

Knee Joint Isokinetic Rehabilitation Exercise Equipment Usability Evaluation

Byoung-Kwon Lee^a, Seung-Hwa Jung^a, Hye-Ri Shin^b, Dong-Wook Han^c,
Chang-Young Kim^d, Jong-Min Woo^e and Dae-Sung Park^{a*}

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

^bAgeTech-Service Convergence Major, Department of Gerontology, Graduate School of East-West Medicine Science, Kyunghee University, Yongin-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea

^cDepartment of Physical Therapy, Silla University, Busan, Republic of Korea

^dDepartment of Pharmaceutical and Bio-Pharmaceutical Industry, Korea Health Industry Development Institute

^eHealthcare & Spa industry Promotion Agency, Asan-si, Chungcheongnam-do, Republic of Korea

Objective: In this study, the test-retest reliability and validity were presented to evaluate the usability of isokinetic rehabilitation equipment for the knee joint.

Design: Cross-sectional design, reliability & validity study.

Methods: Thirty healthy adults participated in the study. A CSMI dynamometer was used as a standardized measuring device to present the validity of the equipment. It was measured based on the dominant leg. The average peak torque value was selected as the measurement variable. After the measurement, a questionnaire was conducted on safety, satisfaction, and performance through the usability evaluation questionnaire.

Results: The knee joint isokinetic rehabilitation equipment showed high reliability with Intraclass Correlations Coefficients (ICC) = 0.883~0.956. In order to check the validity of the equipment, the 95% confidence interval of the mean difference limit was confirmed by the Bland & Altman plot. As a result, all three angular velocities showed a smaller confidence interval in the flexion than in extension. There were less than 10 plots that were not included in 2 Standard Deviation (SD) between all measurements. As a result of the usability evaluation questionnaire, the average of the safety domain(4.9±0.4), satisfaction domain(4.1±0.8), performance domain(4.3±0.8).

Conclusions: If the product is improved by supplementing the items identified in the usability evaluation process, it is judged that it can be used as a useful device in various knee joint rehabilitation fields.

Key Words: Knee joint, Rehabilitation, Validation study

서론

일반적으로, 무릎 관절의 수술 이후에는 무릎 관절의 재활 운동을 통해서 관절에 대한 재활 치료를 시작한다. 대표적인 재활의 목적으로는 ‘근력 강화’와 ‘관절가동범위 회복’에 있다. 예로 들면, 퇴행성 관절염 재활 대상자는 통증으로 인해 수술 전부터 무릎 부위의 근력이 약화되어 있는 경우가 많고, 수술 후에는 통증과 붓기로

인해 무릎 근력은 더욱 약화되고 있다[1]. 따라서, 무릎 관절의 수술 이후에는, 재활 치료를 통해 수술 전보다 무릎 근육을 강화하면서 통증을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 무릎 관절의 움직임과 근력을 보다 빠르게 회복하는 것이 바람직하다. 이와 같은 재활 치료를 통해 하지 순환이 촉진됨에 따라 주요 후유증 중 하나인 혈전도 예방 가능하다[2].

흔히 행해지는 재활운동 치료로는 관절의 가동 범위

Received: Nov 15, 2022 Revised: Dec 6, 2022 Accepted: Dec 12, 2022

Corresponding author: Dae-Sung Park (ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4258-0878>)

Department of Physical Therapy, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea

Tel: E-mail: daeric@naver.com

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 © 2022 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

를 증가시키는 관절가동 범위 향상 훈련, 탄력 고무밴드 또는 슬링 등의 무릎관절 운동기구를 활용한 근력 강화 훈련, 걷기 훈련, 균형 훈련 등이 있다[3-5]. 근력운동의 종류 중 하나인 등속성 운동은 일정한 운동 속도에서 근수축을 하는 운동을 말하며, 운동부위의 속도 변화를 인공적 또는 전기적으로 제어함으로 일정한 속도에서 운동을 행하도록 하는 것을 의미한다. 등속성 운동은 등장성 운동이나 등척성 운동보다 근력 강화 효과가 뛰어나고, 모든 관절각도에서 최고의 부하를 주면서 근육의 불균형 없이 안전하게 이용할 수 있는 효과적인 운동 방법으로 알려졌다[6,7]. 이러한 등속성 운동은 운동 수행의 일정한 속도와 수행 능력의 정확한 측정이 필요하므로 일반적으로 등속성 운동 장비를 사용하며 장비의 이용을 극대화하기 위한 연구들이 이루어지고 있다[8,9].

통상적으로, 재활 대상자는 무릎 재활훈련기구를 이용하여 재활 운동을 수행하는 것이 일반적이면서 더 효과적이다. 그런데, 기존의 무릎 재활훈련기구는 다양한 관절 운동을 수행할 수 있지만, 장비가 크고 복잡하며 무겁고 고가라는 단점이 있다. 뿐만 아니라, 기존의 무릎 재활훈련기구는 운동선수 등과 같이 육체적으로 건강한 사람들을 재활 대상으로 상정하고 설계하기 때문에 수술 환자나 노약자 및 어린이 등이 사용하기에 부적합한 경우가 많다[10]. 따라서, 최근에는 전체 구조가 간단하고 제작 비용이 저렴하며 수술 환자와 노약자 및 어린이 등의 사용자 편의성도 갖고 있는 무릎 재활훈련기구가 연구 개발되고 있다.

이에 본 연구에서는 새로 개발된 무릎 관절 등속성 재활훈련 장비의 사용성을 평가하기 위해 검사-재검사 신뢰도(Test-retest reliability)를 분석하고, 기존의 표준화된 측정장비(Gold standard)와의 비교를 통해 타당도(Validity)를 제시하고자 실시되었다.

연구방법

연구대상자

본 연구는 건양대학교 대전메디컬캠퍼스 보건학관 8층 계시판에 모집공고를 부착하여 대상자 모집을 실시하였다. 대상자는 최근 6개월간 하지에 정형외과적 부상 및 신경계 손상이 없는 20~30대 건강한 성인을 대상으로 하였다. 이전에 다리 부위에 골절이 있었던 자, 임신부, 무릎 능동 가동운동 시 무릎 부위에 통증을 느끼는 자는 연구에서 제외되었다.

연구절차

본 연구는 무릎 관절 등속성 재활훈련 장비(HExo-KR30A, Hexar Humancare Co, Korea)의 성능평가를 위한 신뢰도 및 타당도를 알아보기 위해 단면 조사연구(Cross-sectional study) 설계로 이루어졌으며, 선정 및 제외기준에 부합하는 건강한 성인 30명이 연구에 참여하였다. 장비의 타당도를 제시하기 위한 표준화된 측정장비(Gold standard)로 CSMI dynamometer(Human Norm Isokinetic Testing and Rehabilitation System, Computer Sport Medicine Inc, USA)를 이용하였다. 두 장비의 측정 순서는 제비뽑기를 통해 무작위로 결정하였으며, 우세측 다리를 기준으로 측정하였다. 측정 변수로는 두 장비에서 공통적으로 추출되는 평균 최대 토크(Average peak torque)값을 선정하였다. 측정이 끝난 뒤에는 사용성평가 설문지를 통해 안전성, 만족도, 수행성에 대한 설문을 실시하였다. 실험 전 모든 대상자는 본 연구의 내용을 충분히 이해하고 연구 동의서를 작성하였고, K대학 기관생명윤리위원회의 심의(IRB:KYU-2021-09-020-001)를 받고 실시하였다.

무릎관절 등속성 재활훈련 장비(HExo-KR30A)

본 연구에서 사용된 무릎 관절 등속성 재활훈련 장비(HExo-KR30A, Hexar Humancare Co, Korea)는 무릎 관절과 관련한 관절 운동의 회복, 근력측정 및 근육의 재건 등에 사용하고 개발되었다(Figure 1). 모터와 기어가 결합된 구동모듈이 포함된 전동식 기구로써 지속적수동운동(Continuous passive motion, CPM) 기능과 능동운동기능이 있다. 환자의 하지를 고정하기 위한 중앙리 고정부가 있으며, 이 부위가 모터 모듈부와 연결되어 치료사가 조작하여 원하는 재활치료 및 운동을 수행할 수 있다. 환자의 다리는 고정패드를 이용하여 고정시키며, 상부프레임은 하부프레임과 결합되어 지지된다. 장비의 규격은 1360mm(W)×1050mm(D)×1260mm(H), 무게는 75kg이다. 운동모드는 CPM, 등속성 운동(Isokinetic exercise), 등장성 운동(Isotonic exercise), 등척성 운동(Isometric exercise)로 구성된다. 이 장비는 운동신경질환, 근육병증, 근감소증, 무릎 뻣뻣함, 무릎관절 치환술, 인대 재건술, 관절 강성 예방, 연골 및 손상된 인대 치유 촉진, 수술 후 조정/감각 인식 향상, 관절 왜곡 및 타박상, 골절 가관절증 및 절골술의 수술적 치료에 적용할 수 있다. 본 연구의 표준화된 측정장비(Gold standard)인 CSMI dynamometer와의 차이점으로는 첫째, CSMI dynamometer의 경우 회전축에서 토크값을 얻지만 무릎관절 등속성 재활훈련 장비(HExo-KR30A)의 경우 발목 부분에 압력센서가 위치하여 부하되는 하



Figure 1. HExo-KR30A

중을 측정한다. 둘째, CSMI dynamometer의 경우 고정축이 회전축의 중심을 지나가는 반면 무릎관절 등속성 재활훈련 장비(HExo-KR30A)의 경우 고정축이 회전축에서 떨어져있다. 셋째, CSMI dynamometer의 경우 측정하지 않는 반대측 다리의 고정 지지대를 제공하나 무릎관절 등속성 재활훈련 장비(HExo-KR30A)의 경우 제공하지 않는다.

무릎관절등속성 재활훈련 장비 사용성 평가 설문

무릎관절등속성 재활훈련 장비 사용성 평가는 안정성, 만족도, 수행성 총 3개 영역으로 구분 설문을 실시하였고, 안정성 3개 문항, 만족도 7개 문항, 수행성 3개 문항에 대해서 장비 사용 후 참여한 대상자가 자기 기입식으로 작성하였다. 본 설문지는 선행연구의 사용성 평가 설문 방법을 참고하였으며[11], 설문지 세부 문항은 자체 개발한 평가도구이다(Table 1).

측정 및 평가방법

두 장비에서 동일하게 무릎의 펌과 굽힘 가동범위는 5°~90°로 설정하였고, 측정 속도는 각속도 120°/s, 90°/s, 60°/s에서 측정하였다. 보상작용을 방지하기 위해 각각의 의자에 부착된 스트랩을 이용하여 양쪽 어깨와 체간을 X자로 교차해 고정하였다. 손은 의자 양측에 부착된 손잡이를 잡고 실시하였다. 연구 대상자들은 측정하기 전 최대의 힘을 발휘할 수 있도록 5분간 싸이클을 50Watt로 준비운동을 실시하였고, 5분 이상의 휴식시간을 가진 뒤에 측정을 시작하였다. 측정 시에는 옆에서

구령을 넣으며 최대근력을 발휘하도록 독려하였다. 무릎근력 측정의 신뢰도와 타당도를 알아보기 위해 각속도별로 굽힘과 펌 근육 모두 측정하였으며, 동작 10회를 1세트, 총 3세트씩 측정하였다. 세트별로 각 장비에서 측정된 평균 최대 토크(Average peak torque)값 중 가장 높은 값을 기록하였다. 각 세트 사이에는 5분간 휴식을 취할 수 있도록 하였다. 장비간의 측정 사이에는 10분간 휴식을 할 수 있도록 하였다. 측정이 끝난 뒤에는 사용성 평가 설문지를 통해 안전성, 만족도, 수행성에 대한 설문을 실시하였다.

통계방법

두 장비에서 측정된 평균 최대 토크 값(Average peak torque)의 평균과 표준편차를 구하였고, 데이터의 평균 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다. 두 장비의 검사-재검사 신뢰도(Test-retest reliability)를 확인을 하기 위해 Intraclass Correlations Coefficients (ICC) 분석을 하였다[12]. 신뢰수준은 ICCs ≤ 0.25 매우 부족, 0.26~0.49 적음, 0.50~0.69 중간, 0.70~0.89 높음, 그리고 0.90~1.00 매우 높음으로 설정하였다. 장비의 타당도를 제시하기 위해 Bland and Altman plot을 사용하여 두 장비 측정값의 차이를 파악하고 일치도를 평가하였으며 오차구간의 최대값과 최소값을 구하기 위하여 평균+1.96×표준편차, 평균-1.96×표준편차 값을 계산하였다. Bland and Altman plot에서 보이는 95% 신뢰구간 밖의 점들의 수를 통해 일치도를 평가한다[13]. 통계분석은 SPSS 통계 프로그램(Version 22.0, SPSS

Table 1. Usability evaluation questionnaire

구분	영역	(번호) 항목	세부 문항	⑤ 매우 그렇다 ④ 그렇다 ③ 보통이다 ② 아니다 ① 매우 아니다	
사용자 기반 평가	안전성	(1) 안전성	측정(운동)중이나 측정(운동)후에 관절에 통증이 없었다.	⑤ ④ ③ ② ①	
		(2) 접촉유해성	측정(운동)중 구조물에 신체 접촉부위가 다치지 않고 안전하게 작동되었다.	⑤ ④ ③ ② ①	
		(3) 측정속도	측정(운동)중 기구의 속도는 안전하게 작동되었다.	⑤ ④ ③ ② ①	
	만족도	신체적 합성 (편안함)	(4) 손잡이	측정(운동)중 손잡이의 위치가 잡기에 불편하거나 어려움이 없었다.	⑤ ④ ③ ② ①
			(5) 골반 및 허리	측정(운동)중 골반과 허리에 불편함이나 무리가 없었다.	⑤ ④ ③ ② ①
			(6) 몸통	측정(운동)중 벨트에 의해 몸통이 잘 고정되었다.	⑤ ④ ③ ② ①
			(7) 허벅지	측정(운동)중 허벅지 고정부위에 불편함이나 무리가 없었다.	⑤ ④ ③ ② ①
			(8) 발목	측정(운동)중 발목 고정부위에 불편함이나 무리가 없었다.	⑤ ④ ③ ② ①
	수행성		(9) 소음	측정(운동)중 소음으로 인해 불편함이 없었다.	⑤ ④ ③ ② ①
			(10) 디자인	전체적으로 제품 색상과 디자인이 만족스럽다.	⑤ ④ ③ ② ①
			(11) 정지안정성	장비에 앉거나 착용하거나 벗어날 때 어떠한 위험도 없었다.	⑤ ④ ③ ② ①
			(12) 자세유지성	측정(운동)중 다리의 위치가 잘 유지되었다.	⑤ ④ ③ ② ①
			(13) 운동수행성	측정(운동)중 무릎의 움직이는 범위와 저항이 적절하였다.	⑤ ④ ③ ② ①

Inc., Chicago, IL)과 Medcalc 통계 프로그램(Version 16.8.4, MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium)을 이용하였으며 통계적 유의수준은 0.05로 하였다.

연구결과

본 연구는 남성 15명, 여성 15명으로 총 30명의 대상자가 참여하였다. 일반적 특성에서 평균연령은 21.77세, 신장 168.76±8.88cm, 몸무게 64.37±13.38kg, 종아리 길이 311.83±34.75mm, 오른쪽 우세다리 28명, 왼쪽 우세다리 2명이였다. 모든 대상자는 실험을 완료하였고, 이상반응이나 중도 탈락자 및 중도 포기자는 없었다.

데이터 저장 과정에서 초기 10명의 CSMI dynamometer 데이터가 누락되어 1세트는 30명, 2세트와 3세트는 20명의 데이터가 기록되었다. 이로 인해 두 장비에서 측정된 평균 최대 토크(Average peak torque) 값 평균차이를 비교하는데 제한점이 있어 모든 대상자의 데이터가 기록된 1세트의 평균과 표준편차를 두고 독립표본 t-검정(Independent t-test)을 실시하였다 그 결과 각속도 120°/s에서 굽힘과 폼을 제외하고, 나머지 90°/s, 60°/s에서의

굽힘과 폼은 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Table 2).

두 장비의 검사-재검사 신뢰도(Test-retest reliability)를 알아보기 위해 CSMI dynamometer는 세 번의 세트 모두 기록된 20명 측정값을 사용하였고, 무릎관절 등속성 재활훈련 장비는 30명 측정값을 이용하여 분석하였다. 그 결과 CSMI dynamometer의 검사-재검사 신뢰도는 ICC=0.812~0.958였으며, 무릎관절 등속성 재활훈련 장비의 검사-재검사 신뢰도는 ICC=0.883~0.956로 높은 신뢰도를 보였다(Table 3).

장비의 타당도는 모든 대상자의 데이터가 기록된 1세트의 측정값을 사용하여 Bland & Altman plot으로 평균 차이 한계의 95% 신뢰구간을 확인하였다. 각속도 120°/s에서 굽힘과 폼의 차이값 평균은 각각 1.2, 6.4로 나타났으며, 95% 신뢰구간 내 상위값과 하위값은 43.2~40.8, 76.1~-63.3으로 나타났다. 각속도 90°/s에서 굽힘과 폼의 차이값 평균은 각각 18.7, 37.4로 나타났으며 95% 신뢰구간 내 상위값과 하위값은 76.0~-38.5, 120.4~-45.6으로 나타났다. 각속도 60°/s에서 굽힘과 폼의 차이값 평균은 각각 19.7, 43.2로 나타났으며 95% 신뢰구간 내 상위값과 하위값은 80.3~-40.8, 142.1~-55.7로 나타났다(Table 4).

Table 2. Average peak torque difference between two devices (n=30)

		CSMI dynamometer 1st Trial	HExo-KR30A 1st Trial	mean difference	t	p
120°/s	Flexion (Nm)	23.47±22.16 [†]	22.25±7.49	1.21±21.44	0.310	0.759
	Extension (Nm)	35.47±35.65	29.05±11.87	13.58±32.22	1.885	0.075
90°/s	Flexion (Nm)	42.67±31.92	23.93±7.88	18.74±29.20	3.515	0.001*
	Extension (Nm)	64.20±45.77	26.84±12.40	29.96±33.64	3.983	0.001*
60°/s	Flexion (Nm)	52.10±28.01	32.38±19.39	19.72±30.89	3.497	0.002*
	Extension (Nm)	85.50±46.93	42.33±31.54	32.36±47.35	3.056	0.006*

*p < 0.05

[†] : mean ± standard deviation

Table 3. Test-retest reliability of devices

		ICC(3,1) (95%CI)	
		CSMI dynamometer (n=20)	HExo-KR30A (n=30)
120°/s	Flexion (Nm)	0.812 (0.603 ~ 0.920)	0.883 (0.785 ~ 0.940)
	Extension (Nm)	0.958 (0.911 ~ 0.982)	0.948 (0.905 ~ 0.974)
90°/s	Flexion (Nm)	0.928 (0.848 ~ 0.969)	0.943 (0.895 ~ 0.971)
	Extension (Nm)	0.946 (0.887 ~ 0.977)	0.952 (0.913 ~ 0.976)
60°/s	Flexion (Nm)	0.930 (0.852 ~ 0.970)	0.929 (0.870 ~ 0.964)
	Extension (Nm)	0.933 (0.858 ~ 0.971)	0.956 (0.919 ~ 0.977)

ICC : intraclass correlations coefficients, CI: confidence interval

Table 4. Bland & Altman plot to present validity (n=30)

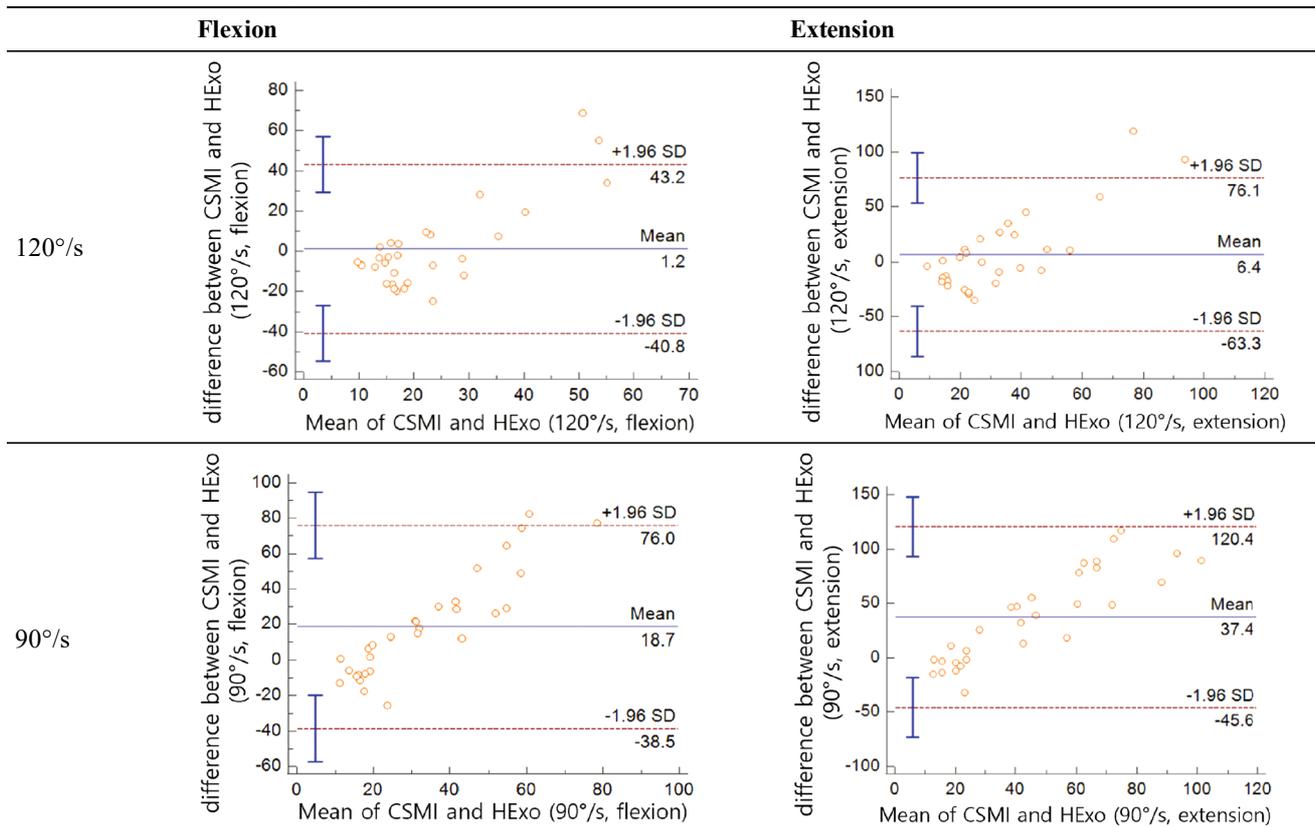


Table 4. continue

(n=30)

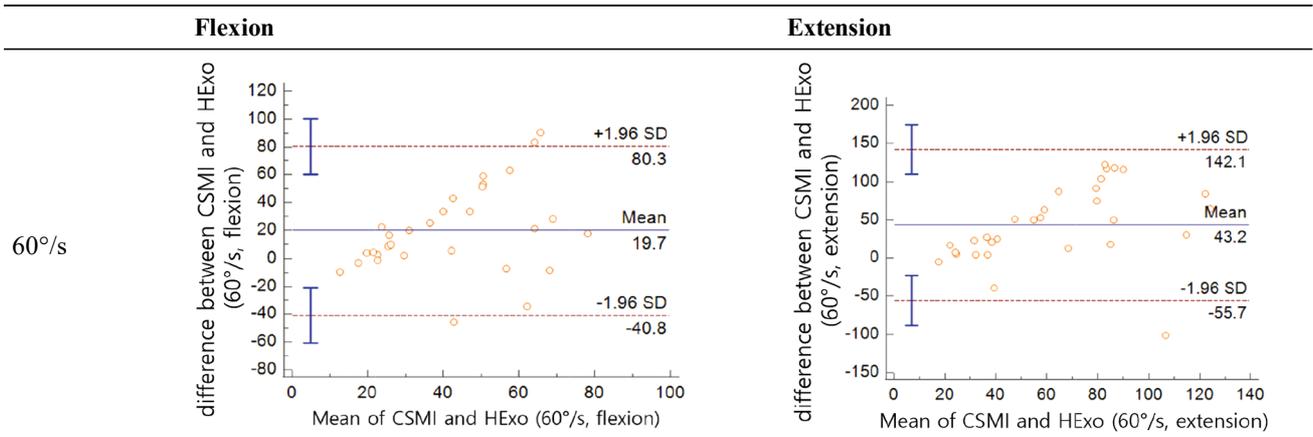


Table 5. Results of usability evaluation survey

(n=30)

Item	Stability (1~3)			Satisfaction (4~10)						Performance (11~13)			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Mean	4.8	4.9	4.8	4.4	4.3	3.8	3.7	4.0	4.7	4.2	4.5	4.0	4.3
SD	0.5	0.4	0.5	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.5	0.7	0.8	0.8	0.7
Mean	4.9			4.1						4.3			
SD	0.4			0.8						0.8			

사용성 평가 설문결과 안전성영역의 평균은 4.9±0.4 점, 만족도영역의 평균은 4.1±0.8점, 수행성영역의 평균은 4.3±0.8점으로 나타났다. 높은 점수를 보인 항목은 안전성영역으로 사용후 관절통증, 접촉부위의 유해성, 기구의 속도에서 높은 점수를 보였다. 만족도 영역 점수는 평균 4.1점으로 전반적으로 다른 영역에 비해 낮았다. 9번, 10번 항목인 측정중에 발생하는 소음이나 제품의 디자인은 각각 4.7점, 4.2점으로 높은 만족도를 보였다. 수행성 영역의 11번 항목인 정지안정성은 4.5점으로 낮거나 착용하거나 벗어날 때 높은 안정성을 보였다. 12번 항목인 자세 유지성은 수행성영역 중 가장 낮은 점수를 보였다(Table 5).

고찰

본 연구는 건강한 성인 30명을 대상으로 새롭게 개발된 무릎관절등속성 재활훈련 장비에 대한 신뢰도와 타당도를 확인하기 위해 실시되었다. 신뢰도는 반복 측정을 통해 제시하였고, 타당도를 제시하기 위한 표준화된 측정장비는 CSMI dynamometer를 사용하였으며, 두 장비에서 공통적으로 측정 가능한 최대 토크 값(Average peak torque)을 기준으로 비교하였다. 본 연구과정에서

이상반응은 나타나지 않았다.

두 장비에서 측정된 평균 최대 토크 값(Average peak torque)을 비교한 결과 120°/s에서는 유의한 차이가 없었고, 90°/s, 60°/s에서는 유의한 차이를 보였다. 이는 두 장비의 측정방식의 차이로 발생할 수 있다고 판단된다. CSMI dynamometer의 경우 토크를 측정하는 센서가 회전축에 있으나 무릎관절등속성 재활훈련 장비의 경우 발목에 로드셀의 형태로 센서가 존재한다. 또한 CSMI dynamometer는 우세측 다리를 측정하는 동안 비우세측 다리를 고정할 수 있지만 무릎관절등속성 재활훈련 장비의 경우 고정하는 부분이 없는데 이러한 고정력의 차이도 연구 결과에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 또한 사람을 대상으로 한 연구이기 때문에 두 장비에서 완전하게 동일한 힘을 발휘했다고 보기 어려운 부분이 있다. 그렇기 때문에 이러한 차이에 대한 부분을 보완하여 별도의 연구를 통해 비교하는 것이 필요하다고 생각된다.

장비의 타당도를 알아보기 위해 Bland & Altman plot으로 평균 차이 한계의 95% 신뢰구간을 확인한 결과 세 가지 각속도 모두 편 동작보다 굽힘 동작에서 편차가 작은 신뢰구간을 나타내었다. 전체 측정 간 2 SD에 포함하지 않은 plot은 10개 이하로 높은 일치도를 보인다고 해석할 수 있다. 무릎관절등속성 재활훈련 장비의 검사-재검사 신뢰도(Test-retest reliability)는 CSMI

dynamometer 수준의 높은 신뢰도를 보였다.

사용성 평가 설문결과 안전성영역에서 가장 높은 점수를 보였다. 하지만 본 연구를 진행하는 과정에서 발목의 완충부분에서의 나사가 발목에 손상을 줄 수 있는 부분을 발견하였고, 이를 예방하기 위해 완충체를 사용하여 실험을 실시하였다. 이로 인해 실험중에 접촉부위의 손상은 발생하지 않았으나 앞으로 개선이 필요한 부분이라고 생각된다. 또한 CSMI dynamometer의 컵과 비교하였을 때 완충체의 두께는 앞으로 두 배 이상 보완되어야 할 것으로 판단된다. 만족도 영역 점수는 전반적으로 다른 영역에 비해 낮았다. 그 중에서도 측정 과정에서 몸통의 벨트고정력이 미흡한 것으로 나타났다. 측정 중에도 벨트가 어깨 옆으로 흘러내리는 경우도 있었다. 이는 향후 대상자가 최대 근력을 발휘하는데 방해가 될 수 있는 요소로 몸통의 고정이 충분히 안정적으로 제공될 수 있도록 벨트의 고정력에 대한 보완이 필요하겠다. 자세 유지성은 수행성영역 중 가장 낮은 점수를 보였다. 이는 허벅지의 고정을 위해 묶는 벨크로의 두께가 얇아 허벅지의 고정을 충분히 제공하지 못하였던 부분이 반영된 결과라고 생각되며 이후 개선이 필요하겠다. 본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 실험에 참여한 연구대상자의 연령대가 20~30대로 국한되어있었던 점, 둘째, 무릎 근력 강화운동기구는 노약자나 수술환자 등을 대상으로 적용되는 경우가 많지만 본 연구의 대상자는 모두 건강한 성인이었다는 점을 제한점으로 생각해볼 수 있다. 이러한 제한점을 보완한 추가적인 연구가 진행된다면 더욱 효용성 높은 기구 개발에 도움이 될 것으로 사료된다.

결론

본 연구의 목적은 건강한 성인 30명을 대상으로 새롭게 개발된 무릎 근력강화운동기구의 신뢰도, 타당도와 사용성 평가를 확인하기 위함이다. 그 결과 ICC = 0.883 ~ 0.956으로 높은 신뢰도를 보였으며, Bland & Altman plot을 분석한 결과 CSMI dynamometer와 비교하여 유사한 결과를 나타냈다. 추후사용성 평가과정에서 확인된 사항들을 보완하여 제품을 개선한다면 무릎관절의 근력을 중재하기 위한 다양한 재활분야에서 유용한 기기로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Fisher NM, Pendergast DR. Reduced muscle function in patients with osteoarthritis. *Scand J Rehabil Med.* 1997;29(4):213-21.
2. Chung MS, Kwak HS. Effects of a muscle strengthening exercise program after total knee arthroplasty. *J Korean Acad Soc Nurs Educ.* 2008;14(1):20-9.
3. Devita, P, Hortobagyi T, Barrier J. Gait biomechanics are not normal after anterior cruciate ligament reconstruction and accelerated rehabilitation. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30: 1481-8.
4. Cho WS, Seol ES, Kim MY, Ahn HS, Ji HC. The results of sports rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Korean J Sports Med.* 2005;23(3):241-5.
5. Kim EK. The effects of proprioceptive exercise and isokinetic exercise on function of knee joint anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sports Korean Res.* 2007;15:479-88.
6. Hislop HJ, Perrine J. The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther.* 1967;47(1):114-7.
7. Moffroid M, Whipple R, Hofkosh J, Lowman E, Thistle H. A study of isokinetic exercise. *Phys Ther.* 1969;49(7):735-47.
8. Jun TW, Shin HJ, Park JY, Lee SY, Lee O. Reliability of iso-kinetic muscle strength testing system. *Journal of Korean Coaching Developing.* 2011;13(2):103-12.
9. Won JI, Cho SH, Yi CH, Kwon OY, Lee YH, Park JM. Characteristics of the fatigue index in EMG power spectrum analysis during isokinetic exercise. *Physical Therapy Korea.* 2001;8(3):11-26.
10. Lee GH, Kim YJ, Park SH, Lee HS, Cho HA. A Study on the rehabilitation equipment for knee joint. *J Korean Soc Manuf Technol Eng.* 2013;22(3-1):509-17.
11. Kim KW, Ko YG. Design improvement of indoor hand bike for people with spinal cord injury through usability test. *Journal of Integrated Design Research.* 2021;20(1):89-105.
12. Rankin G, Stokes M. Reliability of assessment tools in rehabilitation: an illustration of appropriate statistical analyses. *Clin Rehabil.* 1998;12:187-99.
13. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1:307-10.
1. Fisher NM, Pendergast DR. Reduced muscle function in patients with osteoarthritis. *Scand J Rehabil*