 위치하도록 감고 측정하였다.

3) 운동부하 심폐기능검사

VO_{2max} 는 Bruce protocol을 사용하여 심전도가 모니터링되는 트레드밀에서 측정하였다[27]. 대상자의 산소 섭취량은 무선호흡가스분석기(K5, Cosmed, Italy)를 사용하여 측정되었다. 심전도 모니터링을 위해 대상자 신체의 전극 부착 부위에 털이 있다면 면도를 하고 알코올을

직선 거즈패드로 닦는 등 피부와 전극 매개체에 저항을 최대한 낮춰 심전도의 노이즈 발생을 최소화하였으며, 전극은 표준화된 해부학 위치에 따라 부착하였다. 안정 시부터 운동 시, 회복 시에 이르는 동안, 심전도는 12유도 심전도(12-lead ECG)를 통해 지속적으로 관찰하며 매 단계의 마지막 15초 동안 기록하였으며, 심박수도 지속적으로 관찰하며 매 단계 마지막 5-10초 동안 기록하였다. 혈압은 자동 혈압계를 이용하여 좌측 상완에서 매 단계의 마지막 30-60초에 측정하였으며, 운동자각도(RPE, Rating of Perceived Exertion)는 매 단계 마지막 5-10초 동안 기록하였다. 그 외 대상자가 느끼는 증상과 징후는 없는지 지속적으로 관찰하였다.

VO₂max는 다음 기준 중 2개 이상 만족할 때 결정되었다: (1) 호흡 교환비 >1.15; (2) 연령별 분당 예측 최대 심박수(HR, heart rate); 또는 (3) 참가자가 피로하여 더 이상 테스트를 할 수 없는 경우.

4) Exerheart

본 연구에서 사용한 엑서게임의 도구는 Exerheart로, 게임 프로그램은 “연금술사의 보물” (Fig. 1)을 사용하였다. 연금술사의 보물은 스탬보드의 좌우/앞뒤 센서를 발로 눌러서 캐릭터의 움직임을 조절함으로써 유산소 운동에 중점을 둔 게임 프로그램이다. 대상자들은 본인이 자유롭게 선택한 강도로 10분씩 총 3회 Exerheart로 연금술사의 보물 게임을 수행하였다. 게임 중 산소섭취량은 무선호흡가스분석기(K5, Cosmed, Italy)를, 심박수는 심박수 모니터(Polar Electro, Lake Success, USA)를 통해 측정되었다. VO₂peak는 10분 중 가장 높은 값을, VO₂mean은 산소섭취량이 평형상태에 도달했다고 가정되는 4분부터 10

분 사이의 평균값을 확인하였다. 운동자각도는 1회의 Exerheart 연금술사의 보물 게임을 하는 동안 총 3회에 걸쳐 문진을 통해 수집되었다. 3회의 게임동안 수집된 산소섭취량, 심박수, 운동자각도는 각각 3회의 평균값을 산출하여 제시되었다. 각 게임 간에는 10분 휴식을 실시하였고 심박수가 안정 시 심박수 수준으로 회복되었음을 확인 후 다음 게임을 진행하였다.

3. 자료 처리

수집된 자료는 SPSS/WIN 25.0 프로그램을 사용하여 분석하였고, 통계적 유의수준은 $p < .05$ 을 기준으로 하였다. 대상자의 일반적 특성은 평균과 표준편차로 산출하였다. CPX 중 측정된 VO₂max와, HRmax 및 Exerheart 연금술사의 보물 게임을 하는 중 측정된 VO₂peak, VO₂mean, HRpeak, HRpeak, 운동자각도는 평균과 표준편차로 산출하였다. Exerheart 연금술사의 보물 게임의 운동 강도를 확인하기 위해 Exerheart 연금술사의 보물 게임 중 측정된 VO₂peak와 HRpeak를 CPX로 측정된 VO₂max, VO₂mean, HRmax, HRmean로 각각 나누는 백분율을 산출하였다. 데이터가 정규분포하지 않아 연령별 운동강도를 비교하기 위해 Kruskal-Wallis test 분석이 사용되었으며, 사후검정은 Bonferroni Correction Method를 사용하였다. CPX로 측정된 VO₂max, HRmax와 Exerheart로 측정된 VO₂peak, VO₂mean, HRmax, HRmean 사이의 관계를 확인하기 위해 Spearman rank correlation analysis가 사용되었다.

연구 결과

1. 대상자의 기본적 특성

총 49명의 대상자가 모든 검사를 완료하였다. 평균연령은 42.8 ± 14.1 세, BMI는 23.9 ± 3.4 kg/m², 안정 시 수축기 혈압은 121.9 ± 10.9 mmHg, 안정 시 이완기 혈압은 73.8 ± 8.5 mmHg, 안정 시 심박수는 64.2 ± 6.2 beats/min이었다. 연구대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

2. CPX와 Exerheart의 에너지대사 측정

CPX로 측정된 VO₂max는 30.6 ± 8.1 mL · kg⁻¹ · min⁻¹, HRmax는 176.5 ± 15.5 bpm, 검사 끝나기 직전 호흡교환율(RER, respiratory exchange ratio) 1.3 ± 0.2이었으며, Exerheart 연금술사의 보물 게임을 하는 동안 VO₂peak는 17.4 ± 3.4 mL · kg⁻¹ · min⁻¹, VO₂mean은 16.3 ± 3.3 mL · kg⁻¹ · min⁻¹, HRpeak는 118.0 ± 19.6 bpm, HRmean은 114.2 ± 18 bpm, 평균 RER은 0.80-1.02, RPE는 12.0 ± 1.2이었다(Table 2).

3. Exerheart 운동 강도

Exerheart 연금술사의 보물 게임을 하는 중 VO₂peak는 CPX로 측정된 VO₂max의 60.4 ± 16.3%에 해당하였으며, Exerheart 연금술사의 보물



Fig. 1. (A) The exergaming group performed exercise using Exerheart devices by permission of D&J Humancare which had the copyright holder of Exerheart. (B) Features of the video game “Alchemist’s Treasure”.

게임을 하는 중 VO₂mean은 CPX로 측정된 VO₂max의 56.0±15.7% 범위에 해당하였다. 또한 Exerheart 연금술사의 보물 게임을 하는 중 HRpeak는 CPX로 측정된 HRmax의 60.4±16.3%에 해당하였으며, Exerheart 연금술사의 보물 게임을 하는 중 HRmean은 CPX로 측정된 HRmax의 56.0±15.7% 범위에 해당하였다(Table 2).

4. 연령별 운동강도 비교

연령별 운동강도를 비교하기 위한 Kruskal-Wallis test 분석에서는 CPX의 HRmax ($p < .01$)와 RER ($p = .04$)에서 연령별 유의한 차이가 나타났으며, 사후검정 결과, HRmax에서 20대와 50대 사이($p < .05$), 20대와 60대 사이($p < .01$)에서 유의한 차이가 나타났지만 RER에서는 사후검정에서 유의한 차이가 없었다. 그 외에 다른 요인들에서는 연령별 통계적 차이가 없었다. VO₂peak/VO₂max는 40대에서 61.1%로 가장 높았고 20대에서 46.8%로 가장 낮았지만 연령별 통계적 유의한 차이는 없

Table 1. Characteristics of participants

	N	Mean ± SD
Sex (M/W)	21/28	
Age (yr)	49	42.78 ± 14.07
Height (cm)	49	165.85 ± 8.59
Weight (kg)	49	66.09 ± 12.51
BMI (kg/m ²)	49	23.91 ± 3.37
Resting HR (bpm)	49	64.18 ± 6.22
Resting SBP (mmHg)	49	121.86 ± 10.94
Resting DBP (mmHg)	49	73.84 ± 8.54

BMI, body mass index; HR, heart rate; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure.

었으며, VO₂mean/VO₂max 또한 30-50대보다 20대가 43.2%로 가장 낮았지만 연령별 통계적 유의한 차이는 없었다. HRpeak/HRmax와 HRmean/HRmax에서도 연령별 통계적 유의한 차이는 없었다(Table 3).

5. CPX와 Exerheart의 상관관계

CPX로 측정된 VO₂max와 Exerheart를 하는 동안 VO₂peak의 상관

Table 2. Cardiopulmonary performance during cardiopulmonary exercise test and Exerheart exergame

	N	Mean ± SD
Cardiopulmonary exercise test		
VO ₂ max, mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	49	30.6 ± 8.1
HRmax, bpm	49	176.5 ± 15.5
RER	49	1.3 ± 0.2
Exerheart		
VO ₂ peak (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	49	17.4 ± 3.4
VO ₂ mean (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	49	16.3 ± 3.3
HRpeak (bpm)	49	118.0 ± 19.6
HRmean (bpm)	49	114.2 ± 18.0
RPE (6-20 scale)	49	12.0 ± 1.2
RER	49	0.91 ± 0.05
Exerheart/Treadmill		
VO ₂ peak/VO ₂ max (%)	49	60.4 ± 16.3
VO ₂ mean/VO ₂ max (%)	49	56.0 ± 15.7
HRpeak/HRmax (%)	49	66.4 ± 17.2
HRmean/HRmax (%)	49	63.9 ± 16.8

VO₂, oxygen consumption; HR, heart rate; RER, respiratory exchange ratio; RPE, rate of perceived exertion.

Table 3. Comparison of cardiopulmonary performance during cardiopulmonary exercise test and Exerheart exergame by age group

	Twenties (n=5)	Thirties (n=7)	Forties (n=6)	Fifties (n=6)	Sixties (n=4)	H ^(p)
	Median (IQR)	Median (IQR)	Median (IQR)	Median (IQR)	Median (IQR)	
Cardiopulmonary exercise test						
VO ₂ max (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	36.3 (31.8-42.8)	28.7 (22.8-35.3)	31.4 (19.3-32.5)	23.9 (21.0-35.5)	28.3 (24.5-40.4)	7.60 (.11)
HRmax (bpm)	190.0 ^{a,b} (180.0-203.0)	181.0 (175.0-187.0)	177.0 (164.8-182.3)	169.0 ^a (160.5-180.0)	161.5 ^b (141.3-176.8)	18.15 (<.01)
RER	1.32 (1.15-1.41)	1.38 (1.31-1.43)	1.15 (1.09-1.28)	1.22 (1.14-1.33)	1.18 (0.99-1.31)	10.38 (.04)
Exerheart						
VO ₂ peak (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	16.7 (14.8-21.9)	19.0 (17.0-20.8)	15.7 (12.6-20.3)	15.9 (14.3-16.6)	17.9 (15.5-21.7)	5.00 (.29)
VO ₂ mean (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	15.0 (13.7-20.2)	17.7 (15.1-18.2)	14.7 (11.5-19.0)	14.6 (13.3-15.6)	16.7 (13.8-20.0)	4.64 (.33)
HRpeak (bpm)	122.0 (106.3-138.3)	122.3 (110.0-132.7)	121.5 (111.8-126.6)	101.7 (91.3-123.5)	113.0 (110.0-117.2)	6.98 (.14)
HRmean (bpm)	118.6 (103.1-132.0)	116.1 (105.8-125.4)	114.6 (107.3-122.7)	99.8 (88.6-119.4)	108.8 (105.6-113.4)	6.27 (.18)
RER	0.90 (0.86-0.92)	0.89 (0.86-0.95)	0.94 (0.89-0.98)	0.91 (0.85-0.96)	0.89 (0.86-0.96)	4.15 (.39)
RPE (6-20 scale)	13.0 (11.7-13.7)	12.3 (12.0-13.0)	12.3 (11.3-14.5)	12.2 (11.3-12.7)	11.2 (10.3-11.6)	5.75 (.22)
Exerheart/Treadmill						
VO ₂ peak/VO ₂ max (%)	46.8 (45.0-62.6)	59.3 (48.7-93.1)	61.1 (55.2-66.2)	58.4 (44.3-77.8)	59.0 (48.8-64.3)	3.36 (.50)
VO ₂ mean/VO ₂ max (%)	43.2 (40.5-61.0)	56.0 (45.5-81.3)	55.4 (52.4-60.8)	55.0 (40.5-72.3)	52.5 (44.4-59.8)	2.66 (.62)
HRpeak/HRmax (%)	63.7 (57.8-71.7)	69.9 (61.1-71.7)	69.8 (61.8-76.2)	58.9 (55.9-74.4)	69.5 (66.9-75.8)	3.01 (.56)
HRmean/HRmax (%)	61.7 (56.0-68.4)	66.1 (58.6-68.3)	67.5 (59.2-72.3)	57.8 (54.2-71.9)	66.6 (64.8-73.6)	2.74 (.60)

Values that share superscript (a,b) letters represent between-group significance ($p < .05$).

VO₂, oxygen consumption; HR, heart rate; RER, respiratory exchange ratio; RPE, rate of perceived exertion.

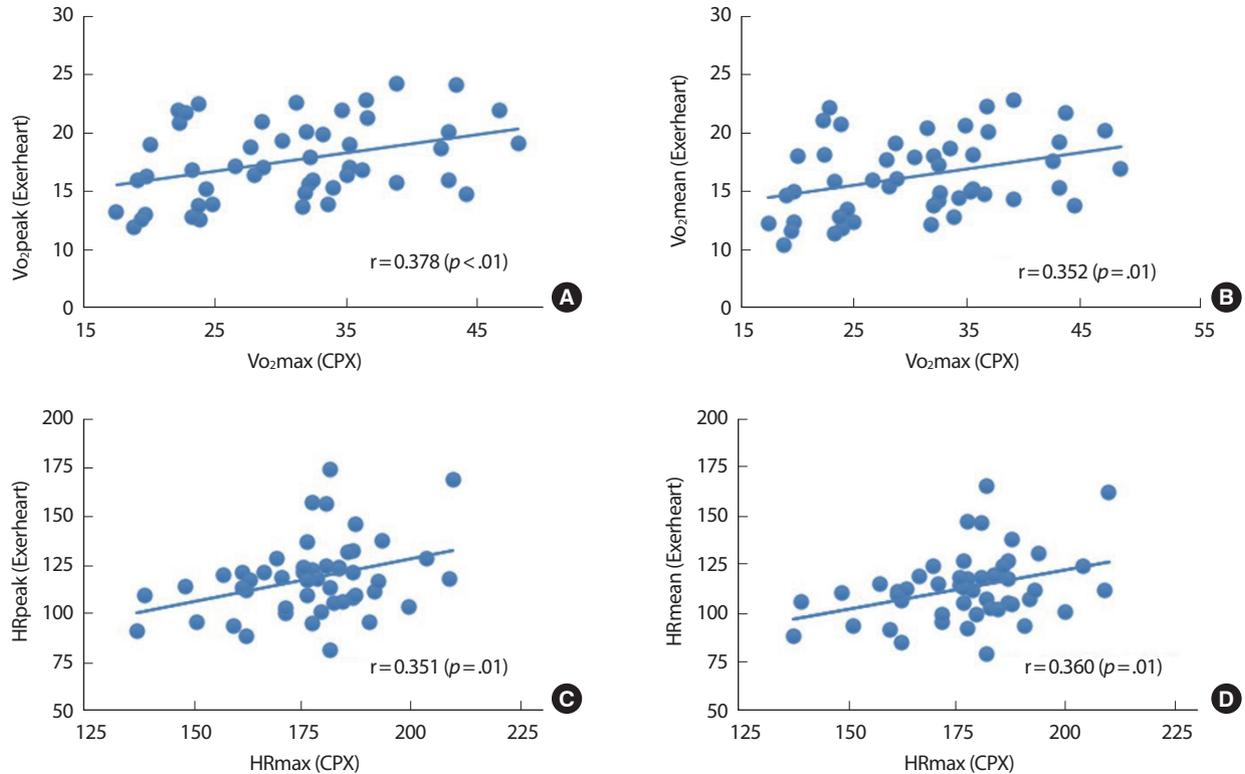


Fig. 2. Correlation between cardiopulmonary exercise test and exergame play of Exerheart. (A) Correlation between CPX VO_2 max and VO_2 peak during Exerheart; (B) Correlation between treadmill VO_2 max and VO_2 mean during Exerheart; (C) Correlation between CPX HRmax and HRpeak during Exerheart; (D) Correlation between CPX HRmax and HRmean during Exerheart. VO_2 , oxygen consumption; CPX, cardiopulmonary exercise test; HR, heart rate.

계수는 $r=0.378$ 로 약한 양의 상관관계를 나타냈으며, CPX로 측정된 VO_2 max와 Exerheart를 하는 동안 VO_2 mean의 상관계수도 $r=0.352$ 로 낮은 상관관계를 보여주었다. 또한 CPX로 측정된 HRmax와 Exerheart를 하는 동안 HRpeak의 상관계수는 $r=0.351$ ($p=.01$)로 약한 양의 상관관계를 나타냈으며, CPX로 측정된 HRmax와 Exerheart를 하는 동안 HRmean의 상관계수도 $r=0.360$ ($p=.01$)로 낮은 상관관계를 보여주었다(Fig. 2).

논 의

본 연구에서는 기능성 게임인 Exerheart를 사용하여 연금술사의 보물 게임을 진행하는 동안의 에너지 소비량을 확인하고, 이를 CPX에서 얻은 VO_2 max와 비교함으로써 건강한 성인들에게 Exerheart 연금술사의 보물 게임이 ACSM에서 제시하는 중강도 수준의 신체활동을 제공할 수 있는지 확인하고자 하였다.

연구 결과 Exerheart를 하는 동안 VO_2 peak은 CPX로 측정된 VO_2 max의 평균 60.4%로 이는 유산소 운동 강도예측방법[28]에 따라 % VO_2 max가 46-63%에 해당되어 ACSM에서 제시하는 중강도에 해당된다고 나타났다. 따라서 Exerheart가 심폐체력 증진을 위한 중강도 유

산소 신체활동을 제공할 수 있다고 사료된다. 또한 연령별 Exerheart의 운동강도도 모두 중강도에 해당하였으며 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 젊은 성인과 노인에서 Wii Fit을 실시했을 때, 게임별, 연령 그룹에 따른 심박수 및 에너지 소비량에 차이가 없었다는 선행연구[28]의 결과와 동일했다. 이는 Exerheart가 20-60대 성인에서 연령과 관계없이 중등도 유산소 신체활동의 대안이 될 수 있음을 시사한다.

Exerheart를 하는 동안 VO_2 peak과 CPX로 측정된 VO_2 max 사이에는 약한 상관관계가 있었는데 체력상태가 높은 대상자가 체력상태가 낮은 대상자에 비해 다소 높은 강도로 운동하였음을 의미한다. 엑서게임의 절대적인 운동강도가 비슷하다면 심폐체력이 낮은 사람들에게는 너무 고강도의 운동이 될 수 있다. 하지만 Exerheart는 자신의 운동 강도를 자유롭게 조절할 수 있는 특성이 있기에 심폐체력이 낮거나 고령자들에게도 적절한 운동강도로 조절하여 적용될 수 있을 것이다. Wii Fit Plus의 경우에도 Boxing, Obstacle Course, Cycling Island 게임 프로그램들이 CPX에서 측정된 VO_2 peak의 약 60% VO_2 peak와 40% VO_2 mean에 해당한다고 보고하였으며, CPX의 VO_2 peak와 엑서게임의 VO_2 peak 및 VO_2 mean 간에는 중등도에서 강한 상관관계를 나타내며 본 연구와 유사한 결과를 보여주었다[29]. 또한 본 연구에서는 CPX의 HRmax에서 연령별 차이를 보였지만, 상대적 운동강도인 % VO_2 max와

%HRmax에서는 연령별 차이가 나타나지 않았다. 이는 체력 수준이 다르더라도 자신의 운동 강도를 적절히 조절할 수 있는 특성이 있기 때문이라고 사료된다.

엑서게임의 에너지 소비량 및 운동강도를 측정한 연구들은 게임의 종류에 따라 운동강도를 저강도에서 고강도까지 다양하게 보고하고 있다. 초기 보고서에 따르면 다양한 운동 게임이 활발한 걷기, 건너 뛰기, 조깅 또는 계단 오르기과 같은 전통적인 운동 모드와 비슷한 수준으로 어린이의 에너지 소비를 증가시킬 수 있는 것으로 나타났으며[30, 31], 앉아있는 스크린 시간을 어린이의 활성 스크린 시간으로 변환함으로써 Sony Eye Toy 및 DDR의 에너지 소비가 크게 증가한 것으로 나타났다[31]. 또한 엑서게임은 에너지 소비를 하루 300-500 kcal까지 증가시키는 것으로 나타났으며 청년들 사이의 신체 활동 권장 사항에 대한 더 큰 준수를 촉진할 수 있는 즉각적인 즐거움을 제공할 수 있다고 나타났다[32].

그러나, 다른 연구 결과에 따르면 엑서게임은 최소한의 신체 활동을 제공하지만 저강도 수준이며 전통적인 운동에 비해 신체 활동 대안으로 홍보할 가치가 없다고 결론지었다[33]. 또 다른 문제는 모든 응용 프로그램이 동일한 이점을 제공하지는 않는다는 것이다. 마찬가지로 DDR 강도는 대학 연령 참가자의 최소 ACSM 강도 지침을 거의 충족하지 않는 것으로 나타났으며 심혈관 개선이 일어나려면 광범위한 게임 플레이 시간이 필요하다고 보고하였다[17].

본 연구는 가스호흡분석기를 사용하여 보다 정확한 엑서게임의 운동 강도를 측정하고자 하였고, 연령별로 엑서게임의 운동강도에 차이가 있는지 확인하였다는데 의의가 있다. 하지만 참여 수가 적고 단일 센터에서 수집하여 결과를 일반화하는데 제한점이 있다. 이를 더 분석하고 확인하기 위해서는 대규모 반복 연구가 필요하다.

한편, 동기 부여 부족, 사회적지지 부족 및 피로 또는 통증과 같은 질병 관련 영향은 신체활동에 참여하지 않는 주요 원인이다[34]. 이에 반해, 엑서게임은 매력적인 도전과 즉각적인 진도 피드백을 제공하는 세계에 플레이어를 몰입시켜 건강 관련 학습과 행동 변화를 향상시킬 수 있음을 보여주었다[35]. 한 예로, Nintendo Wii Fit™ Plus 운동 게임은 제2형 당뇨병을 가진 노인 환자들의 자발적이고 규칙적인 신체활동을 증가시키고 결과적으로 장기적인 혈당 조절, 체성분 및 삶의 질을 향상 시키도록 동기를 부여하는 것으로 나타났다[36]. 이렇듯 엑서게임은 규칙적인 신체활동에 참여할 가능성이 가장 적은 사람들에게 신체 활동을 증가시키기 위한 즐겁고 유망한 새로운 접근법을 제공할 수 있다고 사료된다.

본 연구에서도 대상자들이 본인이 선택한 운동 강도로 운동을 시행하였는데 %VO₂max의 4분위 수 범위는 33.3%에서 98.2%로 매우 넓게 나타났다. Lyons et al. [37]은 몰입과 자신감, 즐거움은 엑서게임을 플레이하는 동안 소비되는 에너지에 영향을 미치며, 보다 즐겁게 매료되는

게임은 더 높은 강도의 활동을 유발할 수 있다고 보고했다. 비록 본 연구에서는 에너지 소비량에 영향을 미칠 수 있는 심리적 요인들(몰입, 자신감, 즐거움 등)과 선호하는 운동 및 게임 선호도 등의 요인들을 수집하지 못하였지만, 향후 몰입, 자신감, 즐거움에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 확인하는 연구가 필요하며, 이를 게임에 반영하여 연령, 질병 상태, 체력, 선호도 등에 따라 운동강도를 저강도에서 고강도까지 조절하여 적용할 수 있는 방안을 모색하는 것이 필요하다고 사료된다.

결론

본 연구는 Exerheart 연금술사의 보물 게임이 건강한 성인에게 중강도 운동을 제공할 수 있음을 보여주며, 유산소 운동의 대안이 될 수 있음을 제시한다. 또한 체력수준에 따라 운동강도가 조정되므로 체력 수준이 다른 여러 사용자에게 적용할 수 있다고 사료되지만 대상자 수가 너무 적어 연령별 운동강도를 정확히 비교하기에는 부족했다.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: HJ Kim, YJ Lee; Data curation: HJ Kim; Formal analysis: HJ Kim; Funding acquisition: None; Methodology: HJ Kim, EA Jo, YJ Lee, JJ Park; Project administration: JJ Park; Visualization: EA Jo; Writing - original draft: HJ Kim, EA Jo; Writing - review & editing: EA Jo.

ORCID

Hee-Jin Kim	https://orcid.org/0000-0002-6815-2313
Eun-Ah Jo	https://orcid.org/0000-0002-9002-924X
Yoon-Ju Lee	https://orcid.org/0000-0001-9378-7022
Jung-Jun Park	https://orcid.org/0000-0002-2518-7225

REFERENCES

1. Reiner M, Niermann C, Jekauc D, Woll A. Long-term health benefits of physical activity—a systematic review of longitudinal studies. BMC Public Health. 2013;13:1-9.
2. Moore SC, Lee I-M, Weiderpass E, Campbell PT, Sampson JN, et al.

- Association of leisure-time physical activity with risk of 26 types of cancer in 1.44 million adults. *JAMA Intern Med.* 2016;176(6):816-25.
3. Penedo FJ, Dahn JR. Exercise and well-being: a review of mental and physical health benefits associated with physical activity. *Curr Opin Psychiatry.* 2005;18(2):189-93.
 4. Reddon H, Meyre D, Cairney J. Physical activity and global self-worth in a longitudinal study of children. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(8):1606-13.
 5. Middelkamp J, van Rooijen M, Wolfhagen P, Steenbergen B. The effects of a self-efficacy intervention on exercise behavior of fitness club members in 52 weeks and long-term relationships of transtheoretical model constructs. *J Sports Sci Medicine.* 2017;16(2):163.
 6. Annesi J. Effects of a cognitive behavioral treatment package on exercise attendance and drop out in fitness centers. *Eur J Sport Sci.* 2003;3(2):1-16.
 7. Song H, Peng W, Lee KM. Promoting exercise self-efficacy with an exergame. *J Health Commun.* 2011;16(2):148-62.
 8. Bryan LH, Jarvis S, Nicholas RK, Gonzalez T, Barsaga B, et al. Measurement of energy expenditure while playing exergames at a self-selected intensity. *Open Sports Sci J.* 2012;5:1.
 9. Lanningham-Foster L, Foster RC, McCrady SK, Jensen TB, Mitre N, et al. Activity-promoting video games and increased energy expenditure. *J Pediatr.* 2009;154(6):819-23.
 10. Warburton DE, Bredin SS, Horita LT, Zbogar D, Scott JM, et al. The health benefits of interactive video game exercise. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2007;32(4):655-63.
 11. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1334-59.
 12. Graves LE, Ridgers ND, Williams K, Stratton G, Atkinson G, et al. The physiological cost and enjoyment of Wii Fit in adolescents, young adults, and older adults. *J Phys Act Health.* 2010;7(3).
 13. Noah JA, Spierer DK, Tachibana A, Bronner S. Vigorous energy expenditure with a dance exer-game. *J Exerc Physiol Online.* 2011;14(4).
 14. Peng W, Lin JH, Crouse J. Is playing exergames really exercising? A meta-analysis of energy expenditure in active video games. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2011;14(11):681-8.
 15. Siegel SR, Haddock BL, Dubois AM, Wilkin LD. Active video/arcade games (exergaming) and energy expenditure in college students. *Int J Exerc Sci.* 2009;2(3):165.
 16. Howe CA, Barr MW, Winner BC, Kimble JR, White JB. The physical activity energy cost of the latest active video games in young adults. *J Phys Act Health.* 2015;12(2):171-7.
 17. Tan B, Aziz AR, Chua K, Teh KC. Aerobic demands of the dance simulation game. *Int J Sports Med.* 2002;23(02):125-9.
 18. Miyachi M, Yamamoto K, Ohkawara K, Tanaka S. METs in adults while playing active video games: a metabolic chamber study. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(6):1149-53.
 19. O'Donovan C, Hussey J. Active video games as a form of exercise and the effect of gaming experience: a preliminary study in healthy young adults. *Physiotherapy.* 2012;98(3):205-10.
 20. Tripette J, Murakami H, Ando T, Kawakami R, Tanaka N, et al. Wii fit intensity and enjoyment in adults. *BMC Res Notes.* 2014;7:1-4.
 21. Bailey BW, McInnis K. Energy cost of exergaming: a comparison of the energy cost of 6 forms of exergaming. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2011;165(7):597-602.
 22. Kafri M, Myslinski MJ, Gade VK, Deutsch JE. Energy expenditure and exercise intensity of interactive video gaming in individuals post-stroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2014;28(1):56-65.
 23. Jo EA, Wu SS, Han HR, Park JJ, Park S, et al. Effects of exergaming in postmenopausal women with high cardiovascular risk: a randomized controlled trial. *Clin Cardiol.* 2020;43(4):363-70.
 24. Wu S, Jo EA, Ji H, Kim KH, Park JJ, et al. Exergaming improves executive functions in patients with metabolic syndrome: randomized controlled trial. *JMIR Serious Games.* 2019;7(3):e13575.
 25. Wu S, Ji H, Won J, Jo EA, Kim YS, et al. The effects of exergaming on executive and physical functions in older adults with dementia: randomized controlled trial. *J Med Internet Res.* 2023;25:e39993.
 26. Jo EA, Han HR, Wu SS, Park JJ. Effects of acute exergame on glucose control after glucose ingestion in individuals with pre-and Type 2 diabetes. *Asian J Kinesiol.* 2023;25(1):11-8.
 27. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J.* 1973;85(4):546-62.
 28. Mullins NM, Tessmer KA, McCarroll ML, Peppel BP. Physiological and perceptual responses to Nintendo® Wii Fit™ in young and older adults. *Int J Exerc Sci.* 2012;5(1):79.
 29. Maddison R, Mhurchu CN, Jull A, Jiang Y, Prapavessis H, et al. Energy expended playing video console games: an opportunity to increase

- children's physical activity? *Pediatr Exerc Sci.* 2007;19(3):334-43.
30. Ridley K, Olds T. Video center games: energy cost and children's behaviors. *Pediatr Exerc Sci.* 2001;13(4):413-21.
31. Kraft JA, Russell WD, Bowman TA, Selsor III CW, Foster GD. Heart rate and perceived exertion during self-selected intensities for exergaming compared to traditional exercise in college-age participants. *J Strength Cond Res.* 2011;25(6):1736-42.
32. Walton JAP. Energy expenditure and cardiopulmonary responses to sedentary and physically-interactive video gaming in college males: 3072: Board# 219 May 30 8:00 AM-9:30 AM. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(5):520.
33. Qiu Sh, Sun ZI, Cai X, Liu L, Yang B. Improving patients' adherence to physical activity in diabetes mellitus: a review. *Diabetes Metab J.* 2012; 36(1):1.
34. Thompson D. Designing serious video games for health behavior change: current status and future directions. *J Diabetes Sci Technol.* 2012;6(4):807-11.
35. Kempf K, Martin S. Autonomous exercise game use improves metabolic control and quality of life in type 2 diabetes patients-a randomized controlled trial. *BMC Endocrine Disorders.* 2013;13:1-9.
36. Lyons EJ, Tate DF, Ward DS, Ribisl KM, Bowling JM, et al. Engagement, enjoyment, and energy expenditure during active video game play. *Health Psychol.* 2014;33(2):174.