

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2021. 12. Vol. 28, No.3, pp. 88-97

불안정 지면에서 복합 균형 운동이 무릎 전치환술 환자의 기능적 능력과 일상생활능력에 미치는 영향

임수기¹ · 유원종²

¹을지대학교 일반대학원 물리치료학과 · ²을지대학교 물리치료학과

The effect of complex balance exercise on unstable surfaces on functional ability and daily living ability in patients with total knee arthroplasty

Su-Ki Lim¹, P.T. · Wonjong Yu², Ph.D., P.T.

¹Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Eulji University

²Dept. of Physical Therapy, Eulji University

Abstract

Purpose: Patients with total knee arthroplasty (TKA) have impaired balance and movement control. Exercise interventions have not targeted these impairments in this population. This study aimed to investigate the effect of complex balance exercises on unstable ground, on the gait, balance, and daily living ability of patients with total knee arthroplasty.

Design: Randomized controlled trial.

Methods: The participants consisted of 30 patients placed into two groups of 15 each: a experimental group (complex balance exercise) and a control group (physical therapy exercise). Both group exercise was applied for 3 times a week for 30 minutes for four weeks. Force plate for balance ability and Timed up and go (TUG) test were the primary outcome measures. The secondary outcome measures included 10-m walk test (10MWT) and the daily living ability using the Knee Outcome Survey Activities of Daily Living scale (KOS-ADL).

Results: The result of this study showed that the experimental group had a significant difference in TUG

and 10MWT than the control group, and balance was significantly different in CEA, CPL, and CAV. There was a significant difference in daily living ability between the experimental and control groups. This study confirms that the physical therapy with complex balance exercise on unstable surfaces has positive effects on balance, gait and daily living ability in patients with total knee arthroplasty.

Conclusion: As a result of this study, complex balance exercise on unstable surface was more effective in improvement gait, balance and daily living ability in total knee arthroplasty. From this study, physical therapy with complex balance exercises on unstable ground may be proposed as an effective intervention method for improving gait, balance, and daily living ability in patients with early total knee arthroplasty.

Key words: Balance, Daily living activity, Gait, Knee replacement, Total knee arthroplasty.

교신저자

유원종 교수

경기도 성남시 산성대로 553, 을지대학교 성남캠퍼스

T: 031-740-7385, E: wju@eulji.ac.kr

I. 서론

연령 증가에 따른 퇴행성 골관절염(Osteoarthritis)은 노인 인구의 약 20% 에서 경험하게 된다(Badley 등, 1998). 무릎에 발생하는 관절염은 체중 증가, 무릎관절 과사용 등으로 인하여 관절 연골이 손상되고, 염증이 발생하여 일상생활 기능에 제한을 일으키는 대표적인 만성 질환이다(Segal 등, 2012). 무릎 관절염이 진행되면 통증, 보행과 같은 일상생활에 문제가 발생하며, 이를 해결하기 위한 방법으로 무릎 인공관절 전치환술(Total Knee Arthroplasty; TKA)이 널리 시행되고 있다(김정희 2011; Strasser 2013).

무릎 인공관절 전치환술은 염증이 발생한 연골 부위를 절제하고 넓다리뼈 및 정강뼈에 금속(metal)과 폴리에틸렌(polyethylene) 재질의 구조물을 삽입하여 관절을 성형하는 수술 방법으로(Crowninshield 등, 2006), 시행 후 통증과 뻣뻣함에 개선이 있지만 무릎 관절가동범위 감소, 근력약화, 고유수용성감각 감소, 균형 능력과 운동 제어 능력 감소, 보행 능력 저하와 같은 기능적으로 중요한 요인들에 결함이 발생한다(Vitton 2002; gstoettner 등, 2011; Piva 등, 2010; pua 등, 2015). 무릎 인공관절 전치환술 이후 수술을 하지 않은 노인에 비해 기능적 능력은 더 낮은 수준으로 감소하며 특히 보행속도가 18% 느리고 균형과 관련된 기능적인 움직임을 수행하는데 더 큰 어려움을 겪는다(bade 등, 2010). 또한 건강한 노인에 비해 낙상 위험이 증가하며(Matsumoto, 2012), 수술 후 오랜 시간이 지나도 균형 능력과 기능적 한계가 상당 수 발생하는 위험이 있다(König, 2000). 이렇듯 무릎 인공관절 전치환술을 시행한 환자의 기능적 능력 중 균형과 보행 능력은 일상생활을 수행하는데 가장 중요한 요소이다.

균형은 기능적 활동 중 자세 안정성 유지와 낙상방지를 위한 필수적인 요소로(Sibley, 2015; Kim 등, 2019), 무릎 인공관절 전치환술 후 근력강화와 균형 능력 향상을 위한 운동이 낙상 예방에 효과적이다(Sititik, 2005; Rahmann 등, 2009). 그러나 무릎 인공관절 전치환술 환자의 운동 프로그램은 대부분 근력과 무릎 기능 회복에 중점을 두고 있으며 균형 능력과 고유수용성감각 개선을 위한 운동은 부족한 실정이다(Minns, 2007).

한편, 일반적인 낙상 예방을 위한 균형 운동 프로그램은 편평하고 안정적인 지면에서 수행되는데(Hirase, 2015), 이와 비교하여 불안정 지면에서 수행되는 균형 훈련은 안정적인 표면에서의 훈련보다 균형 능력을 더욱 향상 시키고, 근육과 관절의 기계적 수용체를 자극함으로써 고유수용성감각과 자세 안정성 증진에도 효과적으로 적용될 수 있다(Matsusaka, 2001; Bernier 등, 1998).

하지만 무릎 인공관절 전치환술 환자를 대상으로 불안정 지면에서 시행된 균형 운동은 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 4주간 불안정 지면에서 시행된 복합 균형 운동이 무릎관절 전치환술 환자의 기능적 능력과 일상생활에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 경기도 성남시 N 병원에서 무릎 인공관절 전치환술을 시행하기 위해 입원한 환자 중 연구 동의서에 서명한 30명을 대상으로 하였다. 대상자의 선정 기준은 65세 이상의 노인으로 보행이 가능한 자, 의사소통이 가능한 자로 하였다. 제외 기준은 80세 이상의 고령자, 지난 2년간 하지 또는 허리 수술을 받은 자, 독립적 보행기 보행이 어려운 자, 운동 프로그램 수행이 불가능한 자로 하였다.

2. 연구절차 및 방법

본 연구 동의서의 서명한 30명의 대상자들은 보행, 균형, 일상생활능력을 측정하기 위한 사전 검사를 시행하였다. 이후 불안정한 지면에서 복합 균형 운동을 병행한 물리치료 실험군 15명과 일반적인 훈련 프로그램을 적용한 대조군 15명을 제비뽑기를 사용하여 무작위로 배정하였다. 실험군과 대조군은 무릎 인공관절 전치환술을 시행한 3일 후 부터 30분씩, 주 3회, 4주 간 총 12회 프로그램을 시행하였다. 또한 두 그룹 모두에서 수동적 지속 운동장치(Continuous Passive Motion; CPM)를 1회 20분간 주 5회, 4주 간 총 20회를 적용하였다. 실험군과 대조군 모두 동일한 조건에서의 치료와 환경을 제공하였다. 연구를 하기 위해 연구자 1명과 보조자 1명으로 구성되어 실험과 측정을 하기 전에 측정 장비 사용법과 측정방법을 일주일 전 주 1회 1시간 동안 장비 사용법과 측정 방법을 교육하고 진행하였다.

1) 불안정 지면에서 복합균형운동

불안정 지면에서 시행된 실험군의 운동 프로그램은 선행 연구를 수정하여 적용하였다(Hirase, 2015). 대상자들은 무릎 보호대와 보행 보조기를 사용하였으며, 50x41x6cm 크기의 발란스 패드(balance pad, airex, germany)를 사용하여 불안정 지면을 구성하였다. 대상자들은 발란스 패드 위에 두 발로 선 상태에서 눈 감고 30초 동안 균형 유지하기, 양팔 위로 올리면서 목 펴고 양팔 내리면서 목 굽힘 하기, 양쪽 발등 굽힘 및 발바닥 굽힘 하기, 양팔 벌려 몸통 좌, 우로 회전하기, 30초간 제자리 걷기로 구성된 훈련 프로그램을 1세트 당 10회 씩, 3세트를 시행하였다<Table 1>. 이후 무릎관절 굽힘 자가 운동, 하지 직거상 운동, 누워서 발목 당기기 운동, 앉아서 무릎 펴고 힘주기 운동, 엉덩관절 벌림 운동으로 구성된 일반적인 훈련 프로그램을 1회 5초씩 5회 3세트로 적용하였다. 각 운동 사이에 휴식시간은 1분씩 적용하였다.

Table 1. Complex Balance Exercise

Complex balance exercise	Explanation
Double-Stance Standing	Close eyes and maintain balance for 30 seconds
Neck Hyperextension	Neck extension with both shoulder forward flexion
Heel and Toe Raises	Both ankle dorsiflexion and palntar flexion
Neck and Trunk Rotation	Neck and trunk rotation with open both arms
Walking in Place	Walk in palce for 30 seconds

2) 일반적인 훈련 프로그램

대조군의 훈련 프로그램은 무릎관절 굽힘 자가 운동, 하지 직거상 운동, 누워서 발목 당기기 운동, 앉아서 무릎 펴고 힘주기 운동, 엉덩관절 벌림 운동으로 구성하였고, 1회 5초씩 10회, 5세트로 적용하였다. 각 운동 사이에 휴식시간은 1분씩 적용하였다.

3. 측정도구

1) 보행 능력 측정

연구 대상자의 보행 능력을 측정하기 위해 일어서서 걷기 검사(time up and go test)와 10 m 걷기 검사(10meter

walk test)를 사용하여 측정하였다. 측정은 두 검사 모두 총 3회 반복하여 평균값으로 구하였다.

일어서서 걷기 검사는 팔걸이가 없는 50 cm 높이 의자에 앉은 자세에서 시작하여 검사자의 신호와 동시에 의자에서 일어나 전방 3 m 지점을 돌아 다시 의자에 앉는 시간을 측정하였다(Shumway 등, 2000; Shim 등, 2020).

10 m 걷기 검사는 총 14 m 거리를 설정하고 시작과 끝 지점 2m 지점을 테이프로 표시한 후 대상자를 걷게 하였다. 가속과 감속을 위한 4 m를 제외한 10 m 거리의 시간을 측정하였다(Dean 등, 2000). 본 검사의 신뢰도는 ICC=.95-.96이다.

2) 균형 능력 측정

균형 능력 측정을 위해 힘판(Zebris FDM-S system, Zebris medical, Germany, 2016)을 사용하였다. 힘판 면적 안에 11,264개의 센서가 있으며 1cm²당 4개씩 압력센서(Force sensor)가 발의 압력을 측정한다. 측정 압력 범위는 1-120 N/cm²이고, 동적 표본압력 추출속도는 약 90 Hz이며 정적 표본 압력 추출 속도는 2-5 Hz로 정확도는 $\pm 5\%$ 이내이다. 대상자들은 편평한 힘판에 올라가 고정된 점을 10초 동안 바라본 상태에서 3회 측정하여, 95% 신뢰 타원 면적(confidence ellipse area; CEA), 동요거리(center of pressure path length; CPL) 동요속도(center of pressure average velocity; CAV)의 평균값을 산출하였다(Niknam, 2017). 본 검사의 신뢰도는 ICC=.83-.99로 높은 신뢰도를 보였다.

3) 일상생활능력 측정

일상생활능력을 측정하기 위해 일상생활 자가 무릎 설문지(knee outcome survey-activities of daily living scale)를 사용하였다. 설문지는 무릎 증상이 일상생활 능력에 미치는 영향 6개 항목, 기능적 수행 능력에 미치는 영향 8개 항목 등 총 14개의 항목으로 환자 스스로 수행 가능한 일상생활 능력 정도를 확인하였다(Bizzini, 2007).

3. 자료분석

본 연구에서는 측정된 자료들을 IBM window SPSS ver. 22.0을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 대상자의 일반적 특성을 검정하기 위해 기술통계를 사용하였고, 동질성 검사와 집단 간 차이를 알아보기 위해 Independent t-test를 사용하였다. 집단 내 종속 변수의 전, 후 차이를 비교하기 위해 Paired t-test를 사용하였다. 모든 자료의 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.5$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성 및 동질성 검정 결과 연령, 신장, 체중, 체질량 지수 등에서 모두 동질하게 나타났다<Table 2>.

Table 2. General Characteristics of the Subject

	EG (n=15)	CG (n=15)	p
Age (year)	73.13±4.54 ^a	69.87±5.50	0.087
Height (cm)	151.0±5.52	152.24±6.99	0.594
Weight (kg)	58.16±7.54	60.38±9.13	0.473
BMI	25.49±2.69	26.05±3.58	0.630

^aMean±SD, EG=experimental group; CG=control group; BMI=body mass index.

2. 중재 방법에 따른 보행 능력의 전, 후 변화

보행 능력을 측정하기 위해 시행된 일어서서 걷기 검사와 10 m 걷기 측정 결과는 <Table 3>와 같다.

일어서서 걷기 검사에서 실험군은 중재 전 13.34초에서 중재 후 9.49초로 감소하여 유의한 차이가 나타났고 ($p<0.05$) 대조군은 중재 전 14.57초에서 13.79초로 감소하였지만 유의한 차이가 없었다. 두 그룹 간의 차이 비교에서 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$).

10 m 걷기 검사에서 실험군은 중재 전 12.05초에서 중재 후 9.99초로 감소하여 유의한 차이가 나타났고 ($p<0.05$), 대조군은 중재 전 12.84초에서 중재 후 12.51초로 감소하였지만 유의한 차이는 없었다. 두 그룹 간의 차이 비교에서는 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$).

Table 3. Comparative Analysis of Gait Before and After Intervention in Each Group

		EG (n=15)	CG (n=15)	p
10MWT	Pre	12.05±1.78 ^a	12.84±2.59	
	Post	9.99±1.30	12.51±2.34	
	Post-Pre	2.06±1.41	0.32±1.77	2.96(.006)
	t(p)	5.651(0.000)	0.715(0.487)	
TUG	Pre	13.34±2.64	14.57±2.51	
	Post	9.49±1.03	13.79±1.56	
	Post-Pre	3.85±2.41	0.77±1.56	4.14(.000)
	t(p)	6.185(0.000)	1.925(0.075)	

^aMean±SD, $p<0.05$, EG=experimental group; CG=control group; 10MWT=10meter walk test; TUG=time up and go test.

3. 중재 방법에 따른 균형 능력의 전, 후 변화

4주간 중재 후 실험군과 대조군의 균형 능력 전, 후 변화는 <Table 4>와 같다.

95% 신뢰 타원 영역은 실험군에서 중재 전 387.61mm²에서 250.57mm²로 감소하여 유의한 차이가 나타났고 ($p<0.05$), 대조군은 중재 전 318.75mm²에서 중재 후 301.64mm²으로 감소하였지만 유의한 차이는 없었다. 또한 두 그룹 간의 비교에서 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$).

동요거리는 실험군에서 중재 전 120.99mm에서 중재 후 99.15mm로 감소하였지만 유의한 차이가 없었고, 대조군은 중재 전 112.41mm에서 중재 후 121.95mm로 증가하였지만 유의한 차이는 없었다. 하지만 두 그룹을 비교한

결과 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$).

동요속도는 실험군이 중재 전 12.97mm/초에서 중재 후 9.66mm/초로 감소하여 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$) 대조군은 중재 전 11.97mm/초에서 중재 후 12.72mm/초로 유의한 차이가 없었다. 또한 두 그룹 간의 차이 비교에서는 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$).

Table 4. Comparative Analysis of Balance Before and After Intervention in Each Group

		EG (n=15)	CG (n=15)	p
CEA (mm ²)	Pre	387.61 ± 145.64 ^a	318.75 ± 206.09	
	Post	250.57 ± 141.78	301.64 ± 148.93	
	Post-Pre	143.70 ± 104.12	17.11 ± 113.39	3.185(0.004)
	t(p)	5.004(0.000)	0.584(0.568)	
CPL (mm)	Pre	120.99 ± 39.46	112.41 ± 60.68	
	Post	99.15 ± 44.58	121.95 ± 44.74	
	Post-Pre	21.84 ± 43.23	-9.53 ± 37.05	2.134(0.042)
	t(p)	1.957(0.071)	0.996(0.336)	
CAV _{mm/sec}	Pre	12.97 ± 4.17	11.97 ± 8.07	
	Post	9.66 ± 3.66	12.72 ± 8.25	
	Post-Pre	3.31 ± 3.06	-0.75 ± 3.56	3.344(0.002)
	t(p)	4.177(0.001)	0.817(0.428)	

^aMean±SD, $p < .05$, EG=experimental group; CG=control group; CEA=95% confidence ellipse area; CPL=center of pressure path length; CAV=center of pressure average velocity.

4. 중재 방법에 따른 일상생활능력의 전, 후 변화

일상생활 자가 무릎 평가 설문지를 사용한 실험군과 대조군의 일상생활능력 변화는 <Table 5>와 같다. 실험군은 중재 전 25.47점에서 중재 후 45.67점으로 증가하였고, 대조군은 중재 전 31.07점에서 43.07점으로 증가하였으며, 두 그룹 모두 실험 전·후 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$). 또한 두 그룹 간에도 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$).

Table 5. Comparative Analysis of Daily Living Ability Before and After Intervention in Each Group

KOS-ADL	EG (n=15)	CG (n=15)	p
Pre	25.47 ± 10.20 ^a	31.07 ± 8.51	
Post	45.67 ± 8.30	43.07 ± 8.18	
Post-Pre	20.20 ± 8.49	12.00 ± 8.19	2.691(0.012)
t(p)	9.209(0.001)	5.672(0.001)	

^aMean±SD, $p < .05$, KOS-ADL=knee outcome survey activities of daily living scale.

IV. 고찰

무릎 인공관절 전치환술은 무릎 통증을 감소시켜주고 기능을 회복시켜 주는 방법으로 널리 시행되고 있지만 (조우신 등, 2007) 수술 후 운동 부족으로 근력, 보행, 균형, 고유수용성감각이 감소하여 기능적 능력 저하가 발생할 수 있어 이를 예방하기 위해서는 많은 노력이 필요하다(Kramer 등, 2003). 현재 무릎 인공관절 전치환술 후 기능 회복을 위한 재활 프로그램 연구가 활발하게 진행되고 있다. 한편 불안정 지면에서 균형 운동이 편평한 지면 보다 효과적이라는 연구 결과가 있지만 무릎 인공관절 전치환술 환자를 대상으로 연구가 부족한 실정이다. 본 연구는 무릎 인공관절 전치환술 환자 30명을 대상으로 4주간 불안정 지면에서 복합균형운동을 병행한 실험군 15명과 일반적인 균형 훈련 프로그램 15명을 대상으로 기능적 능력과 일상생활능력에 차이가 있는지 알아보고자 연구를 진행하였다.

보행 능력을 측정하기 위해 10 m 걷기 검사와 일어서서 걷기 검사를 시행하였다. 그 결과 두 검사 모두 실험군이 대조군에 비해 중재 전·후 유의하게 감소하였고, 그룹 간 비교에서도 유의한 차이가 있었다. Kim 등(2015)은 20명의 뇌졸중 환자를 대상으로 6주간 균형 운동을 시행하여 10 m 걷기 검사를 측정한 결과 19.9초에서 18.5초로 감소하여 유의한 차이가 있다고 하였다. Piva 등(2010)은 43명의 무릎 인공관절 전치환술 환자를 대상으로 균형 운동을 병행하여 시행한 결과 2개월 후 보행속도가 향상되었다고 보고하였다. 본 연구의 결과 불안정 지면에서 복합균형운동이 선행연구 보다 더 유의하게 감소하였음을 알 수 있었다. 이는 본 연구에서 시행한 운동 프로그램이 다관절 움직임을 유도하여 신체 고유수용성감각을 자극하고 보행시 무릎 관절의 안정성을 향상시켜(Han 등, 2015), 보행 능력에 긍정적인 효과가 작용한 것으로 생각된다.

균형 능력을 측정하기 위한 힘판 측정 결과 실험군은 중재 전, 후 비교에서 95% 신뢰 타원 영역, 동요속도에서 유의하게 감소하였지만 동요거리에서는 유의하지 않았다. 대조군은 95% 신뢰 타원 영역에서 감소하였지만 유의하지 않았으며, 동요거리, 동요속도에서는 증가하여 유의한 차이가 없었다. 하지만 95% 신뢰 타원 영역, 동요거리, 동요속도 모두 그룹 간의 유의한 차이가 있었다. Gusi 등(2012)은 40명의 노인에게 12주간 균형 운동을 적용한 결과 낙상 위험 검사에서 4.7점에서 2.4점으로 감소하여 균형 능력의 유의한 차이를 나타내었고, Akbaba 등(2016)은 무릎 인공관절 전치환술 환자 95명을 대상으로 집중 균형 훈련 결과 일어서서 걷기 검사에서 수술 전 21.7초에서 1달 후 19.0초로 감소하였으며 2달 후 12.9초로 감소하여 환자의 균형 능력 향상에 영향을 주었다고 입증하였다. 본 연구는 불안정 지면에서 복합균형운동을 시행한 결과 일어서서 걷기 검사에서 4주 후 선행논문 보다 더 효과적으로 감소하였는데 이는 불안정 지면에서 시행한 복합 균형 운동이 무릎 관절뿐만 아니라 엉덩관절, 발목 관절에 기계수용체를 자극하여 균형 운동 감각에 영향을 주어 신체 균형 감각, 전정기관 및 운동 반응이 증가하여 균형 능력을 향상 시킨 것으로 생각된다.

일상생활 자가 무릎 설문지 결과 실험군과 대조군 모두 중재 전·후 비교에서 점수가 유의하게 증가하였고, 그룹간 비교에서도 유의한 차이가 있었다. Mizner 등(2011)은 무릎 인공관절 전치환술 환자 100명을 대상으로 수술 후 일상생활능력을 측정한 결과 4주 후 49.9점에서 55.3점으로 유의하게 증가하여 수술 후 일상생활능력이 개선됨을 알 수 있었다. 선행연구와 유사하게 본 연구에서도 대조군은 보행, 균형 능력에 유의한 향상이 없었지만 일상생활능력은 유의한 차이가 있었다. 본 연구에서 4주 동안 실험군에게 시행한 불안정 지면에서 복합균형운동을 시행한 결과 일상생활능력이 더 효과적으로 개선되었다. 이는 불안정 지면에서 복합균형운동으로 인하여 균형 능력이 향상되어 일상생활 자가 무릎 설문지의 문항 중 절뚝거리는 보행, 계단 오르내리기, 서기와 같은 동작을 개선하는데 효과적으로 적용된 결과로 생각된다.

본 연구의 제한점으로 수술 직후 시행하였기 때문에 대상자 수가 상대적으로 적었고, 추적 관찰을 시행하지 않아 장기간 효과에 대해서는 판단할 수 없었으며, 치료 시간 외에 일상생활 수행의 변수가 발생되었을 것으로 생각된다. 따라서 향후 연구에서는 이러한 제한점들을 고려하여 무릎 인공관절 전치환술 환자에게 장기간 균형 운동 프로그램을 계획하여 추적관찰 함으로써 장기간 효과를 확인할 필요가 있으며 불안정 지면에서 균형 훈련의 효과에 대해 뒷받침할 수 있는 근 활성도의 변화 및 생리학적 변화에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 무릎 인공관절 전치환술 시행 직후 적용된 불안정 지면에서의 복합 균형 운동이 기능적 능력과 일상생활능력에 미치는 영향을 알아보고자 시행되었다.

본 연구 결과 불안정 지면에서의 복합 균형 운동이 무릎 인공관절 전치환술을 시행한 환자들의 보행, 균형 능력 중 95% 신뢰 타원 영역, 동요속도, 일상생활능력에 효과적임을 확인할 수 있었다. 따라서 무릎 인공관절 전치환술을 받은 환자들에게 조기에 적용할 수 있는 다양한 형태의 고유수용기 자극 프로그램 및 노인들의 낙상 예방 프로그램의 추가적인 개발 및 연구에 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김정희. 슬관절 전치환술 후 대퇴사두근 근고정 운동의 효과[석사학위논문]. 부산가톨릭대학교; 2011.
- 조우신, 염윤석, 양병세. 슬관절 재치환술의 원인. 대한정형외과학회지 2007;42(2):216-20.
- Akbaba YA, Yeldan I, Guney N, et al. Intensive supervision of rehabilitation programme improves balance and functionality in the short term after bilateral total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(1):26-33.
- Badley EM, Wang PP. Arthritis and the aging population: projections of arthritis prevalence in Canada 1991 to 2031. *J Rheumatol* 1998;25(1):138-44.
- Bade MJ, Kohrt WM, Stevens-Lapsley JE. Outcomes before and after total knee arthroplasty compared to healthy adults. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010;40(9):559-67.
- Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27(4):264-75.
- Bizzini M, Gorelick M. Development of a German version of the knee outcome survey for daily activities. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007;127(9):781-9.
- Crowninshield RD, Rosenberg AG, Sporer SM. Changing demographics of patients with total joint replacement. *Clin Orthop Relat Res* 2006;443:266-72.
- Dean CM, Richards CL, Malouin F. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81(4):409-17.
- Gstoettner M, Raschner C, Dirnberger E, Leimser H, Krismer M. Preoperative proprioceptive training in patients with total knee arthroplasty. *Knee* 2011;18(4):265-70.

- Gusi N, Carmelo Adsuar J, Corzo H, et al. Balance training reduces fear of falling and improves dynamic balance and isometric strength in institutionalised older people: a randomised trial. *J Physiother* 2012;58(2):97-104.
- Hirase T, Inokuchi S, Matsusaka N, et al. Effects of a balance training program using a foam rubber pad in community-based older adults: a randomized controlled trial. *J Geriatr Phys Ther.* 2015;38(2):62-70.
- Han J, Waddington G, Anson J, et al. Level of competitive success achieved by elite athletes and multi-joint proprioceptive ability. *J Sci Med Sport* 2015;18(1):77-81.
- Kim JW, Kang JH, Kim NJ, et al. The Effects of Olfactory Stimulation on the Balance Ability of the Elderly. *J Korean Phys Ther Sci* 2019;26(2):24-31.
- Kim YN, Lee DK. Effects of horse-riding exercise on balance, gait, and activities of daily living in stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2015;27(3):607-9.
- König A, Walther M, Kirschner S, Gohlke F. Balance sheets of knee and functional scores 5 years after total knee arthroplasty for osteoarthritis: a source for patient information. *J Arthroplasty* 2000;15(3):289-94.
- Kramer JF, Speechley M, Bourne R, et al. Comparison of clinic- and home-based rehabilitation programs after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2003;(410):225-34.
- Matsumoto H, Okuno M, Nakamura T, et al. Fall incidence and risk factors in patients after total knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012;132(4):555-63.
- Matsusaka N, Yokoyama S, Tsurusaki T, et al. Effect of ankle disk training combined with tactile stimulation to the leg and foot on functional instability of the ankle. *Am J Sports Med* 2001;29(1):25-30.
- Minns Lowe CJ, Barker KL, Dewey M, et al. Effectiveness of physiotherapy exercise after knee arthroplasty for osteoarthritis: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ* 2007;335(7624):812.
- Mizner RL, Petterson SC, Clements KE, et al. Measuring functional improvement after total knee arthroplasty requires both performance-based and patient-report assessments: a longitudinal analysis of outcomes. *J Arthroplasty* 2011;26(5):728-37.
- Niknam H, Esteki A, Salavati M, et al. Reliability of Zebris motion analysis system in healthy athletes and athletes with anterior cruciate ligament reconstruction. *Asian J Sports Med* 2017;8(1).
- Piva SR, Gil AB, Almeida GJ, et al. A balance exercise program appears to improve function for patients with total knee arthroplasty: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 2010;90(6):880-94.
- Pua YH, Seah FJ, Seet FJ, et al. Sex Differences and Impact of Body Mass Index on the Time Course of Knee Range of Motion, Knee Strength, and Gait Speed After Total Knee Arthroplasty. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2015;67(10):1397-405.
- Rahmann AE, Brauer SG, Nitz JC. A specific inpatient aquatic physiotherapy program improves strength after total hip or knee replacement surgery: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2009;90(5):745-55.
- Segal NA, Wallace R. Tolerance of an aquatic power training program by older adults with symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis* 2012;2012:895495.
- Shim JW, Yang SJ, Yoon HS. The effect and feasibility of knee extension assist orthosis on balance and gait in subacute stroke patients: case study. *J Korean Phys Ther Sci* 2020;27(3):35-44.
- Strasser EM, Draskovits T, Praschak M, et al. Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. *Age (Dordr)* 2013;35(6):2377-88.
-

- Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, et al. Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: a scoping review. *Arch Phys Med Rehabil* 2015;96(1):122-132.e29.
- Stitik TP, Kaplan RJ, Kamen LB, et al. Rehabilitation of orthopedic and rheumatologic disorders. 2. Osteoarthritis assessment, treatment, and rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86(3 Suppl 1):S48-55.
- Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther* 2000;80(9):896-903.
- Viton JM, Atlani L, Mesure S, et al. Reorganization of equilibrium and movement control strategies after total knee arthroplasty. *J Rehabil Med* 2002;34(1):12-9.
-