

Exercise Using Isokinetic Strength Training Equipment and Physical Function Improvement

Hyon-Min Tae^a, Su-Yeong Eom^a, Byoung-Kwon Lee^{b**}, Dae-Sung Park^{b*}

^aDepartment of Physical Therapy, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea

^bThe Graduate School of Konyang University, Daejeon, republic of Korea

**The above author served as co-corresponding author in this study

Objective: This study aims to explore the relationship between isokinetic strength training and the enhancement of physical function in older adults. It also evaluates the effectiveness of isokinetic strength training equipment.

Method: This study randomly divided twenty healthy adults into two groups. The experimental group engaged in isokinetic strength training for 30 minutes, three times a week, over a four-week period. In contrast, the control group did not participate in any exercise regimen. We assessed several outcome measures including physical functions (sit-to-stand test, flexibility, Timed Up and Go test), grip strength, balance, thigh circumference, the Korean version of the Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9), and the Korean version of the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC). Additionally, the experimental group's self-perceived improvement in lower limb condition was evaluated using the Global Rating of Change (GROC) scale.

Results: The experimental group showed significant improvements compared to the control group in various aspects: reduced sit-to-stand test duration (7.00 ± 2.05 seconds), increased flexibility (4.69 ± 3.90 cm), improved grip strength (1.54 ± 1.74 kg), increased thigh circumference (left: 1.29 ± 1.19 cm, right: 1.19 ± 1.27 cm), enhanced Timed Up and Go test performance (-1.47 ± 0.86 seconds), better balance (eyes open stance: -8.08 ± 4.03 cm, eyes closed stance: -0.27 ± 0.13 cm/s), and a decrease in depression severity (-0.15 ± 1.51 points). Furthermore, significant increases were observed in the experimental group's maximal isokinetic strength at $90^\circ/s$ for both flexion (19.62 ± 7.03 Nm) and extension (19.60 ± 14.65 Nm) over the study period.

Conclusion: The findings suggest that isokinetic strength training equipment can significantly enhance physical functions in seniors when incorporated into an exercise regimen.

Key Words: Isokinetic strength training, Physical function

서론

2022년 유엔의 세계 인구 상태 보고서에 따르면, 한국인의 평균 수명이 2021년에 비해 0.18% 증가했다. 건강 수명의 경우 여성은 73년, 남성은 71년으로 평균 수명보다 약 10년 짧다[1]. 평균 수명의 연장과 함께, 건강 수명과의 격차가 새로운 사회적 문제로 떠오르고 있다. 신체 활동의 부족과 여가 시간의 증가는 연령과 관계없

이 스포츠의 중요성이 더욱 강조되고 있다[2]. 과학기술의 발전과 삶의 질 향상으로 일상생활에서 큰 힘의 필요는 줄었지만, 신체 활동이 감소한 환경에서 생활하는 현대인에게는 근육은 체력, 낙상과 질병 등과 연관성이 크다[3]. 노화가 진행됨에 따라 근육량과 강도는 감소하는데, 이는 근육 섬유 수와 크기가 줄어들기 때문이다. 매년 50세가 될 때까지 매년 1~2%의 근육의 감소가 지속된다. 특히 50세 이후부터 75세 사이에는 약

Received: Oct 31, 2023 Revised: Jan 18, 2024 Accepted: Feb 23, 2024

Corresponding author: Park Dae-Sung (ORCID <https://orcid.org/0003-4258-0878>)

Department of Physical Therapy, Konyang University
158, Gwanjeodong-ro, Seo-gu, Daejeon, Republic of KOREA

Tel: +82-42-600-6419 E-mail: daeric@konyang.ac.kr

Co-Corresponding author: Byoung-Kwon Lee (ORCID <https://orcid.org/0002-1230-6088>)

Department of Physical Therapy, Konyang University
158, Gwanjeodong-ro, Seo-gu, Daejeon, Republic of KOREA

Tel: +82-42-600-8454 E-mail: BKL6332@konyang.ac.kr

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.

Copyright © 2024 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

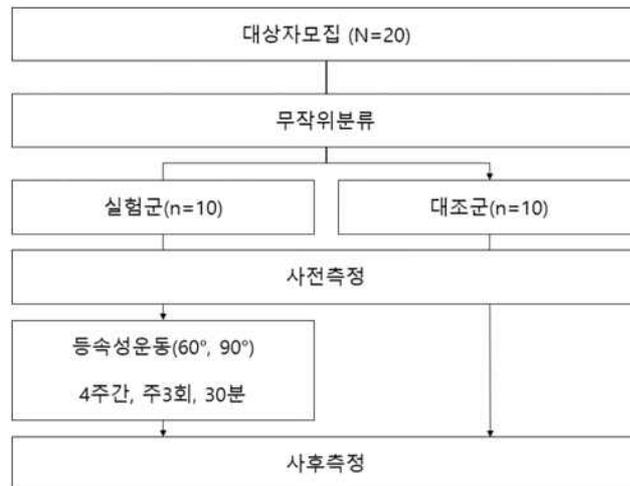


Figure 1. Flow chart of the study

25%의 근육이 감소한다[4].

골관절염 환자들은 그렇지 않은 사람에 비해 근육 기능, 근육 강도가 현저히 떨어지고, 이들의 근육 강도는 정상인보다 25~31% 더 낮았다[5]. 특히, 대퇴사두근과 같은 하지 근육이 약화를 보인다[6, 7].

근력은 특히 노인들의 일상 생활 기능을 위한 중요한 내재적 요소이다. 보행 속도는 하지 근력과 밀접한 관련이 있으며, 근력이 증가하면 보행 지구력과 계단 오르기 능력이 향상된다[8]. 하지 근력의 손실은 노인들의 삶의 질을 저하시키고 기능적인 장애를 초래한다[9]. 운동을 통한 근력 증가는 개인의 독립성, 통증 경험, 뼈 밀도와 관련하여 신체 기능의 독립성 유지에 긍정적인 영향을 미치며, 약물 사용을 줄이는 데에도 도움이 된다[10]. 일반적으로 무릎 관절 수술 후 근력 회복은 체중 지지, 안정성, 무릎 관절의 정상 기능을 위해 매우 중요하다[11].

등속성 운동은 근육이 일정한 운동 속도로 수축되는 것을 말한다. 근육이 수축할 때 생성되는 긴장은 움직이는 부분에 가속도를 생성하여 속도를 만들어낸다[12]. 등속성 같은 관절의 길항근과 작용근 또는 왼쪽과 오른쪽의 동일한 근육 간 비교가 가능하며, 근력이 증가함에 따라 운동 속도를 빠르게 조절하여 운동 및 훈련의 강도를 점진적으로 증가시킬 수 있다. 등속성 운동은 근력 평가 시 회전력을 통해 근력, 지구력 및 관절 운동 범위를 객관적이고 정확하게 측정할 수 있으며, 근력을 강화하고 신뢰할 수 있는 데이터를 제공하는 장점이 있다. 등속성 운동은 등장성 운동이나 정적 운동보다 근력 강화에 우수하며, 객관적인 비교를 통해 등속성 운동이 모든 관절 각도에서 최대 부하를 가하면서도 안전하게 사용될 수 있는 효과적인 운동 방법이다.

이 연구의 목적은 무릎 관절에서 등속성 하지 근력

재활 훈련 장비(HExo-KR30A, Humancare Co, Korea)를 사용하여 60세 이상 성인을 대상으로 4주간 주3회씩 등속성 운동을 통해 신체 기능의 개선 정도를 확인하는데 있다.

연구방법

연구 대상자

본 연구의 대상자는 신장이 150 cm 이상 190 cm 이하의 건강한 60세 이상 성인 20명으로 선정했다. 엉덩관절이나 무릎관절에 수술 경험이 있거나 최근 10년 이내 골절 경험이 있는 자, 임산부, 심장질환이 있는 자, 골다공증 질환으로 진단받은 자, 약물로 조절되지 않는 고혈압 질환을 가지고 있는 자, 담당의사로부터 운동을 제한해야 한다는 소견을 받은 자는 제외하였다. 본 연구의 모든 절차와 방법은 건양대학교 생명윤리위원회의 승인(KYU-2022-10-020-001)의 받은 후 실시하였다.

통계적 평가 방법인 G*power를 통해 연구에 필요한 대상자 수를 계산한 결과, 20명의 대상자(effect size $d = 25$; $\alpha = 0.05$; $\text{power} = 0.95$)가 적절한 수로 판단하였다.

실험 절차

연구 대상자는 무작위로 두 집단으로 분류하였다. 실험군은 등속성근력훈련장비를 이용하여 운동을 실시하였고, 대조군은 운동 중재를 실시하지 않았다.

실험군은 등속성근력훈련장비를 이용하여 4주간 주 3회, 회당 40분씩 운동을 실시하였으며, 모든 참여자는



Figure 2. Isometric lower extremity strength rehabilitation equipment

총 12세션의 운동을 완료하였다. 운동프로그램은 5분간의 준비운동, 30분간 본 운동, 5분간 마무리운동을 실시하였다. 준비운동은 실내 사이클 또는 실내로잉기구를 이용하여 5분간 60 Watt 범위에서 편안한 속도로 실시하였다. 운동기구의 선택은 대상자가 매일 자유롭게 선택하도록 하였다.

등속성근력훈련장비를 이용한 본 운동은 무릎관절의 등속성운동을 각속도 60°/s와 각속도 90°/s에서 실시하였다. 1주차에서 3주차까지는 양쪽다리에서 60°/s 속도에서 6회 3세트, 90°/s 속도에서 10회 3세트씩 실시하였다. 4주차에서는 양쪽다리에서 60°/s 속도에서 8 회 3세트, 90°/s 속도에서 12회 3세트씩 실시하였다. 운동을 실시할 때 마다 구두로 독려하였다. 운동 시 대상자가 무호흡 상태에서 운동을 하지 않도록 운동 중에 구두로 숫자를 세어 호흡하도록 지시하였다. 허리가 과도하게 전만되지 않도록 하였고, 어깨에 힘을 빼도록 유도하였다. 이전 회차에서 운동시 기록된 peak torque값에 도달 또는 유지하도록 지시하였다.

실험 도구 및 장비

운동장비

본 연구에서 사용된 등속성근력훈련장비(HExo-KR30A, Humancare Co, Korea)는 등속성운동기기로 환자의 하지를 고정하기 위한 종아리 고정부가 있으며, 이들은 모터 모듈부와 연결되어 치료사가 컨트롤러를 조작하여 원하는 재활치료 및 운동을 수행한다. 환자의 다리는 고정패드를 이용하여 고정시키며, 상부 프레임은 하부 프

레이프와 결합되어 지지된다. 각도 조절은 1° 단위로 설정이 가능하며 근력측정범위는 최대 150 Nm이다. 등받이가 포함된 의자와 좌우로 이동이 가능한 힘센서와 프레임, 장비를 조작할 수 있는 터치 스크린이 포함된 모니터와 구동 드라이버, 비상 스위치 등으로 구성되어있다.

측정 도구

신체측정을 위해 다리둘레, 신체기능 그리고 악력을 사용했다. 다리둘레는 줄자를 이용하여 측정하였고, 무릎 중앙에서 10 cm 위에서의 둘레를 측정하였다. 신체기능은 하체 근력, 하체 유연성, 민첩성을 측정하였다. 하체 근력은 앉고 서기(Sit To Stand, STS)검사로 측정하였으며, 의자에 앉은 상태에서 팔을 가슴 앞에 양팔을 교차하여 올려놓은 후 일어서는 동작을 30초 동안 반복한 횟수를 측정하였다. 하체 유연성은 바닥에 앉아 양쪽 다리의 무릎을 편 상태에서 양손을 모아 손끝을 발끝으로 뻗었을 때의 거리를 측정하였다. 민첩성 검사는 일어서서 걷기 검사(Time Up and Go, TUG)로 측정하였으며, 의자에 앉은 자세에서 일어나 2.44 m의 거리에 있는 콘을 돌아와 다시 의자에 앉았을 때의 시간을 측정하였다. 선행연구에서 STS와 TUG를 사용했을 때 TUG는 높은 신뢰도(ICC=0.93~0.98)를 보였고 STS 또한 높은 신뢰도(ICC=0.90~0.97)를 보였다[13].

악력은 디지털근력계(CAMRY, China)를 사용하여 측정하였다. 대상자는 다리를 어깨너비로 벌려 바로 선 자세에서 우세측 손의 악력을 3회 측정 후 평균을 사용하였다.

균형검사는 Wii Balance Board(Nintendo, Kyoto,

Table 1. Characteristics of participants

	실험군(n=10)	대조군(n=10)	t(p)
gender(male/female)	5/5	5/5	-
age(year)	66.30±1.83	64.60±6.43	0.804(0.439)
height(cm)	160.69±8.24	159.46±7.78	0.343(0.735)
weight(kg)	65.79±10.90	58.77±7.57	1.673(0.114)

Japan)를 블루투스 노트북과 연결하고 Balancia 2.5(Mintosys Inc, KOR) 프로그램을 이용하여 대상자의 신체 무게중심이 측정되도록 하고, 30초간 눈을 뜬 상태로 서 있는 것과 30초간 눈을 감은 상태로 서 있도록 하였다. 총 2회 측정하여 평균값을 사용하였다. 데이터는 100 Hz로 기록되며, Low pass filter 4th를 사용하여 Smoothing한 뒤 계산된 신체무게중심의 이동거리와 이동속도를 사용하였다. 선행연구에서 WBB를 사용하여 Blancia 2.5 프로그램을 사용했을 때 동요거리(Path Length)와 동요속도(Sway Velocity)의 검사자내 신뢰도는 (ICC=0.92~0.70) 높은 신뢰도를 보였으며, 검사자간 신뢰도 또한 (ICC=0.89~0.79) 높은 신뢰도를 보였다[14].

우울정도를 평가하기 위해 한글판 우울증 선별도구 (Patient Health Questionnaire-9, PHQ-9)를 일부 수정하여 사용하였다. PHQ-9는 지난 4주간 얼마나 자주 다음과 같은 문제들로 곤란을 겪었는지를 묻는 방법을 사용하고 있으나, 본 연구에서는 편의상 지난 2주간 얼마나 자주 다음과 같은 문제들로 곤란을 겪었는지를 묻는 방법을 사용하였다. 총 9개 문항으로 구성되어 있으며, 총 27점 중 10점을 우울증상에 대한 절단점으로 설정한다.

무릎의 통증 개선 정도를 파악하기 위해 한글판 WOMAC지수(Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index)를 사용하였다. 본 연구에서는 무릎 통증환자를 대상으로 한 것은 아니지만 50세 이상에서 무릎통증은 흔히 나타날 수 있는 증상 중 하나로 판단하여 측정을 하였고, 무릎통증이 있는 경우 이에 대한 개선이 확인되는지를 파악하고자 하였다. WOMAC 한글판은 통증 5개 문항, 뻣뻣함 2개 문항, 신체적 기능 17개 문항으로 구성되며, 리커드 척도를 사용하여 불편하지 않다(0), 조금 불편하다(1), 보통이다(2), 많이 불편하다(3), 매우 많이 불편하다(4)로 응답하도록 하였다. 자료수집은 대상자들의 연령을 고려하여 면담을 통해 설문에 대해 설명하고, 대상자가 응답하도록 하여 평가자가 대상자의 응답을 설문지에 기입하였고, 평가 후 설문지를 회수하였다.

GROC 척도는 -7점에서 7점까지 15단계로 구성된 주관적 호전정도를 측정할 수 있는 평가도구이다. 사후 측정시점에서 4주 전보다 지금의 전반적인 호전정도에 대해 물었을 때 응답한 것을 기록하였다. 실험군 대상자 중에서 GROC 척도에 따라 5점 이상(n=5)과 5점 미만(n=5) 두 집단으로 분류하고 90°/s 굽힘과 90°/s 폼에서 등속성 최대 근력의 4주 전후 변화량을 비교하였다.

통계처리 방법

모든 데이터의 평균과 표준편차를 구하였다. 4주간 운동전후와 변화량은 독립표본 t검정을 실시하였다. GROC 척도는 5점을 기준으로 두 집단으로 분류하여 90도 굽힘과 90도 폼 근력의 평균을 사용하였다. WOMAC의 집단간 전후차이는 비모수검정(Wilcoxon 검정)을 실시하였고 WOMAC을 제외한 측정 변인들은 대응표본 t검정을 실시하였다. 통계분석은 SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL)을 사용하였다. 모든 통계학적 유의수준은 0.05 로 하였다.

결과

대상자의 일반적 특성

본 연구에는 총 20명(남10명, 여10명)의 대상자가 참여하였다. 평균연령은 67.45세였으며, 평균 몸무게와 평균 신장은 각각 62.28 kg, 160.07 cm 였다. 모든 대상자는 실험을 완료하였고 이상반응이나 중도탈락자, 중도포기자는 없었다.

측정 결과

실험군과 대조군 간 지표들을 비교해 봤을 때 허벅지 둘레, STS, TUG, 악력, 균형, PHQ-9, GROC 척도에서 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 허벅지 둘레와 STS 횡수, 악력은 실험군에서 사전에 비해 사후에서 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 균형에서는 눈을 뜬 상태에서의 압

Table 2. The Changes of Thigh Circumference between Pre-Post Test

	실험군(n=10)	대조군(n=10)	t(p)
왼쪽 둘레(cm)			
사전	36.08±3.25	37.36±3.72	-0.820(0.423)
사후	37.37±3.62	36.90±3.30	0.303(0.765)
변화량	1.29±1.19	-0.46±1.84	2.531(0.021)
t(p)	3.433(0.007)	-0.792(0.448)	
오른쪽 둘레(cm)			
사전	35.74±3.33	37.07±3.34	-0.892(0.384)
사후	37.65±4.19	36.56±3.24	0.652(0.523)
변화량	1.91±1.27	-0.51±0.77	5.168(<0.001)
t(p)	4.770(0.001)	-2.100(0.065)	

Table 3. The Changes of Function between Pre-Post Test

	실험군 (n=10)	대조군 (n=10)	t(p)
STS(회)			
사전	15.80±6.53	18.20±7.36	-0.771(0.450)
사후	22.80±7.76	16.90±3.41	2.201(0.041)
변화량	7.00±2.05	-1.30±5.01	4.845(<0.001)
t(p)	10.773(<0.001)	-0.820(0.433)	
Flexibility(cm)			
사전	10.54±10.06	14.45±5.39	-1.083(0.293)
사후	15.21±9.59	13.33±5.65	0.534(0.600)
변화량	4.69±3.90	-1.12±1.70	4.305(0.001)
t(p)	3.790(0.004)	-2.078(0.068)	
TUG(초)			
사전	7.23±1.71	6.57±1.99	0.794(0.437)
사후	5.76±1.39	6.84±1.61	-1.602(0.127)
변화량	-1.47±0.86	0.27±1.09	-3.948(0.001)
t(p)	-5.403(<0.001)	0.770(0.461)	

STS: sit to stand, TUG: timed up and go

력중심점 이동거리와 이동속도가 유의하게 감소하였으며, PHQ-9 점수 또한 실험군이 대조군에 비해 유의하게 감소하였다. 유연성은 집단 간 유의한 차이가 없었고 WOMAC에서는 차이는 있었지만 유의하지 않았다.

집단 내 지표들의 변화량 평균을 비교해 보면 허벅지 둘레와 TUG, 유연성에서 실험군은 유의하게 증가하였지만($p<0.05$), 대조군은 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2). STS에서 실험군에서 유의한 증가가 있었으며($p<0.05$) 대조군에서 횡수는 감소했지만 유의함을 보이지 않았다(Table 3).

악력에서는 집단 내에서 사전에 비해 사후에 실험군은 1.54 ± 1.74 kg 정도 유의하게 증가하였고($p<0.05$), 대조군은 -2.6 ± 1.70 kg 유의하게 감소하였다($p<0.05$)(Table 4).

균형검사에서는 눈 뜬 상태에서 압력중심점 이동거리와 이동속도, 눈 감은 상태에서 압력중심점의 이동거리와 이동속도에서 모두 유의한 감소를 보였다($p<0.05$). 대조군에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 5).

PHQ-9에서 실험군은 사전에 비해 사후에서 우울점수가 유의하게 감소한 반면($p<0.05$), 대조군은 사전에 비해 사후에서 우울점수가 유의하게 증가하였다($p<0.05$)(Table 6).

Table 4. The Changes of Grip Strength between Pre-Post Test

	실험군(n=10)	대조군(n=10)	t(p)
악력(kg)			
사전	29.44±8.69	33.03±9.56	-0.879(0.391)
사후	30.98±9.00	30.43±8.36	0.142(0.889)
변화량	1.54±1.74	-2.60±1.70	5.390(<0.001)
t(p)	2.800(0.021)	-4.849(0.001)	

Table 5. The Changes of Balance between Pre-Post Test

	실험군 (n=10)	대조군 (n=10)	t(p)
EO COP _{length} (cm)			
사전	78.92±12.77	76.83±13.52	0.356(0.726)
사후	70.84±11.44	75.84±12.86	-0.918(0.371)
변화량	-8.08±4.03	-0.99±2.26	4.851(<0.001)
t(p)	-6.334(<0.001)	-1.381(0.201)	
EO COP _{vel} (cm/s)			
사전	2.63±0.43	2.56±0.45	0.357(0.726)
사후	2.36±0.38	2.53±0.43	-0.918(0.371)
변화량	-0.27±0.13	-0.03±0.08	4.849(<0.001)
t(p)	-6.332(<0.001)	-1.379(0.201)	
EC COP _{length} (cm)			
사전	84.50±14.97	87.59±29.83	-0.293(0.773)
사후	75.73±13.97	84.44±18.95	-1.170(0.257)
변화량	-8.77±5.30	-3.15±15.59	1.078(0.295)
t(p)	-5.227(0.001)	-0.639(0.539)	
EC COP _{vel} (cm/s)			
사전	2.82±0.50	2.92±0.99	-0.293(0.773)
사후	2.52±0.47	2.81±0.63	-1.171(0.257)
변화량	-0.29±0.18	-0.11±0.52	1.077(0.296)
t(p)	-5.221(0.001)	-0.638(0.540)	

EO: eye open, EC: eye close, COP: center of pressure

실험군에서 90°/s 펄 시 최대등속성근력의 변화량에서 GROC 척도 5점 이상인 집단이 GROC 척도 5점 미만인 집단에 비해 유의한 증가를 관찰할 수 있었다 ($p<0.05$)(Table 7).

고찰

본 연구는 만 60세 이상 건강한 성인 20명을 대상으로 무작위로 두 집단으로 분류하고 실험군에는 등속성 근력훈련장비(HExo-KR30A)를 사용하여 4주간, 주 3회,

회당 30분씩 운동중재를 실시하고 대조군은 운동중재를 실시하지 않았다. 측정변인으로는 체성분검사, 신체기능(STS, Flexibility, TUG,) 악력, 균형, 다리둘레, 한글판 우울증 선별도구(PHQ-9), 한글판 WOMAC 지수를 측정하였다. 실험군에서는 다리의 주관적인 호전정도를 GROC 척도를 이용하여 질문하고 기록하였다. 그 결과 실험군에서 대조군에 비해 다리근육량 변화량(58±87 kg), STS(7.00±2.05초), 유연성(4.69±3.90 cm), 오른손 악력(1.54±1.74 kg), 허벅지둘레(왼쪽 1.29±1.19 cm, 오른

Table 6. The Changes of PHQ-9 and WOMAC Score between Pre-Post Test

	실험군(n=10)	대조군(n=10)	t, z(p)
PHQ-9(점)			
사전	2.80±2.78	0.90±1.45	1.916(0.077)
사후	1.30±2.54	2.00±2.54	-0.616(0.545)
변화량	-1.50±1.51	1.10±1.29	4.146(0.001)
t(p)	-3.143(0.012)	2.03(0.024)	
WOMAC(점)			
사전	10.30±13.27	6.50±12.74	-0.877(0.381)
사후	4.40±8.09	5.20±8.61	-0.455(0.649)
변화량	-5.90±6.49	-1.30±8.41	-1.749(0.080)
Z(p)	-2.875(0.018)	-0.489(0.637)	

Table 7. The Changes of GROC Score between Pre-Post Test

	GROC≥5(n=5)	GROC≤4(n=5)	t(p)
90°flex 변화량(Nm)	38.88±12.51	33.90±4.55	0.838(0.426)
90°ext 변화량(Nm)	77.97±13.42	47.48±8.54	4.276(0.003)

쪽 1.91±1.27 cm)의 유의한 증가와 TUG(-1.47±0.86초), 균형(눈 뜨고 선 상태 -8.08±4.03 cm/s, 눈 감고 선 상태 -0.27±0.13 cm/s), 우울정도(-1.50±1.51점)의 유의한 감소를 확인할 수 있었다. 실험군에서 1주차에서 최대등속성근력과 4주차에서 최대등속성근력을 비교하였을 때 굽힘 90°/s에서는 19.62±7.03 Nm가 유의하게 증가하였고, 펴기 90°/s에서는 19.60±14.65 Nm가 유의하게 증가하였다.

선행연구에서 20~30대 남성 36명을 대상으로 단백질 섭취와 등속성근력운동이 근육량과 기능에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 하루 60분, 주 6일 진행하였고 1~2주차에는 1회 최대반복(1 Repetition Maximum, 1RM)의 60%로, 3~4주에는 1RM의 70%로 실시한 결과 단백질 섭취 그룹에서 근육량이 32.14±2.17 kg에서 32.48±2.43 kg로 유의한 증가를 보였으며(p<0.05), 우세측 무릎 굽힘, 비 우세측 무릎 굽힘, 어깨 펴기, 비 우세측 어깨 펴기의 최대 등속성 근력이 유의하게 증가하였다[16]. 다른 연구에서는 무릎관절염 환자를 대상으로 주 3회 8주간 등속성 근력강화운동을 실시하였다. 1RM 60%강도에서 시작하여 1~5회는 5세트로 진행하였고, 6회~24회는 6세트로 진행하였다. 그 결과 각속도 60도와 각속도 180도에서의 최대근력이 대조군에 비해 유의하게 증가하였다[17]. 선행연구에서는 등속성 훈련을 할 때 강도에 조금씩 변화를 주어 실시한다. 이는 대상자들이 운동강도에 적응하여 좀 더 효율적인 효과를 관찰하기 위해 운동강도를 점진적으로 높이기 위함으로 사료된다.

이에 본 연구에서 1~3주차에서는 각속도 60°에서는 6회, 각속도 90°에서는 10회를 반복하도록 하였고, 4주차에서는 세트는 증가시키지 않고, 세트에서 횟수를 8회와 12회로 증가시켜 수행하였다.

무릎관절염 환자 17명을 대상으로 8주간 수중운동을 포함한 등속성근력운동을 하였을 때 최대등속성근력은 양쪽다리 모두에서 126.97 Nm(왼쪽), 137.12 Nm(오른쪽)에서 148.36 Nm(왼쪽), 151.71 Nm(오른쪽)로 유의하게 증가하였다[18]. 50~80세 무릎관절염 환자 113명을 대상으로 8주간 등속성근력운동을 하였을 때, 90°/s 일 때 23.68 Nm/kg에서 28.35Nm/kg, 120°/s 일 때 22.00 Nm/kg에서 25.53 Nm/kg으로 Peak Torque가 유의하게 감소하였다(p<0.05)[19]. 무릎관절염 환자 중 33명을 대상으로 8주간 등속성근력운동을 실시하였을 때 peak torque(60°/s, 180°/s)에서 유의한 증가를 확인하였다[20].

본 연구에서는 오른손 악력의 유의한 향상이 있었는데, 준비운동과 마무리 운동에서 실내로잉운동기구를 이용하였다. 실내로잉운동은 선행연구에서 악력의 유의한 향상에 영향을 주는 것으로 나타났으며[21], 본 연구에서도 악력의 향상에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

등속성근력운동장비를 이용하여 건강한 성인 32명을 대상으로 2주간 엉덩관절운동을 실시한 결과 균형점수에서 사전(0.50±0.08)에 비해 사후(0.29±0.02)에 유의한 향상이 있었고[22], 15명의 건강한 성인을 대상으로 발목관절의 등속성근력운동을 실시한 결과 0.76±0.39°에

서 $0.57 \pm 0.25^\circ$ 로 균형능력의 유의한 향상이 있었다[23]. 본 연구에서는 무릎관절의 등속성운동을 실시하였고, 눈을 뜨고 두 발로 선 상태와 눈 감고 두 발로 선 상태에서 30초간 균형능력을 측정하였을 때, 실험군은 대조군보다 눈 뜬 상태에서 신체압력중심점(COP)의 이동거리와 속도에서 유의한 감소를 보였다.

우울증 환자들을 대상으로 저항운동을 진행한 집단과 운동을 하지 않은 집단을 비교했을 때 우울증 관련 측정값이 유의하게 감소하였다. 벡 우울증 지수(Beck Depression Inventory)에서 운동 집단에서 운동 전 21.3 ± 1.8 점에서 9.8 ± 2.4 점으로 유의하게 감소하였다[24]. 또한 10주간 우울증 환자들에게 체중부하 운동을 진행했을 때 사전측정 보다 해밀턴 우울증 평가 척도(Hamilton Rating Scale for Depression)에서 30% 낮은 점수를 보였다[25]. 이런 선행연구들로 신체활동이 우울증을 감소시키는 데에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

PHQ-9점수에서 20~27점은 심한 우울증, 10~19점은 중간정도 우울증, 5~9점은 가벼운 우울증, 0~4점은 우울증이 아닌 것으로 판단한다. 본 연구에서 우울증 측정 결과 참여한 대상자의 평균은 실험군이 2.80점, 대조군이 0.90점으로 매우 낮은 수준이며 우울증을 우려할 만한 대상자는 아니었다. 본 연구에서 실험군은 운동 후 유의하게 PHQ-9점수의 유의한 감소가 있었고, 대조군과도 차이를 보였다. 연구에 참여하기 전 규칙적인 운동에 참여하고 있지 않았으며, 본 연구를 통해 4주간 규칙적인 운동에 참여하였고, 등속성근력운동을 이용한 운동뿐만 아니라 규칙적인 운동프로그램을 통해 우울증에 어느정도 영향을 주었을 것으로 판단된다.

본 연구에서 무릎통증은 WOMAC 평가도구를 이용하여 측정하였다. 대상자의 선정기준에서 무릎통증이 있는 사람을 별도로 통제하지는 않았다. 실험군에서 WOMAC 총점은 10.30점으로 비교적 낮은 수준에 해당하지만 4주간의 등속성운동을 실시하고 난 뒤 유의한 감소가 있었다. 등속성근력운동은 무릎관절염환자에게 약 12주간 운동을 실시하였을 때 50.22점에서 42.11점으로 유의하게 감소하였고[17], 8주간 실시하였을 때 11.53점에서 5.5점으로 유의하게 감소되었다[26]. 본 연구에서도 실험군의 무릎통증은 평균 2.60점에서 0.90점으로 신체적기능은 평균 6.50점에서 2.90점으로 사전에 비해 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

본 연구에서는 모든 대상자에게 사전에 비해 현재의 전반적인 건강호전 정도에 대해 GROC 척도를 사용하여 응답하도록 하였다. 실험군은 평균 4.90점 정도로 호전이 있었다고 하였고, 대조군은 0.60점으로 사전과 비

교적 차이가 없다고 응답하였다. 실험군에서 GROC 점수의 응답정도에 따라 하위그룹으로 두 집단으로 분류하였을 때, 5점 이상인 대상자와 4점 이하인 대상자로 구분하였고, 최대등속성근력의 변화량을 비교하였을 때 집단간 유의한 차이가 있었음을 확인하였다.

연구를 수행하는 동안 몇 가지 시스템의 개선이 필요한 부분이 확인되었다. 터치에 반응하는 시스템의 반응 시간이 비교적 느리고, 프로그램의 구성이 이해하기 쉽게 구현되어있지 않아 적용된 프로그램과 기기 작동 시스템에 익숙한 치료사 등 전문가의 도움이 필요하다. 향후에는 노인이 직접 조작하기에도 익숙한 UI 등을 사용하여 사용자가 쉽게 조작할 수 있도록 구현될 필요가 있다고 판단된다. 또한 대상자가 실험군 10명, 대조군 10명으로 적은 수 대상자가 참여하여 연구의 결과를 일반화하기 어렵다. 4주간의 단기간동안 평소 규칙적인 운동을 실시하지는 않은 중년 이상의 성인을 대상으로 하였기 때문에 장기적인 운동의 효과를 확인하지는 못하였다.

결론

본 연구는 60세 이상의 건강한 성인 20명을 대상으로 무릎근력강화를 위한 등속성근력훈련장비(HExo-KR30A)의 효용성을 확인하기 위해 실시하였다. 실험군과 대조군으로 각 10명씩 무작위분류하고, 실험군은 일 30분씩, 주 3회, 총 4주간 실시하였다. 모든 대상자는 탈락없이 연구를 종료하였다.

등속성근력훈련 후 대상자들은 다리근육량, STS, 유연성, 오른손 악력, 허벅지 둘레에서 유의한 증가를 보였고 TUG, 균형, 우울 정도의 유의한 감소를 확인할 수 있었다. 실험군에서 1주차와 4주차의 최대등속성근력을 비교했을 때 flexion 90°/s와 extension 90°/s에서 유의하게 증가했다. 비교적 4주간의 짧은 기간에도 불구하고 등속성근력훈련장비는 신체기능과 균형, 근력향상에 유의하게 영향을 주는 것으로 판단된다.

References

1. YeongHo, Jong. The life expectancy and health-adjusted life expectancy of Koreans. Research@KIHASA, 2012 Nov;193:5-18
2. Mirja Hirevensalo, Taru Lintunen. Life-course Perspective for Physical Activity and Sports Participation. Eur Rev Aging Phys Act. 2011

- Jan;(8):13-22
3. Mi-Ok Kim, Youn-Sik Kim, Sung-Wook Chun, Sang-Keun Shin. Effects of low intensity dance sports exercise for 16 weeks on senior fitness test and fullerton advanced balance in elderly man. *Korean J Growth Dev.* 2019;27(4): 321-327
 4. Hyun Kwak, SangBeom Kim. Aging and Sarcopenia. *J Korean Geriatr Soc.* 2007;11(2):55-59
 5. Arokoski MH, Arokoski JP, Haara M, Kankaanpää M, Vesterinen M, Niemitukia LH, Helminen HJ. Hip muscle strength and muscle cross sectional area in men with and without hip osteoarthritis. *J Rheumatol.* 2002 Oct;29(10):2185-95.
 6. Baker KR, Xu L, Zhang Y, Nevitt M, Niu J, Aliabadi P, Yu W, Felson D. Quadriceps weakness and its relationship to tibiofemoral and patellofemoral knee osteoarthritis in Chinese: the Beijing osteoarthritis study. *Arthritis Rheum.* 2004 Jun;50(6):1815-21.
 7. C Slemenda, KD Brandt, DK Heilman, S Mazzuca, EM Braunstein, BP Katz, FD Wolinsky. Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee. *Ann Intern Med.* 1997 Jul;127(2):97-104
 8. HJ Lee, CH Song, YW Lee, GC Lee, SW Lee, WS Shin. The Effects of complex exercise training for lower legs muscle strength, muscle endurance, balance ability and gait ability in the elderly. *Journal of Sport and Leisure Studies.* 2010 oct;(41):935-94
 9. Gaines JM, Talbot LA. Isokinetic strength testing in research and practice. *Biol Res Nurs.* 1999 Jul;1(1):57-64.
 10. Fisher NM, Pendergast DR, Gresham GE, Calkins E. Muscle rehabilitation: its effect on muscular and functional performance of patients with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 1991 May;72(6):367-74.
 11. Lin YH, Lee SY, Su WR, Kao CC, Tai TW, Chen TB. Effects of nurse-led lower extremity strength training on knee function recovery in patients who underwent total knee replacement. *J Clin Nurs.* 2018 May;27(9-10):1836-1845.
 12. Maltais ML, Desroches J, Dionne IJ. Changes in muscle mass and strength after menopause. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2009 Oct-Dec;9(4):186-97
 13. Ozcan Kahraman B, Ozsoy I, Akdeniz B, Ozpelit E, Sevinc C, Acar S, Savci S. Test-retest reliability and validity of the timed up and go test and 30-second sit to stand test in patients with pulmonary hypertension. *Int J Cardiol.* 2020 Apr 1;304:159-163.
 14. Park DS, Lee G. Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *J Neuroeng Rehabil.* 2014 Jun 10;11:99.
 15. Choi HS, Choi JH, et al. Standardization of the Korean version of patient health questionnaire-9 as a screening instrument for major depression disorder. *Korean J Fam Med.* 2007;28:114-119
 16. Kim CB, Park JH, Park HS, Kim HJ, Park JJ. Effects of whey protein supplement on 4-week resistance exercise-induced improvements in muscle mass and isokinetic muscular function under dietary control. *Nutrients.* 2023 Feb 16;15(4):1003
 17. Huang MH, Lin YS, Lee CL, Yang RC. Use of ultrasound to increase effectiveness of isokinetic exercise for knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005 Aug;86(8):1545-51.
 18. Ha GC, Yoon JR, Yoo CG, Kang SJ, Ko KJ. Effects of 12-week aquatic exercise on cardiorespiratory fitness, knee isokinetic function, and Western Ontario and McMaster University osteoarthritis index in patients with knee osteoarthritis women. *J Exerc Rehabil.* 2018 Oct 31;14(5):870-876
 19. Maurer, Brian T., et al. Osteoarthritis of the knee: isokinetic quadriceps exercise versus an educational intervention. *Arch Phys Med Rehabil.* 80.10 (1999): 1293-1299.
 20. Huang MH, Lin YS, Yang RC, Lee CL. A comparison of various therapeutic exercises on the functional status of patients with knee osteoarthritis. *Semin Arthritis Rheum.* 2003 Jun;32(6):398-406.
 21. Penichet-Tomás A, Pueo B, Jiménez-Olmedo JM. Physical performance indicators in traditional rowing championships. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019 May;59(5):767-773.
 22. Kim K, Cha YJ, Fell DW. The effect of contralateral training: Influence of unilateral isokinetic exercise on one-legged standing balance of the contralateral lower extremity in adults. *Gait Posture.* 2011 May;34(1):103-6.
 23. Son SM, Kang KW, Lee NK, Nam SH, Kwon JW, Kim K. Influence of isokinetic strength training of unilateral ankle on ipsilateral one-legged standing balance of adults. *J Phys Ther Sci.* 2013 Oct;25(10):1313-5.

24. Singh NA, Clements KM, Fiatarone MA. A randomized controlled trial of progressive resistance training in depressed elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1997 Jan;52(1):M27-35.
25. Mather AS, Rodriguez C, Guthrie MF, McHarg AM, Reid IC, McMurdo ME. Effects of exercise on depressive symptoms in older adults with poorly responsive depressive disorder: randomised controlled trial. *Br J Psychiatry.* 2002 May;180:411-5.
26. Rosa UH, Velásquez Tlapanco J, Lara Maya C, Villarreal Ríos E, Martínez González L, Vargas Daza ER, Galicia Rodríguez L.. Comparison of the effectiveness of isokinetic vs isometric therapeutic exercise in patients with osteoarthritis of knee. *Reumatol Clin.* 2012 Jan-Feb;8(1):10-4.