Journal of the Korean Applied Science and Technology
Vol. 36, No. 2. June, 2019. 371~382
ISSN 1225-9098 (Print)
ISSN 2288-1069 (Online)
http://dx.doi.org/10.12925/jkocs.2019.36.2.371

누리다 볼 운동기구의 운동 강도와 운동 효율성 검증연구

[1]구정훈* · [2]조위현 · [1]조준용†

[1]한국체육대학교 운동생화학실, [2]누리다 회사
(2019년 3월 31일 접수: 2019년 6월 12일 수정: 2019년 6월 14일 채택)

A study on verification of exercise intensity and efficiency in Nurida-ball exercise equipment

[1]Jung-Hoon Koo* · [2]We-Hyun Cho · [1]Joon-Yong Cho†

[1]*Department of Exercise Biochemistry, Korea National Sport University*
[2]*Nurida Company*
(Received March 31, 2019; Revised June 12, 2019; Accepted June 14, 2019)

요 약 : 본 연구의 목적은 새롭게 개발된 Nurida-ball 공차기 운동기구의 효율성을 검증하기 위해 중년 남성을 대상으로 일회성 운동에 의한 운동 강도 측정과 장기간 운동에 의한 건강 관련 지표들을 확인하는 데 있다. 첫 번째 연구에서는 Nurida-ball의 운동 강도를 측정하기 위해 8명의 중년 남성을 대상으로 30분간 Nurida-ball 운동을 실시하고 이를 트레드밀 운동부하검사에서(graded treadmill exercise test: GXT) 측정된 최대치와 상대적으로 비교 분석하였다. 두 번째 연구에서는 12명의 중년 남성을 Nurida-ball 운동 그룹(NB, n=6)과 대조군 그룹(CON, n=6)으로 구분하고 NB 그룹은 8주간 운동을 실시하였다(30min/day, 3 days/week). 이후 운동의 효율성을 검증하기 위해 신체구성, 심폐기능, 혈액 지질 성분 및 근 손상 지표를 확인하였다. 먼저 일회성 Nurida-ball 운동 시 나타난 운동 강도는 GXT-HRpeak (55~85%)과 GXT-VO_2peak(23~61%)으로 각각 나타났다. 8주간 장기간 운동을 실시한 연구에서는 CON 그룹과 비교하여 NB 그룹에서 체중, 체지방, 체지방율, 체질량지수의 변화량이(사후-사전) 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 또한 NB 집단에서 운동 전과 비교하여 운동 후에 TC와 LDL는 감소되고 BMC는 증가하는 것으로 나타났다. GXT의 최대 환기당량과 수행시간의 변화량이(사후-사전) CON 그룹과 비교하여 NB 그룹에서 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 특히 GXT의 운동수행시간은 NB 집단에서만 운동 전과 비교하여 운동 후에 유의하게 증가된 것으로 나타났다. 이를 종합해 보면 Nurida-ball 운동기구는 신체구성과 심폐기능에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 운동 기구로써 중년 남성들에게 나타나는 대사성 질환들을 완화시킬 수 있을 것으로 생각된다.

주제어 : 누리다-볼 운동, 대사증후군, 신체구성, 심폐기능, 근 손상

†Corresponding author
(E-mail: chojy86@knsu.ac.kr)

Abstract : The aim of this study was to evaluate the physiological responses following acute and chronic Nurida-ball exercise to measure the relative exercise intensity and health-related fitness in middle-aged men. In study 1, eight middle-aged men carried out acute Nurida-ball exercise for 30 min. The physiological responses were normalized and compared with a graded treadmill exercise test (GXT) to evaluate the relative exercise intensity. In study 2, twelve middle-aged men were divided into two groups: Nurida-ball exercise group (NB, n=6) and control group (CON, n=6). NB group performed the Nurida-ball exercise for 8 weeks (30min/day, 3 days/week). And then, we measured the body composition, cardiovascular factors, blood lipid factors, and muscle damage markers to confirm the exercise efficiency. In study 1, the related exercise intensity of acute Nurida-ball is the range of GXT-HRpeak (55~85%) and GXT-VO_2peak(23~61%). The change in body fat-related factors was significantly lower in the NB compared to the CON group. Moreover, TC and LDL were decreased whereas BMC was increased in the NB group after Nurida-ball exercise. The change in VEpeak and performance time of GXT were significantly greater in the NB compared to the CON group. The performance time of GXT was increased in the NB group after Nurida-ball exercise. Our results indicated that Nurida-ball exercise would be effective equipment for the improvement of health-related fitness. Especially, Nurida-ball exercise can affect body composition and cardiovascular function, which might alleviate metabolic syndrome-related diseases in middle-aged men.

Keywords : Nurida-ball exercise, metabolic syndrome, body composition, cardiovascular function, muscle damage

1. 서 론

신체활동(physical activity)은 체내에 축적된 지방을 산화시켜 체지방을 감소시킬 수 있는 비침습적(non-invasion) 방법으로 이미 많은 연구에 의해 그 효과가 검증되고 있다[1, 2]. 그중 걷기 혹은 달리기와 같은 대표적인 유산소성 운동은 남녀노소 누구나 손쉽게 접근할 수 있으며 신체구성과 심혈관계의 기능을 변화시켜 건강한 삶을 영위할 수 있는 효과적인 방법이라고 보고되었다[3, 4]. 또한, 공원 혹은 야외에 설치된 운동기구들은 건강 관련 체력 요인을 개선시키는데 효과적인 방법이라고 제시되었다[5, 6]. 하지만 최근 야외에서 수행되는 유산소성 운동들은 공기오염과 같은 환경적인 문제로 활동 범위가 줄어들고 있다. 특히 미세먼지(fine dusty)와 초미세먼지(fine particulate matter)는 호흡계, 심장, 암 및 뇌혈관 질환과 높은 연관성이 보고되기 때문에 현재까지 정부에서는 최대한 공기 오염에서의 노출 시간을 자제할 것을 요구하고 있다[7-9]. 따라서 미세먼지가 많은 날은 실외보다는 실내에서 운동을 실시하는 것이 권장되고 있다.

지금까지 실내에서 수행되는 유산소성 운동기구들은 트레드밀 달리기와 같은 특정 장비들이 사용되고 있지만 기구 대부분이 고가의 장비일 뿐만 아니라 일정한 크기, 무게 및 장소가 필요하기 때문에 일반인들이 쉽게 접근할 수 없는 단점이 있다. 최근 이러한 단점을 일부 보완하기 위해 ㈜누리다 회사에서는 Nurida-ball이라는 공차기 운동 기구를 개발하였다. 이 운동 기구는 끈에 연결된 스펀지 공을 목에 걸고 신장에 맞게 조절한 후 두발로 번갈아 가며 공을 차는 동작을 수행하도록 제작되었다. 특히 Nurida-ball 운동기구는 무게가 100g 이하이며 크기가 작아 좁은 실내 공간에서도 충분히 운동 수행할 수 있는 장점이 있다(Figure 1). 또한, 운동 시 연속적으로 공을 차기 위해서는 허리를 바르게 세우고 무릎을 들면서 정확하게 발등으로 공을 차야 하기 때문에 장기간 운동을 실시한다면 척추 주변 근육과 하지 근육을 자극할 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 근육 자극은 허리근육을 강화시키고 신체의 균형감각을 향상시킬 수 있기 때문에 건강 체력 향상을 위한 선행연구들에 의해 그 필요성이 제기되었다(17, 18).

하지만 운동기구의 효율성을 과학적으로 제시하기 위해서는 먼저 운동 시 나타나는 생리학적

변인들을 측정하는 것이 무엇보다 중요하다. 최근 미국스포츠의학회의 유산소성 운동지침을 살펴보면 주 5회, 60분 이상 중-고강도 운동을 수행하도록 권장되고 있기 때문에[10], Nurida-ball 운동 기구를 이용하여 수행되는 신체활동이 어느 정도의 운동 강도로 나타나는지 확인해 볼 필요가 있다. 만약 이 기구의 운동 강도가 지방을 산화시키기에 충분한 운동 강도로 확인된다면 장소와 환경적 제약 없이 실내에서도 수행할 수 있는 효과적인 운동 기구라고 제시할 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구의 목적은 중년 남성을 대상으로 일회성 30분 Nurida-ball 운동 수행 시 나타나는 생리학적 지표들을(최대산소섭취량, 최대심박수, 환기당량, 호흡률, 젖산, 에너지 소비율) 트레드밀 운동부하검사에서 측정된 최대 지표들과 상대적으로 비교 분석하여 Nurida-ball 운동 강도를 측정할 것이다. 또한 8주간 Nurida-ball 운동이 건강관련 지표에 미치는 영향을 확인하기 위해 신체구성, 심폐지구력, 혈중 지질 요인 및 근 손상 지표를 분석하여 Nurida-ball 운동의 효율성을 과학적으로 검증하는데 있다.

2. 실 험

2.1. Study 1

본 연구의 대상자는 40~50대 중년 남성 10명을 대상으로 일회성 30분 Nurida-ball 운동 수행 시 나타나는 생리학적 지표들을 측정하였다. 먼저 모든 대상자들에게 본 실험에 대한 내용과 절차를 충분히 설명하고 난 후 자발적으로 참여하기를 원하는 대상자를 대상으로 실험동의서(informed consent form)를 받은 후 실험을 실시하였다. 하지만 운동 참여 중 불편함을 느껴 연구 참여의 중단을 밝힌 2명을 제외한 8명의 자료를 분석하였으며 연구대상자의 신체적인 특성은 〈Table 1〉과 같다.

2.2. Study 2

Study 1에서 모집된 동일한 8명의 Nurida-ball 운동 집단(NB, n=8)과 새롭게 모집된 동일한 연령대 중년 남성을 대조군 집단(CON, n=8)으로 구분하였다. 실험 전 모든 대상자들에게는 본 실험에 대한 내용과 절차를 충분히 설명하고 실험동의서(informed consent form)를 작성한 후 실험을 실시하였다. 이중 개인적인 사정으로 연구에 참여할 수 없는 대상자가 집단별 2명씩 발생되어 최종 연구에 참여한 대상자는 집단 별 6명이 본 실험에 참여하였다. 연구 대상자들의 특성은 〈Table 2〉와 같다.

2.3. 실험기기의 특성 및 절차

본 연구에서 사용된 Nurida-ball 운동 장비는 ㈜누리다 회사에서 개발한 공차기 운동기구로 줄에 공을 부착하여 자유롭게 공을 차는 운동기구다. 특히 이 운동기구는 장소의 제약 없이 남녀노소 누구나 자신의 신장에 맞게 줄을 조절하여 목에 걸고 발 및 무릎 등을 이용하여 운동을 수행할 수 있도록 개발되었다 (Figure 1A). 먼저 대

Table 1. Characteristic subjects of Study 1

Variables(N=8)	Mean (SD)	Range
Age(years)	52.63 (3.50)	49.00-57.00
Height(cm)	172.43 (8.34)	163.20-187.60
BW(kg)	71.26 (13.74)	57.40-93.80
Fat(kg)	15.70 (8.25	8.67-31.51
BF(%)	21.38 (6.44)	16.50-35.00
BMI (kg/m^2)	23.77 (2.65)	20.76-28.73
LBM(kg)	52.88 (6.75)	45.80-63.68

BW: body weight, BF(%): percentage of body fat, BMI: body mass index, LBM: lean body mass. Values are presented as mean (standard deviation).

Table 2. Characteristic subjects of Study 2

Variables	N	BK group	CON group	t	*p* value	*95%-CI*	
Age(years)	6	52.50 (3.27)	53.67 (1.03)	-0.833	0.437	-4.55	2.53
Height(cm)	6	174.45 (8.65)	171.35 (8.43)	0.629	0.544	-7.89	14.09
BW(kg)	6	76.23 (13.69)	67.67 (7.53)	1.343	0.209	-5.65	22.78
Fat (kg)	6	17.34 (9.05)	14.22 (4.90)	0.742	0.475	-6.24	12.47
BF(%)	6	21.73 (7.96)	20.61 (5.63)	0.282	0.784	-7.74	9.99
BMC	6	3.26 (0.64)	3.04 (0.37)	0.712	0.493	-0.46	0.89
BMI(kg/m^2)	6	24.88 (2.66)	23.06 (2.24)	1.280	0.229	-1.35	4.99
LBM(kg)	6	55.64 (6.13)	50.40 (3.80)	1.780	0.105	-1.32	11.79

NB: Nurida-ball, CON: control, BW: body weight, BF (%): percentage of body fat, BMC: bone mineral content, BMI: body mass index, LBM: lean body mass, Values are presented as mean (standard deviation).

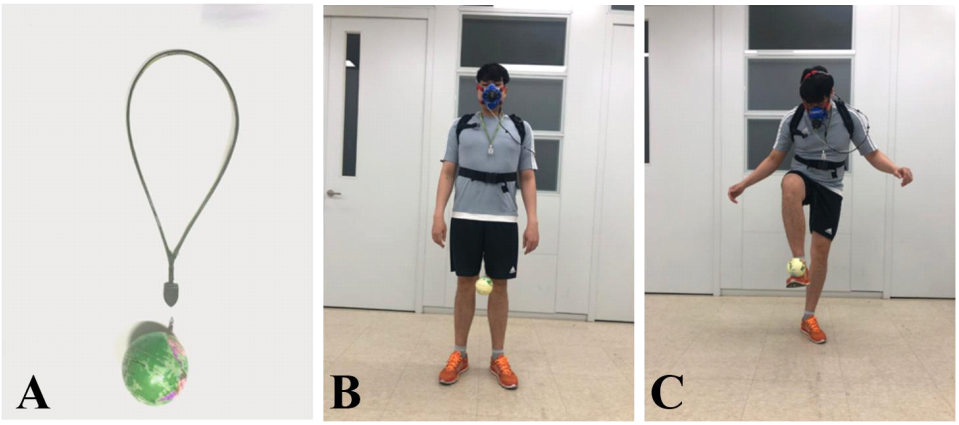

Fig. 1. Nurida-ball exercise equipment. A) The equipment of Nurida-ball exercise. B-C) Feature of Nurida-ball exercise using K5 portable analyser.

상자들의 최대하 유산소성 운동 능력을 측정하기 위해 트레드밀 운동부하 검사를 실시하였다. 이후 대상자는 Nurida-ball 운동기구를 이용하여 30분간 일회성 운동을 실시하는 동안 운동 생리학적인 지표(심박수, 산소섭취량, 호흡교환율, 환기당량, 젖산 및 에너지소비량)들을 측정하여 이를 트레드밀 운동부하 검사에서 나타난 지표들과 상대적으로 비교 분석하였다. 또한 장기간 운동의 효율성을 검증하기 위해서는 8주간 Nurida-ball 운동을 실시한 후 신체구성, 심폐지구력, 혈중 지질 요인 및 근 손상 지표들을 확인하였다.

2.4. 신체구성

대상자는 공복상태에서 가벼운 옷차림을 한 후 신장(cm)과 체중(kg)을 측정하고(동산 제닉스, Korea), Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA, GX system, Madison, WI, USA) 기기 위에 누워 머리부터 발끝까지 연속적인 횡축 촬영을 10-15분간 시행하였다. 신체구성 측정 요인들은 체중(kg), 지방량(kg), 체지방율(%BF), 체질량지수(kg/m2), 제지방량(kg), 골밀도(bone mineral density: BMD), 골 무기질량(bone mineral content: BMC)을 분석하였다. 특히 제지방량은 전신, 팔, 몸통, 다리를 구분하여 분석

하였다.

2.5. 트레드밀 운동부하검사(grade treadmill exercise test: GXT)

GXT는 측정 당일 1시간 전 실험실에 도착하여 편안한 자세로 안정을 취한 후 실시하였다. 먼저 대상자들에게 운동방법에 대한 설명을 충분히 설명하고 폴라(Polar, S810, Finland)를 착용하여 심박수를 모니터링 하였다. 이후 자동 호흡가스대사 분석기(Cosmed Treadmill T170 DE, Cosmed Co. Germany)를 이용하여 심박수(heart rate: HR), 산소섭취량(oxygen consumption: VO2),호흡교환율(respiratory exchange ratio: RER) 및 환기당량(ventilatory equivalent: VE)을 Bruce protocol를 적용하여 측정하였다. 최대 유산소성 운동능력 측정은 모니터를 통하여 지속적인 관찰을 하였으며 대상자의 운동 중지 시점에 대한 판단은 a)운동 강도가 증가함에도 불구하고 심박수 및 VO2가 증가하지 않는 경우, b)운동자각도 수준이 17 이상, c)RER이 1.15이상 되었을 때 및 d) 대상자가 운동을 더 이상 수행하지 못한다는 신호를 나타낼 때 탈진 상태로 접어든 것으로 간주하고 운동을 중지시켰다.

2.6. 일회성 및 8주간 Nurida-ball 운동 프로토콜

본 운동 기구는 바닥과 공의 높이가 높을수록 운동 효과도 높고, 낮을수록 운동효과도 낮기 때문에 처음 운동을 접하는 대상자를 고려하여 대상자들의 무릎 높이에 공의 위치를 조절하여 연구를 진행하였다. 일회성 30분 Nurida-ball 운동에 따른 생리학적인 변인들을 측정하기 전 모든 대상자는 태권도의 앞차기 동작 중 발을 들어 올리는 1단계 동작을 반복하면서 허벅지만을 이용하여 발등으로 공을 찰 수 있도록 연습하였다(5회/주, 10분, 1주, Figure 1B,C). 실험 당일 대상자들은 간편한 복장으로 스트레칭을 실시한 후(10분) 휴대용 자동가스분석기(K5, Cosmed Co, Rome, Italy)를 착용하고 30분간 Nurida-ball 운동을 실시하였다. 운동 중 휴대용 자동가스분석기에서 측정된 HR, VO_2, RER, VE및 에너지 소비량은 무선 데이터 송, 수신 장비를 이용하여 자동으로 기록하고 이를 분석하였다. 다음으로 8주간 Nurida-ball 운동은 동일한 운동방법으로 주 3회 하루 30분씩 총 8주간 실시하였다.

2.7. 젖산 측정

GXT 운동 수행 중 젖산 측정은 finger-tip 방법을 이용하여 운동 전, 운동 직후, 회복 5분, 회복 10분, 회복 20분 및 회복 30분에 채혈하여 젖산 분석기(YSI 1500, USA)를 이용하여 분석하였다. 또한 일회성 30분 Nurida-ball 운동 수행은 동일한 방법으로 운동 전, 운동 직후, 회복 5분 및 회복 10분까지 측정하였다.

2.8. 자료처리방법

본 연구의 모든 자료처리는 SPSS 22.0 통계 프로그램을 이용하여 일회성 30분 및 8주간 Nurida-ball 운동 시 나타나는 모든 생리학적 변인들을 기술통계를 이용하여 평균(mean)과 표준편차(standard deviation)로 제시하였다. 먼저 일회성 30분 Nurida-ball 운동 중 측정된 변인들을 상대적인 운동 강도로 산출하기 위해 GXT에서 나타난 최대치와 비교 분석하여 백분율(%)로 나타냈다. 다음으로 8주간의 Nurida-ball 운동 효과를 검증하기 위해서는 운동 전후 신체구성, 심폐기능 관련 지표 및 혈중 생화학적 요인들을 측정하였다. 먼저 점수 차이 분석방법(Change-score analysis)에서 얻어진 평균 차이(사후평균-사전평균)를 Shapiro-Wilk test를 이용하여 정규성 검증을 수행한 결과 Fat, BF% 및 LBM-legs가 정규분포를 만족하지 않아 Mann-Whitney U test를 이용하고 정규성을 만족하는 나머지 모든 변수들은 독립(Independant) t-test 이용하여 집단 간의 차이를 분석하였다. 또한 집단 내 시기 간의 차이를 확인하기 위해 Shapiro-Wilk test을 실시한 결과 HRpeak가 정규분포를 만족하지 않아 Wilcoxon signed rank test를 실시하고 나머지 정규성을 만족하는 모든 변인들은 대응(Paired) t-test 이용하여 분석하였다. 통계학적 검증을 위한 유의도 수준은 $\alpha < 0.05$로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구는 새롭게 개발된 Nurida-ball 운동 기구의 효율성을 검증하기 위해 일회성 30분 Nurida-ball 운동을 실시하여 운동 강도를 간접적으로 측정하고 8주간 Nurida-ball 운동을 통한 신체구성, 심폐지구력 및 혈중 지질 및 근 손상 지표에 미치는 영향을 확인하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

3.1. GXT와 일회성 Nurida-ball 운동 수행에 따른 생리학적 변인들의 최대 수준

GXT와 일회성 Nurida-ball 운동 시 측정된 HRpeak, VO_2peak, VEpeak, RERpeak 및 젖산 수치와 GXT의 최대치를 상대적으로 비교하여 Nurida-ball 운동의 상대적 운동 강도를(%) 추정한 결과는 〈Table 3〉과 같다. 특히 Nurida-ball 운동 시 나타난 심폐지구력 핵심 요인으로 알려진 HRpeak와 VO_2peak는 GXT와 상대적 비교에서 약 85% 및 63% 수준으로 각각 나타났다. 이는 Nurida-ball 운동의 강도가 중강도 이상으로 건강관편 체력지표에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다.

3.2. 일회성 Nurida-ball 운동 수행 중에 나타난 생리학적 변인들의 수준

일반적으로 운동 수행 시 나타나는 HR, VO_2, VE, RER 및 혈중 젖산 측정은 운동 강도를 간접적으로 예측하는데 중요한 지표로 사용된다[13, 14]. Nurida-ball 운동 중에 측정된 생리학적 변인들을 확인한 결과(Figure 2), HR과 VO_2는 98.13±7.94-148.00±16.18bmp과 9.79±2.00-24.82±8.50ml/kg/min 수준으로 각각 나타났고(Figure 2A, B), VE와 RER은 20.28±6.01-51.79±9.71L/min과 0.73±0.04-1.07±0.10 수준으로 각각 나타났다(Figure 2C, D). Nurida-ball 운동 수행 중 나타난 생리학적 지표를 상대적 운동 강도로 산출하기 위해 GXT 최대 수치와 비교 분석한 결과 GXT-HRpeak의 55.13-85.11%, GXT-VO_2peak의 23.04-61.74%, GXT-VEpeak의 20.75-62.65% 및 GXT-RERpeak의 61.14-91.84%으로 각각 나타났다(Figure 2E, F). 이는 전반적으로 미국 스포츠의학회에서 제시된 중, 고강도 운동(%HRmax: 64-95%, %VO_2max:46-90%) 범위에 해당하는 것으로[10] Nurida-ball 운동은 체지방을 감소시키고 심폐지구력을 증가시킬 수 있는 충분한 운동 강도라고 생각할 수 있다. 특히, 운동을 시작한 후 약 5분 후부터 운동 수행을 마칠 때까지 모든 측정 변인들이 정상상태(Steady-state)를 유지하는 것으로 나타나 운동을 경험하지 않은 일반인들도 부담 없이 사용 수 있는 운동기구라고 판단된다. 또한 일회성 Nurida-ball 운동 중 나타난 에너지 소비량을 분석한 결과 분당 칼로리 소비량과 시간당 칼로리 소비량은 0.11kcal/kg/min 과 6.60kcal/kg/h으로 각각 나타났으며 체중을 고려하지 않을 시 분당 칼로리 소비량과 시간당 칼로리 소비량은 7.55kcal/min과 452.88kcal/min으로 각각 나타났다(Table 4). 이를 본 연구 대상자들의 평균 체중으로 환산해 보면 30분간 Nurida-ball 운동 시 약 250.8kcal(0.11kcal×30분×76kg)를 소비할 수 있는 것으로 추측되며 이는 주 3회 30분씩 한 달간(총12회) 실시할 경우 약 3,000kcal를 소비할 수 있을 만큼의 효율적인 운동 방법이라고 생각된다. 따라서 장기간 규칙적인 Nurida-ball 운동은 체지방 감량과 심폐지구력 향상에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대되며 이를 검증하기 위해 8주간 Nurida-ball 운동을 실시하였다.

Table 3. Physiological factors response maximal treadmill exercise and Ball-kick test

Variables (N=8)	HRpeak (beat/min)	VO_2peak (ml/kg/min)	VEpeak (min/ml)	RERpeak	Lactate level (mmol/l)			
					Pre	Post	Post-5min	Post-10min
GXT	178.00 (8.96)	41.96 (7.90)	106.74 (28.13)	1.20 (0.05)	0.81 (0.20)	8.92 (2.60)	8.90 (2.12)	7.32 (1.63)
BK	151.00 (15.21)	26.64 (8.05)	57.14 (11.07)	1.10 (0.09)	0.81 (0.13)	4.38 (1.25)	2.84 (1.44)	2.34 (1.64)
% of GXT	85.11%	63.68%	58.09%	91.93%	102.28%	52.80%	31.00%	30.80%

GXT: grade exercise treadmill, NB: Nurida-ball, Values are presented as mean (standard deviation).

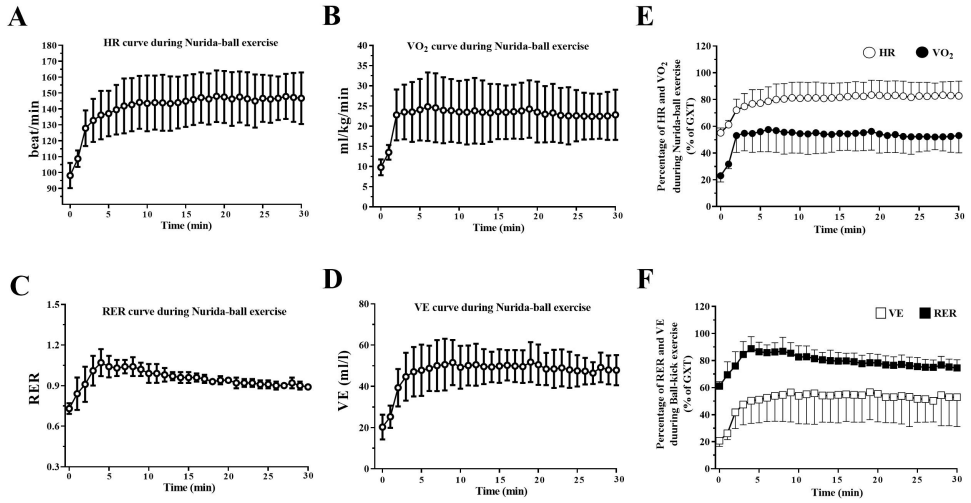

Fig. 2. The physiological responses following acute Nurida-ball exercise. A) Heart rate, B) Oxygen consumption, C) respiratory exchange ratio, D) Ventilatory equivalent following acute Nurida-ball exercise. E) Percentage of HR and VO_2 and F) VE and RER during Nurida-ball exercise (% of GXT). Bars represent mean ± SD (n = 8).

Table 4. Physiological factors response Ball-Kick exercise test

Variables (N=8)	Mean (SD)	Range
kcal/h	452.88 (66.00)	351.80-568.98
kcal/kg/h	6.60 (1.69)	4.12-8.77
kcal/min	7.55 (1.10)	5.86-9.48
kcal/kg/min	0.11 (0.03)	0.07-0.15

BMI: body mass index, LBM: lean body mass
Values are presented as mean (standard deviation).

3.3. 장기간 Nurida-ball 운동 수행에 따른 신체구성의 변화

8주간 Nurida-ball 운동에 의한 신체구성의 변화를 확인한 결과(Table 5), 집단 간 BW, Fat, BF% 및 BMI 변화량(사후-사전) 차이는 NB 집단이 CON 집단과 비교하여 통계적으로 유의하게 감소된 것으로 나타났다(BW: t=-2.439, p=0.045, Fat: z=-2.887, p=0.004, BF%: z=-2.562, p=0.010, BMI: t=-2.425, p=0.044). 비록 NB 집단에서 시기 간 Fat(p=0.077)과 %BF(p=0.065)는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만 운동 전과 비교하여 운동 후 Fat(7.05%)과 %BF(5.87%)가 감소하는 경향이 나타났다. 이는 본 연구에서 수행된 운동 프로그램이 ACSM에서 제시한 운동 프로그램(5회/주, 60분) 범위에 미치지 못하여 나타난 결과라고 생각된다[12]. 따라서 충분한 Nurida-ball 운동의 효과를 제시하기 위해서는 운동의 횟수와 시간을 ACSM 기준에 맞추어 조절할 필요성이 있다고 생각된다.

Nurida-ball 운동기구는 허리를 바르게 세우고 허벅지를 직각으로 들어 올려 공을 발등으로 차는 운동기구로 제작되어(Figure 1) 걷기 운동과 유사하지만 하체 근육의 동작 범위가 크기 때문

Table 5. Change of body composition

		CON group(n=6)			NB group(n=6)		
		Pre	Post	Δ%	Pre	Post	Δ%
BW(kg)#		67.67 (7.53)	68.13 (7.72)*	0.84	76.23 (13.69)	75.08 (14.11)	-1.10
Fat(kg)##		14.22 (4.90)	15.15 (4.98)*	6.54	17.34 (9.05)	16.17 (8.49)	-7.05
BF(%)#		20.61 (5.63)	21.78 (5.63)	5.75	21.73 (7.96)	20.48 (7.3)	-5.87
BMI(kg/m^2)#		23.06 (2.24)	23.26 (2.36)	0.20	24.88 (2.66)	24.63 (2.81)	-0.25
BMD(g/cm^2)		1.24 (0.08)	1.23 (0.07)	-0.31	1.26 (0.13)	1.25 (0.12)	-0.89
BMC(g)		3.04 (0.38)	3.05 (0.36)	0.41	3.25 (0.64)	3.31 (0.62)*	1.94
LBM (kg)	total	50.40 (3.80)	50.09 (4.49)	-0.72	55.64 (6.12)	55.72 (6.31)	0.09
	Arms	5.72 (0.50)	5.53 (0.55)**	-3.55	6.21 (0.88)	6.22 (0.86)	0.12
	Trunk	23.99 (1.72)	23.86 (2.39)	-0.77	26.07 (3.04)	26.60 (2.59)	2.10
	Legs	16.50 (1.83)	16.30 (1.91)	-1.33	19.03 (2.73)	19.14 (2.57)	0.54

CON: control, NB: Nurida-ball.
BW: body weight, BF%: percentage of body fat, BMC: bone mineral content, BMI: body mass index, BMD: Bone mineral density, LBM: lean body mass. *p<0.05, **p<0.01 from Pre and Post. #p<0.05, ##p<0.01 between groups. Values are presented as mean (standard deviation).

에 하지(lower limb) 근육 활성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 추측된다. 하지만 예상과 달리 본 연구에서 LBM의 변화가 집단 간 및 기간 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이에 LBM을 국부적으로(arms, trunk, legs) 나누어 분석한 결과 LBM-legs의 변화량의 차이가 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만 CON 집단과 비교하여 NB 집단에서 증가하는 경향이 나타났다(p=0.055). 또한 근육량과 정적 상관관계를 나타내는 BMC가 NB 집단에서 운동 후 유의하게 증가하는 것으로 나타나(BMC: t=-2.666, p=0.045) 8주간의 Nurida-ball 운동이 하지 근육량의 활성에 일부 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다[16]. 하지만 본 연구에서 사용된 DEXA 장비는 순수 근육량을 측정할 수 있는 지표가 제공되지 않을 뿐만 아니라 운동 중 동원되는 하지 근육의 활성도를 정확하게 측정하지 못하였다. 게다가 Nurida-ball 운동이 하지 근육량의 일부를 증가시킨 것인지 혹은 노화에 의한 하지 근육의 감소를 지연시킨 것인지에 대한 과학적이 근거가 부족하기 때문에 추후 이를 확인할 수 있는 구체적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

3.4. 장기간 Nurida-ball 운동 수행에 따른 혈중 지질 지표의 변화

8주간 Nurida-ball 운동에 의한 혈액 지질 지표의 변화를 확인한 결과(Table 6), 모든 항목에서 집단 간의 변화량(사후-사전) 차이는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 하지만 NB 집단에서 TC와 LDL는 운동 전과 비교하여 운동 후에 통계적으로 유의하게 감소된 것으로 나타나(TC: t=3.725, p=0.014, LDL: t=4.571, p=0.006), 운동에 의해 혈중 지질 요인이 감소되었다고 보고한 다수의 선행연구결과와 일치하는 결과는 나타냈다(21, 22). 따라서 체지방과 혈중 지질 관련 인자들이 정적 상관관계가 나타난다는 사실을 고려해 볼 때[15], 규칙적인 Nurida-ball 운동이 체지방을 감소시킬 수 있다는 가능성을 뒷받침 할 수 있다.

또한, 새롭게 개발된 운동기구가 건강 체력에 긍정적인 영향을 미친다고 할지라도 익숙하지 않은 과도한 운동은 근육을 손상시켜 염증반응을 증가시키고 결과적으로 스트레스를 유발할 수 있다는 가능성을 배재할 수 없다[11]. 일반적으로 혈중 CK와 LDH의 활성 증가는 근 손상(muscle damage)이 유발되었다는 간접적인 지표로 알려져 있다(23). 따라서 Nurida-ball 운동에 의한 근 손상이 일어날 가능성을 확인하기 위해 혈액

내 CK 및 LDH의 수준을 확인할 결과(Figure 3), 집단 간 CK와 LDH의 변화량(사후-사전)과 시기 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 Nurida-ball 운동기구를 이용하는 것은 근육 내 스트레스는 과도하게 유발하지는 않는 범위 내에서 체지방을 감소시킬 수 있을 것으로 생각된다.

3.5. 장기간 Nurida-ball 운동 수행에 따른 심폐기능의 변화

유산소성 운동의 또 다른 장점은 체지방의 감소와 함께 심폐지구력의 향상을 일으킨다[12]. 따라서 8주간 Nurida-ball 운동에 의한 심폐지구력 관련 지표의 변화를 확인한 결과(Table 7), VO_2peak, HRpeak, RERpeak 및 최고 젖산 수치들은 집단 간 및 기간 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 하지만 VEpeak의 변화량(사후-사전) 차이는 CON 집단과 비교하여 NB 집단에서 통계적으로 유의하게 증가된 것으로 나타났다(VEpeak: t=3.132, p=0.011). 이는 규칙적인 신체활동에 의해 환기량을 증가시켜 호흡능력을 개선시킨다고 보고한 선행 연구와 비슷한 결과를 나타냈다(19, 20). 따라서 이러한 결과들을 유추해 볼때 8주간의 규칙적인 Nurida-ball 운동이 환기 능력에 긍정적인 영향을 미쳐 결과적으로 호흡순환 능력과 산소운반능력을 향상시킬 수 있을 것으로 추측된다. 흥미롭게도 트레드밀 운동 시간의 변화량 차이가 CON 집단과 비교하여 NB 집단에서 유의하게 증가된 것으로 나타났다(Duration: t=3.077, p=0.012). 또한 CON 집단의 VEpeak는 사전과 비교하여 사후에 통계적으로 유의하게 감소된 것으로 나타난 반면

Table 6. Change of blood lipid factors

	CON group(n=6)			NB group(n=6)		
	Pre	Post	Δ%	Pre	Post	Δ%
Glucose (mg/dL)	99.17 (4.96)	94.83 (5.49)	-4.96	97.50 (6.72)	91.67 (5.16)	-6.47
TC (mg/dL)	194.83 (18.24)	194.17 (21.35)	-2.01	203.50 (27.30)	179.00 (17.64)*	-13.61
TG (mg/dL)	139.83 (53.86)	134.83 (39.87)	-2.24	142.50 (46.53)	115.17 (43.25)	-29.67
LDL (mg/dL)	139.50 (17.00)	134.83 (20.35)	-5.69	133.67 (26.37)	116.33 (24.42)*	-15.47
HDL (mg/dL)	42.17 (5.56)	43.83 (7.83)	1.60	44.17 (16.38)	47.00 (11.73)	8.16

CON: control, NB: Nurida-ball
TC: total cholesterol, TG: triglycerides, LDL: low-density lipoprotein, HDL: high-density lipoprotein.
*p<0.05 from Pre and Post. Values are presented as mean (standard deviation).

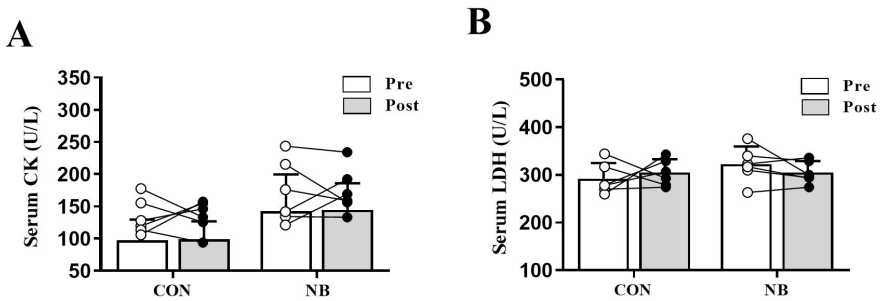

Fig. 3. Effect of Nurida-ball exercise on muscle damage markers. A) The level of CK and B) LDH following 8 weeks of Nurida-ball exercise. Bars represent mean ± SD (n = 6 per group).

Table 7. Change of cardiovascular factors

	CON group(n=6)			NB group(n=6)		
	Pre	Post	Δ%	Pre	Post	Δ%
VO_2peak(ml/kg/min)	44.12 (3.86)	41.37 (3.00)	-6.96	39.52 (4.40)	39.35 (6.99)	-1.62
HRpeak(beat/min)	181.67 (8.33)	181.17 (8.45)	-0.39	171.67 (17.61)	175.00 (11.26)	2.03
RERpeak	1.22 (0.07)	1.17 (0.04)	-3.89	1.13 (0.15)	1.19 (0.05)	5.13
VEpeak(min/ml)#	106.93 (8.37)	94.51 (7.38)*	-13.58	92.30 (32.20)	109.62 (31.73)	15.55
Time(s)#	636.17 (62.77)	627.83 (53.91)	-1.33	584.00 (56.12)	636.33 (73.60)*	7.95
Lactate(pre)	0.69 (0.13)	0.78 (0.14)	6.75	0.66 (0.07)	0.71 (0.13)	3.53
Lactate(post)	7.68 (2.01)	8.97 (1.44)	14.74	7.25 (2.78)	8.39 (3.81)	8.51
Lactate(post-5min)	7.98 (1.28)	10.28 (1.99)*	20.55	9.10 (5.35)	8.10 (3.62)	-14.41
Lactate(post-10min)	7.45 (1.55)	9.09 (2.04)	14.07	6.84 (2.89)	8.01 (3.83)	8.01
Lactate(post-20min)	5.84 (1.61)	7.32 (1.60)	17.42	5.02 (2.04)	5.88 (3.11)	1.17
Lactate(post-30min)	3.85 (1.38)	4.28 (1.21)	8.19	3.57 (1.68)	3.66 (2.17)	-10.50

CON: control NB: Nurida-ball
*p<0.05 from Pre and Post. #p<0.05 between groups. Values are presented as mean (standard deviation).

(VEpeak: t=3.071, p=0.028), NB 집단에서는 트레드밀 운동시간이 운동 전과 비교하여 운동 후에 통계적으로 유의하게 증가(7.95%)된 것으로 나타났다(Duration: t=-3.603, p=0.015). 이를 종합해 보면 8주간의 Nurida-ball 운동은 환기능력을 증가시켜 심폐지구력 향상에 일부 긍정적인 영향을 주고 결과적으로 트레드밀 운동 수행시간을 증가시킨 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점으로는 Nurida-ball 운동을 실시하는 과정에서 대상자들은 공을 차는 횟수 혹은 속도를 조절하지 않고 30분간 자유롭게 공을 찰 수 있도록 하였다. 이는 속도에 의해 운동강도가 영향을 받을 수 있다는 일반적인 사실을 고려해 볼 때 개인별 공차기 속도가 일부 운동강도에 영향을 미칠 수 있다는 가능성을 생각 할 수 있다. 하지만 Nurida-ball 운동 시 정확히 발등으로 차지 못하면 공이 타원을 그리며 다음 동작을 실시하는데 시간이 걸리기 때문에 횟수를 정확하게 통제하는 것이 불가능했다. 또한 본 연구에서 대상자를 충분하게 확보하지 못하여 분석된 연구 결과를 일반화시키기에는 어려움이 있기 때문에 추후 대상자의 수를 증가시켜 Nurida-ball 운동 강도와 효율성을 확인해 볼 필요가 요구된다. 마지막으로 본 Nurida-ball 운동은 허리를 세우고 허벅지를 들어 한 발씩 균형을 잡으며 수행하는 공차기 유형의 운동기구로 척추근력, 하지 근력 및 균형 능력 향상에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 추측된다. 또한 성인 뿐 만 아니라 초중고 학생들에게도 미세먼지에 의한 환경적 제약으로 실외 활동이 감소되는 현재의 흐름을 감안할 때 본 Nurida-ball 운동은 실내에서도 가능할 뿐만 아니라 운동의 재미까지 더할 수 있는 효과적인 운동 프로그램이라고 제시될 수 있다. 따라서 이러한 모든 가능성을 염두해두고 향후 보다 구체적인 Nurida-ball 운동의 효과를 검증할 필요가 있다고 생각된다.

4. 결 론

본 연구는 새롭게 개발된 Nurida-ball 운동 기구의 효율성을 검증하기 위해 중년 남성을 대상으로 일회성 운동을 통해 운동강도를 측정하고 8주간 운동을 통한 신체구성, 심폐지구력, 혈중 지질 및 근 손상 지표를 분석하였다. 먼저 일회성

Nurida-ball 운동 수행은 GXT와 상대적으로 비교했을 때 체지방을 감소시키기 위한 효과적인 운동 강도(53.13-83.43% of GXT-HRpeak, 23.04-57.51% of GXT-VO_2peak)로 나타났다. 또한 8주간 Nurida-ball 운동은 체지방과 TC 및 LDL 수준을 감소시킨 반면 심폐기능 일부를 향상시킨 것으로 나타났다. 이를 종합해 보면 Nurida-ball 운동은 건강 체력과 관련된 요인들을 일부 개선시킬 수 있는 효과적인 운동 도구라고 판단된다. 하지만 이에 대한 과학적인 운동의 효과를 심도 있게 검증하기 위해서는 더 많은 수의 대상자와 Nurida-ball 운동 수행 방법에 대한 프로그램을 구체화시 킬 필요가 있다고 생각된다.

References

1. D. L. Swift, N. M. Johannsen, C. J. Lavie, C. P. Earnest, T. S. Church, "The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance", Progress in cardiovascular diseases, Vol.56, No.4 pp. 441-447, (2014).
2. M. S. Ha, Y. H. Back, "Floor Exercise improves on Senior Fitness Test, Blood Lipids and Arterial Stiffness in Elderly Women with Metabolic Syndrome", The Korean Society of Applied Science and Technology, Vol.34, No.4, pp. 899-907, (2017).
3. D. C. Lee, R. R. Pate, C. J. Lavie, X. Sui, T. S. Church, S. N. Blair, "Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk", Journal of the American College of Cardiology, Vol.64, No.5 pp. 472-481, (2014).
4. C. Jung, W. Y. Park, "Effect of somatosensory input on the gait ability and equilibrium sensory of elderly women", The Korean Society of Applied Science and Technology, Vol.35, No.1 pp. 205-213, (2018).
5. S. H. Yang, J. S. Kim, "The Effects of Exercise Program Outdoor Exercise Equipment on Activity Fitness, Metabolic Syndrome Risk Factors and Inflammatory Factors in the Elderly", Exercise Science Vol.23, No.3 pp. 229-240, (2015).
6. S. W. Jo, Y. S. Won, "The Relationship of Exercise Capabilities and Physical Self-Concept, Subjective Happiness on the Aged Persistent Participants in Use of Outdoor Sport Equipment", Journal of Sport and Leisure Studies, Vol.52, No.52 pp. 551-561 (2013).
7. Z. J. Andersen, K. Bønnelykke, M. Hvidberg, S. S. Jensen, M. Ketzel, S. Loft, M. Sørensen, A. Tjønneland, K. Overvad, O. Raaschou-Nielsen, "Long-term exposure to air pollution and asthma hospitalisations in older adults: a cohort study", Thorax, Vol.67, No.1 pp. 6-11, (2012).
8. A. S. Shah, J. P. Langrish, H. Nair, D. A. McAllister, A. L. Hunter, K. Donaldson, D. E. Newby, N. L. Mills, "Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis", The Lancet, Vol.382, No.9897 pp. 1039-1048, (2013).
9. T. Kerin, H. Volk, W. Li, F. Lurmann, S. Eckel, R. McConnell, I. Hertz-Picciotto, "Association Between Air Pollution Exposure, Cognitive and Adaptive Function, and ASD Severity Among Children with Autism Spectrum Disorder", Journal of autism and developmental disorders, Vol.48, No.1 pp. 137-150, (2018).
10. ACSM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. "*Lippincott Williams & Wilkins*, (2018).
11. J. Karvonen, T. Vuorimaa, "Heart rate and exercise intensity during sports activities", Sports Medicine, Vol.5, No.5 pp. 303-311, (1988).
12. E. M. Coats, H. B. Rossiter, J. R. Day, A. Miura, Y. Fukuba, B. J. Whipp, "Intensity dependent tolerance to exercise after attaining VO2 max in humans", Journal of applied physiology, Vol.95, No.2 pp. 483-90, (2003).
13. M. G. Wilson, G. M. Ellison, N. T. Cable, "Basic science behind the

cardiovascular benefits of exercise", Heart, Vol.101 No.10 pp. 758-765, (2015).
14. E. Schoenau, C. M. Neu, B. Beck, F. Manz, F. Rauch, "Bone mineral content per muscle cross-sectional area as an index of the functional muscle-bone unit", Journal of bone and mineral research, Vol.17, No.6 pp. 1095-1101, (2002).
15. S. Dai, J. E. Fulton, R. B. Harrist, J. A. Grunbaum, L. M. Steffen, D. R. Labarthe, "Blood lipids in children: age-related patterns and association with body-fat indices: Project HeartBeat", American journal of preventive medicine, Vol.37, No.1 pp. S56-S64, (2009).
16. K. Fisher-Wellman, R. J. Bloomer, "Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history", Dynamic medicine, Vol.8, No.1, (2009).
17. A. Shahvarpour, D. Gagnon, R. Preuss, S. M. Henry, C. Larivière, "Trunk postural balance and low back pain: Reliability and relationship with clinical changes following a lumbar stabilization exercise program", Gait and Posture, Vol.61 pp. 375-381, (2018).
18. J. H. Lee, "Effects of the centrifugal contraction exercise of the rectus abdominis accompanied with the isometric exercise of the transversus abdominis on pain and balance of lower back pain patients", Journal of Physical Therapy Science, Vol.29, No.8 pp. 1405-1408, (2017).
19. S. S. Kim, "Aerobic Exercise's Influence on Obese Female College Students'Arterial Pulse Wave Velocity, Cardiorespiratory Systems and Body Composition" Journal of Digital Convergence, Vol.15, No.7 pp. 407-414, (2017).
20. V. Minh, B. Anthony, "Evaluating a computer based skills acquisition trainer to classify badminton players", Journal of Sports Science and Medicine, Vol.10, No.3 pp. 528-533, (2011).
21. J. Y. Lee, Y. J. Kim, "Effect of Swimming Exercise on Interleukin-6, Blood Lipids and Atherogenic Index in Obese Middle Aged Women" The Korean Journal of Growth and Development, Vol.22, No.3 pp. 247-252, (2014).
22. W. K. Hong, Y. R. Lim, "The Effect of Walking Exercise frequency on the Blood lipid, Blood pressure, Musculoskeletal pain, and Health related quality of Life in middle aged women" The Korean Society of Sports Science, Vol.27, No.3 pp. 1105-1114, (2018).
23. G. Paulsen, U. R. Mikkelsen, T. Raastad, J. M. Peake, "Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise?" Exercise Immunology Review, Vol.18, pp. 42-97, (2012).