



대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2025. 03. Vol. 32, No.1 pp. 56-68

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 시 넙다리네갈래근 활성화도 비교

고관혁¹ · 김병조²

¹파크사이드 재활의학병원 · ²동의대학교 물리치료학과

Comparative Study of Quadriceps Activity when Patients with Stroke-caused Hemiplegia Perform Kneeling Squat and Squat Exercises

Gwan Hyeok Go¹, M.Sc., P.T. · Byeong Jo Kim², Ph.D., P.T.

¹Dept. of Physical therapy, Parkside Rehabilitation Hospital

²Dept. of Physical therapy, Dong-Eui University

Abstract

Background: This study compared the quadriceps activity of both paretic sides and nonparetic according to the exercise methods of standing squats and kneeling squat for stroke caused hemiplegia patients.

Design: Crossover study

Methods: Eliminate potential bias from exercise order, 22 subjects were randomly assigned to one of two groups (n=11 each). One group performed standing squats followed by kneeling squats, while the other group performed the exercises in the reverse order. We used an electromyograph to measure the quadriceps activity of the nonparetic and paretic legs.

Results: This study's findings revealed that, regarding quadriceps activity on both the paretic and nonparetic limbs, the kneeling squat exercise elicited lower muscle activity compared to the standing squat exercise. This difference was statistically significant($p<0.05$). During the kneeling squat exercise, quadriceps activity on the nonparetic side was greater than on the paretic side; however, this difference was not statistically significant($p>0.05$). When subjects performed the

standing squat exercise, quadriceps muscle activity on the nonparetic side was higher compared to the paretic side; this difference was statistically significant($p<0.05$). The difference in quadriceps activity between the nonparetic and paretic sides was small during the kneeling squat but significantly larger during the standing squat($p<0.05$), indicating a statistically significant difference between the two exercises.

Conclusion: This study showed that the kneeling squat exercise, associated with low quadriceps activation, resulted in similar muscle activity levels between the nonparetic and paretic sides. Furthermore, this study demonstrated that the standing squat, characterized by high quadriceps activation, led to asymmetrical muscle activity between the nonparetic and paretic limbs.

Key words: Kneeling squat, muscle activity, Squat, Stroke

교신저자

김병조

47340 부산광역시 부산진구 영광로 176 동의대학교 의료보건관 409호

T: 051-890-4221, E: pt123@deu.ac.kr

1. 서론

뇌혈관 질환은 대한민국의 3대 사망원인으로 지목되고 있으며(통계청, 2018), 2008년부터 최근 10년간 10만 명당 44명의 높은 사망률을 기록하고 있다(통계청, 2017). 대표적인 질환인 뇌졸중은 출혈이나, 경색(infraction)으로 발생하는 급성 뇌혈관 병변이며, 24시간 이상 지속되는 질환으로 정의하고 있다(Park, 2013). 뇌졸중 후, 환자는 편마비(Hemiplegia), 감각결손(Sensory deficit), 운동실조(Ataxia), 실행증(Ideomotor apraxia), 보행장애(Disorders of gait), 인지 결손(Cognitive deficit), 기억장애(Memory impairment), 언어상실증(Aphasia), 구음장애(Dysarthria), 삼킴장애(Dysphasia), 반맹(Hemianopsia) 그리고 방광 조절이나 시공간의 문제 등 다양한 일상생활 활동의 장애를 경험하게 된다(Laurie, 2013; Meijer 등, 2003). 9%의 환자는 후유증이 경미하여 일상생활로 회복이 가능지만, 18%의 환자는 사망하고, 73%의 환자는 지속적인 치료가 필요하다고 보고하고 있다(Park, 2013).

특히, 뇌졸중 환자의 마비된 다리는 좌우의 비대칭을 유발할 수 있고, 서 있거나 보행하는 동안 마비되지 않은 다리로 체중을 이동하게 되며, 이러한 증상은 비대칭적이고 불규칙한 체중 지지를 보인다고 보고하였다(Kim 등, 2015). Pai 등(1994)의 연구에서는 뇌졸중 환자에게 한 다리로 서기를 유도하였을 때, 73%의 환자는 비마비측 다리로 체중이동이 가능하였지만, 그중 48%만 비마비측 다리로 유지를 할 수 있었다. 또한, 37%의 환자는 마비측 다리로 체중이동이 가능하였으나, 그중 20%만 마비측 다리로 체중을 이동하여 유지할 수 있었다.

Moreland 등(2004)의 연구에서는 균형의 상실과 다리의 근력 약화는 낙상의 중요한 요소라고 하였다. 편마비 환자는 근력과 균형 능력의 상실로 비대칭적인 체중 지지를 보이기 때문에, 마비측 다리로 넘어질 가능성이 매우 높다고 하였다(Ikai 등, 2003). 그리고 발병 이후 낙상을 경험한 뇌졸중 환자는, 낙상을 겪지 않은 환자보다 자기효능감이 떨어졌다(Andersson 등, 2013). 이와 같이, 낙상의 경험은 골절과 같은 신체적인 문제를 일으킬 수 있고, 환자의 독립적인 이동 능력의 재학습을 지연시킬 수 있다. 또한, 심리적인 문제로 낙상에 대한 두려움은 신체적인 활동을 감소시키고, 사회적 박탈감을 느끼게 하며 결국 독립성의 감소가 나타난다(Weedesteyn 등, 2008). Zhong 등(2024)의 연구에서 다리의 근력 강화 운동이 자세 제어, 보행 안정성, 신경근 협응력 등을 개선하며, 이러한 효과는 낙상의 위험 요소를 감소시킬 수 있다고 하였다. 따라서, 뇌졸중 환자에게 근력 강화 운동을 적용하는 것이, 재활치료 과정에서 균형 능력을 증진하여 낙상을 예방하는 할 수 있는 중요한 방법이라고 생각된다(김주오와 이병희, 2020).

무릎관절 평의 주동근은 넙다리네갈래근이며, 선 자세와 보행에서 안정을 제공하는 핵심 근육이다(Moxely Scarborough 등, 1990). 건강한 일반인과 비교하였을 때, 뇌졸중 환자들은 뒤넙다리근과 넙다리네갈래근에서 약화를 보이며, 마비측 다리에서 근력 약화가 더욱 두드러지게 나타났다. 하지만, 뇌졸중 환자의 근력 약화는 재활치료 기간에 수의적인 근력 강화 운동으로 강화될 수 있다고 하였다(Newham과 Hsiao, 2001). 또한, 뇌졸중 환자의 근력 감소는 고강도 저항 운동으로 치료될 수 있고, 근력 강화는 기능적인 향상으로 나타날 수 있다고 하였다(Patten 등, 2004). 따라서, 뇌졸중 환자들에게 넙다리네갈래근의 근력 강화 운동과 균형 능력의 향상은(Moreland 등, 2004) 일상생활로 돌아가기 위하여 필수적인 훈련임을 알 수 있다.

일상생활 활동에서 요구되는 필수적인 활동 중 하나로 앉아서 일어서기(Sit to stand) 동작이 있고, 걷거나 계단 오르는 활동처럼 높은 근육의 활동을 요구하는 동작이다(Yoshioka 등, 2007). 이와 비슷하게 넙다리네갈래근을 강화하는 운동 방법으로 스쿼트 운동(squat exercise)이 있다. 또한, 다양한 발의 위치나 높이를 조절한 스쿼트 운동이 마비측 다리의 넙다리네갈래근 활성화와 체중부하에 도움이 된다고 하였다(Lee 등, 2013).

하지만, 뇌졸중 편마비 환자는 선택적인 움직임이 어렵고, 길항근과 주동근의 동시 수축으로 과도한 경직이 나타날 수 있다(Berta Bobath, 1990). 또한, 자세 조절 반응이 정상적으로 나타나지 않는 뇌졸중 환자는, 서 있는 동안 보상

작용을 일으키거나 마비된 근육에서 지연된 반응을 보인다고 하였고, 이러한 반응은 비마비측 다리로 더 많은 체중을 이동하게 된다고 하였다(Kirker 등, 2000). 이전 연구에서 빠른 속도의 스쿼트 운동을 뇌졸중 환자에게 적용하였을 때, 압력중심이 기저면 밖으로 이동되어 자세 조절이 어려워지며 비마비측 다리와 마비측 다리의 무릎관절 움직임에서 협동(Coupling of the timing)이 감소하였다고 하였다. 또한, 비마비측 다리에 의존적인 체중부하와 마비측 다리의 보상작용이 나타나며 더욱 비대칭적인 움직임을 만든다고 하였다(Gray 등, 2012). 그리고 뇌졸중 환자의 빠른 속도의 동작은 근육이 신장(Stretch) 되는 동안, 경직이(Spasticity) 증가하면서 발목관절의 이차적인 손상이 유발될 수 있다고 하였다(McNair 등, 2002). 이처럼, 뇌졸중 환자에게 스쿼트 운동을 적용한 근력 강화 운동은 비대칭적인 체중 지지로 인한 보상작용을 유도할 수 있어, 뇌졸중 환자에게 적절하게 적용하기 어려운 부분이 있다고 하였다.

Shim과 Chung(2018)의 연구에서 무릎스쿼트 운동(Kneeling squat exercise)이 몸쪽 근육의 근력 향상에 효율적이라고 하였고, 스쿼트 운동보다 적용하기 쉽고 안전한 훈련 방법이라고 하였다. 그리고, 고관핵과 김병조(2022)의 연구에 따르면, 뇌졸중 환자에게 적용한 무릎스쿼트 훈련은 압력중심의 이동 면적이 작고, 이동 거리는 적으며, 이동속도가 느려 상대적으로 안전한 운동 수행이 가능하다고 하였다. 또한, X축 선에서 압력중심의 위치는 무릎 스쿼트 운동이 스쿼트 운동보다 X축 중심에서 가까워, 압력중심의 흔들림이 적은 상대적으로 균등한 무게중심의 이동을 보이는 운동이라고 하였다.

이처럼, 무릎스쿼트 운동이 뇌졸중 환자에게 효율적이라는 일부 연구는 있지만, 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 시 주로 사용하는 근육인 넓다리내갈래근을 직접적으로 비교한 연구는 적으며, 비마비측 다리와 마비측 다리의 넓다리내갈래근 활성도를 비교한 연구는 없었다. 따라서, 본 연구에서는 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 훈련 방법에 따른 넓다리내갈래근 활성도를 비교하고, 비마비측 다리와 마비측 다리의 차이를 알아보려고 하였다. 또한, 이를 바탕으로 효율적인 임상 운동 방법을 선택하는 데 도움이 되고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 설계 및 연구 대상

연구 대상자는 신경학적 손상으로 재활의학과 전문의에게 뇌졸중을 진단받은 편마비 환자를 실험 대상으로 선정하였다. 대상자의 인원수를 산출하기 위하여 G*power 3.1(version 3.1.9.2, Germany) 프로그램을 사용하였다. 환자 5명을 대상으로 사전 실험을 진행하였고, 효과 크기 0.7, 검정력 0.8, 유의수준 .05로 설정하였다. 산출 결과 19명이 대상으로 선정되었다. 연구 도중 탈락자를 고려하여 30명을 모집하였다. 연구 참여를 포기 의사로 밝히거나, 통증이 있어 운동에 참여하기가 어려운 환자는 탈락자로 간주하였다. 탈락자 8명을 제외한 22명을 최종 대상으로 연구를 진행하였다.

본 실험은 운동 순서에 따른 효과를 최소한으로 하기 위하여 교차 연구(crossover study)로 진행하였다. 준비뱃기를 시행하여 대상자를 A그룹과 B그룹에 11명씩 나누었다. A그룹은 무릎스쿼트 운동을 먼저 시행하고, 이후 스쿼트 운동을 시행하였다. B그룹은 스쿼트 운동을 먼저 시행하고, 이후 무릎스쿼트 운동을 시행하였다.

환자는 실험 방법에 관하여 연구자에게 자세한 설명을 들었고, 환자 스스로 연구 참여 동의서와 개인정보 동의서를 작성하도록 하였다. 연구 대상자의 일반적인 특성과 의학적 특성은 다음과 같다<Table 1>.

Table 1. General and medical characteristics of the subjects (N=22)

Characteristics		n (%)	M±SD
Gender	Male	15 (68.18)	
	Female	7 (31.81)	
General	Age (year)		56.09±18.18
	Height (cm)		162.56±9.89
	Weight (kg)		66.32±11.44
Medical	Cause	Hemorrhage	11 (50)
		Infarction	11 (50)
	Plegic side	Left	8 (36.36)
		Right	14 (63.63)

M±SD=mean±standard deviation

본 연구의 연구 대상자 선정 기준은 다음과 같다. 1) 신경학적 손상으로 뇌졸중을 진단받은 편측마비 환자, 2) 무릎스쿼트 운동 그리고 스쿼트 운동 수행이 가능한 환자, 3) 한국형-간이정신상태검사(Mini Mental State Examination-Korea, MMSE-K) 평가에서 24점 이상 점수를 획득한 환자

본 연구의 대상자 탈락 기준은 다음과 같다. 1) 뇌졸중 이외에 추가적인 신경학적 질환이 있는 환자, 2) 두 다리에 수술을 시행하여 정형외과적 문제가 있는 환자, 3) 무릎, 발목에 제한이 있어 동작 수행에 어려움이 있는 환자, 4) 전정 기관, 시각에 제한이 있어 균형에 영향을 끼치는 약물을 복용 중인 환자, 5) 경직(spasticity), 운동실조(ataxia)로 인하여 동작 수행에 제한이 있어 정확한 측정이 어려운 환자.

연구자는 연구에 참여하는 환자의 안전과 안녕을 존중하였다. 또한, 대상자의 권리를 보호하기 위하여 동의대학교 생명윤리 위원회의 승인을 받고, 연구를 진행하였다(DIRB-201908-HR-R-27).

2. 실험 절차 및 실험 방법

무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동의 수행 방법은 선행 연구의 운동 방법을 수정, 보완하여 사용하였다(노현우, 2018; Shim과 Chung, 2019). 연구자는 대상자가 운동 방법을 충분히 숙지할 수 있도록 구두로 설명하였고, 반복적으로 시범을 보였다. 환자가 운동 방법을 충분히 이해하였다고 판단되었을 경우, 3번의 사전 연습을 시행하였다. 환자가 피로를 호소하거나 근육의 피로를 느끼지 않도록, 운동 사이에 5분의 휴식 시간을 제공하였다.

운동 중에는 고개를 정면으로 향하도록 하였고, 환자가 편안하게 운동을 시행할 수 있도록 지시하였다. 각 운동의 수행 시간은 내려가는 시간 3초, 올라가는 시간 3초를 합하여, 총 6초 동안 시행하였다. 연구자는 스마트폰의 스톱워치를 사용하여, 1초 간격으로 청각적 정보를 제공하였고, 환자가 스스로 시간을 통제할 수 있도록 하였다. 연구 자료는 3번을 측정하여 평균값을 사용하였다.

연구를 진행하는 동안 환자의 안전을 위하여, 연구 보조자가 항상 환자 옆에서 대기하도록 하였다. 또한, 환자가 넘어지는 경우를 대비하여, 환자의 앞쪽과 비마비측 방향에 치료용 침대를 손으로 잡을 수 있도록 높이를 조절하여 설치하였고, 바닥에 폭신한 매트를 설치하였다.

1) 무릎스쿼트 운동

무릎스쿼트 운동의 동작 순서는 다음과 같다. 시작 자세는 두 무릎을 꿇고 선 자세에서, 무릎을 양쪽 어깨너비만큼

벌리고, 두 팔을 가슴 앞으로 교차시켜 팔짱을 끼도록 하였다. 이때, 허리와 등을 곧게 펴도록 하였고, 엉덩관절 0° , 무릎관절 90° 를 유지하도록 하였다. 정강이와 발등은 바닥에 평행하게 나란히 두었다<Figure 1 A, C>.

환자는 연구자가 시작이라는 구두 지시를 내림과 동시에, 엉덩관절과 무릎관절을 사용하여 3초 동안 천천히 앉도록 하였다. 발뒤꿈치에 엉덩이가 닿으면, 중간 자세에 도달한 것으로 판단하였다<Figure 1 B, D>. 연구자는 환자가 중간 자세에 도달하였다면, 즉시 3초 동안 천천히 일어나도록 하였고, 처음의 시작 자세로 되돌아가도록 지시하였다<Figure 1 A, C>.

2) 스쿼트 운동

스쿼트 운동의 동작 순서는 다음과 같다. 시작 자세는 두 다리를 양쪽 어깨너비만큼 벌리고, 두 팔을 가슴 앞으로 교차시켜 팔짱을 끼도록 하였다. 이때, 무릎과 허리 그리고 등을 곧게 펴도록 하였고, 엉덩관절 0° , 무릎관절 0° 를 유지하도록 하였다. 두 발은 11자로 평행하게 서도록 하였다<Figure 2 E, G>.

환자는 연구자의 시작이라는 구두지시를 내림과 동시에, 엉덩관절과 무릎관절 그리고 발목관절을 이용하여 3초 동안 천천히 앉도록 하였다. 무릎관절이 90° 되면, 중간 자세에 도달한 것으로 판단하였다<Figure 2 F, H>. 연구자는 환자가 중간 자세에 도달하였다면, 즉시 3초 동안 천천히 일어나도록 하였고, 처음의 시작 자세로 되돌아가도록 하였다<Figure 2 E, G>.

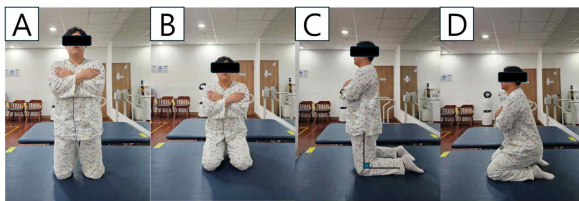


Figure 1. Front and side views of the kneeling squat exercise. (A) and (C) illustrate the initial and final postures; (B) and (D) depict the intermediate position.

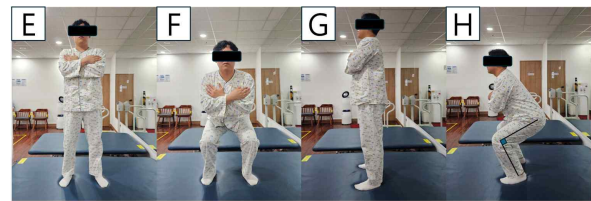


Figure 2. Front and side views of the standing squat exercise. (E) and (G) illustrate the initial and final postures; (F) and (H) depict the intermediate posture.

2. 실험 절차 및 실험 방법

1) 표면 근전도(sEMG)

표면 근전도를 측정하기 위하여 Noraxon telemyo 2400 system(TM DTS, Noraxon, Scottsdale, Arizona, USA, 2013)을 사용하였다. 측정된 근육의 활성도는 Medical software MR 3.6 clinical application protocols(TM DTS, Noraxon, Scottsdale, Arizona, USA, 2013) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 근전도 프로그램의 신호 표본 추출률(sampling rate)을 3,000Hz로 설정하였다. 주파수 대역필터는 20-450Hz로 필터링하여 고주파 노이즈(noise)를 제거하였다. 수집된 신호 파형(raw data)은 실효평균값(Root Mean Square, RMS)으로 정량화 하도록 하였다(고관혁과 김병조, 2022).

기준 수축값(Reference Voluntary Contraction, RCV)의 측정은 환자가 편안하게 앉은 자세에서 5초간 측정하였고, 3회 반복 측정하여 평균값을 사용하였다(Tan WT Alexander et al., 2024). 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 시, 6초 구간의 근육 수축 값을 측정한 뒤 100으로 나누었고, 각 근육의 기준 수축 값을 기준으로 백분율(Reference voluntary contraction, %RVC)을 계산하여 표준화 하도록 하였다.

전극의 부착 부위에 피부 저항을 최소화하기 위하여 제모를 시행하였고, 소독용 알코올 솜을 사용하여 피부의 표면을 3-4회 반복해서 문질러 소독을 시행하였다. 전극의 부착 방법은 근육에 저항이 제공되었을 때 가장 뚜렷한 근 힘살 (muscle belly) 부위에 부착하였다(Cram 등, 1998). 근전도 패드의 부착 거리는 2cm로 하였다.

전극의 부착 부위는 비마비측 다리와 마비측 다리의 안쪽넓은근(Vastus medialis), 넙다리곧은근(Rectus femoris), 가쪽넓은근(Vastus lateralis)이다(이종경, 2017; Gagnon과 Gagnon, 1993)<Table 2>.

Table 2. Location of surface EMG electrodes

Muscle	Placement of electrode
Vastus medialis	2 cm medial and superior to the knee joint at a 55-degree angle
Rectus femoris	Two points relative to the patella were considered: one midway between the anterior inferior iliac spine (AIIIS) and the superior border of the patella, and another 9 to 16 cm superior to the patella's superior border
Vastus lateralis	A point 3 cm superior and lateral to the center of the knee joint

EMG=electromyography; AIIIS=anterior inferior iliac spine

4. 자료 분석

측정된 자료는 SPSS 25.0을 사용하여 분석하였다. 콜모고로프-스미르노프 검정(Kolmogorov-smirnov test)을 사용하여 모집단의 정규성 분포를 확인하였다. 연구 대상자의 의학적 특성과 일반적인 특성은 기술통계를 이용하여 구하였다.

무릎스쿼트 운동과 스쿼트 훈련 방법에 따른 안쪽넓은근, 넙다리곧은근, 가쪽넓은근의 활성화도 차이를 비교하였고, 대응표본 t-검정(Paired t-test)을 사용하여 분석을 시행하였다. 비마비측 다리와 마비측 다리의 안쪽넓은근, 넙다리곧은근, 가쪽넓은근의 활성화도 차이를 비교하였고, 대응표본 t-검정을 이용하였다. 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동의 방법에 따른 비마비측 다리와 마비측 다리의 차이값을 비교하였고, 대응표본 t-검정을 이용하였다. 통계학적 유의수준은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 사이의 근육 활성화도 비교

무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동을 비교한 결과, 비마비측 다리의 안쪽넓은근과 넙다리곧은근 그리고 가쪽넓은근에서, 통계학적으로 유의한 수준의 차이를 보였다($p < .05$)<Table 3>. 그리고, 마비측 다리의 안쪽넓은근과 넙다리곧은근 그리고 가쪽넓은근에서도 통계학적으로 유의한 수준의 차이를 보였다($p < .05$)<Table 3>.

Table 3. Comparison of muscle activity between kneeling squat and squat exercise ($N=22$)

		Kneeling squat	Squat	<i>t</i>	<i>p</i>
NS	VM	2902.16±1651.05a	4596.83±2315.19a	-4.31	0.00*
	RF	1465.01±740.98	2266.51±1224.87	-4.29	0.00*
	VL	4301.68±2189.29	6758.83±3612.64	-3.42	0.00*
PS	VM	2268.04±1430.13	2886.07±1763.29	-2.51	0.02*
	RF	1082.43±890.54	1446.45±824.23	-2.88	0.01*
	VL	3283.23±2191.16	4025.18±1931.30	-2.24	0.04*

^aM±SD, * $p<0.05$

PS=paretic side; NS=nonparetic side; VL=vastus lateralis; RF=rectus femoris; VM=vastus medialis

2. 비마비측 다리와 마비측 다리의 근육 활성화도 비교

비마비측 다리와 마비측 다리를 비교한 결과, 무릎스쿼트 운동은 안쪽넓은근과 넓다리곧은근 그리고 가쪽넓은근에서 통계학적으로 차이가 관찰되지 않았다($p>0.05$)<Table 4>. 하지만, 스쿼트 운동은 안쪽넓은근과 넓다리곧은근 그리고 가쪽넓은근에서 통계학적으로 유의한 수준의 차이를 보였다($p<0.05$)<Table 4>.

Table 4. Comparison of muscle activity between nonparetic and paretic side ($N=22$)

		Nonparetic side	Paretic side	<i>t</i>	<i>p</i>
KS	VM	2902.16±1651.05a	2268.04±1430.13a	1.83	0.08
	RF	1465.01±740.98	1082.43±890.54	1.96	0.06
	VL	4301.68±2189.29	3283.23±2191.16	1.83	0.08
SS	VM	4596.83±2315.19	2886.07±1763.29	4.25	0.00*
	RF	2266.51±1224.87	1446.45±824.23	3.81	0.00*
	VL	6758.83±3612.64	4025.18±1931.30	4.47	0.00*

^aM±SD, * $p<0.05$

SS=standing squat; KS=kneeling squat; VL=vastus lateralis, RF=rectus femoris, VM=vastus medialis

3. 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 사이의 비마비측 다리와 마비측 다리의 근육 활성화도 차이값 비교

무릎스쿼트 운동의 비마비측 다리와 마비측 다리의 차이 값과 스쿼트 운동의 비마비측 다리와 마비측 다리의 차이 값을 비교한 결과, 안쪽넓은근과 넓다리곧은근 그리고 가쪽넓은근에서 통계학적으로 유의한 수준의 차이를 보였다($p<0.05$)<Table 5>.

Table 5. Comparison of muscle activity difference between kneeling squat and squat exercise ($N=22$)

		Kneeling squat	Squat	<i>t</i>	<i>p</i>
NS - PS	VM	634.11±1621.54a	1710.53±1887.94a	-2.67	0.01*
	RF	382.57±912.72	820.06±1008.63	-2.42	0.02*
	VL	1018.44±2607.04	2733.64±2867.44	-2.58	0.02*

^aM±SD, * $p<0.05$

PS=paretic side; NS=nonparetic side; VL=vastus lateralis; RF=rectus femoris; VM=vastus medialis

IV. 고찰

본 연구는 뇌졸중 후, 편마비 증상을 호소하는 성인 환자에게 적용한 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 훈련 방법에 따른 안쪽넓은근과 넓다리곧은근 그리고 가쪽넓은근 활성도를 비교하고, 비마비측 다리와 마비측 다리의 차이를 알아 보고자 하였다.

Kollmitzer 등(2002)의 연구에서 기저면의 넓이 변화는 자세 조절의 기전을 변경하여 근육 활성화에 영향을 준다고 하였고, 이는 기저면의 넓이가 다른 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동을 비교한 본 연구의 결과에서도 관찰되었다. 본 연구에서 비마비측 다리의 안쪽넓은근과 넓다리곧은근 그리고 가쪽넓은근 활성도를 측정하였고, 측정 결과 무릎스쿼트 운동이 스쿼트 운동보다 근육의 활성화도가 낮게 측정되었다. 그리고 마비측 다리의 안쪽넓은근과 넓다리곧은근 그리고 가쪽넓은근 활성도를 측정하였고, 측정 결과 무릎스쿼트 운동이 스쿼트 운동보다 근육의 활성화도가 낮게 측정되었다.

무릎스쿼트 운동은 무릎과 정강이 그리고 발목을 사용하여 체중을 지지하는 훈련 방법이며(고관혁과 김병조, 2022), 이는 상대적으로 넓고 안정적인 기저면을 형성한 것으로 관찰된다. 선행 연구에 의하면 기저면이 넓어지면 다리와 몸통의 근육 활성화도가 감소한다고 하였고(Gagnon과 Gagnon, 1993), 무릎맞기는 두 다리의 부하를 줄일 수 있는 유용한 방법이라고 하였다(Jaap 등, 1994). 본 연구의 결과에서도 무릎스쿼트 운동을 수행할 때, 비마비측 다리와 마비측 다리에서 상대적으로 낮은 근육의 활성도를 보여 선행 연구의 결과와 일치하였다.

반면, 스쿼트 운동은 발바닥만 사용하여 체중을 지지하는 훈련 방법이며(고관혁과 김병조, 2022), 이는 상대적으로 좁고 불안정한 기저면을 형성한 것으로 관찰된다. 선행 연구에 의하면 기저면이 좁아지면 근육 활성화도와 근육 동원이 증가한다고 하였다(배우영, 2009). 그리고 기저면이 좁은 불안정한 상태에서의 움직임은 자세 조절을 복잡하게 만들고, 더 많은 근육을 사용하게 되어, 높은 근육의 활성도를 보이게 된다고 하였다(Oddson, 1989) 또한, 기저면이 넓을 때보다 좁을 때 더 많은 근육이 동원되며, 근육의 활성화도가 증가한다고 하였다(윤혜선, 2004). 본 연구의 결과에서도 스쿼트 운동을 수행할 때, 비마비측 다리와 마비측 다리에서 상대적으로 높은 근육의 활성도를 보여 선행 연구의 결과와 일치하였다.

기저면 안에서 중력중심을 유지하고 조절하는 능력을 자세의 안정성이라고 정의하고 있으며, 자세의 안정성을 벗어나는 것을 안정성의 한계라고 정의하고 있고, 이러한 능력은 동작을 수행하는 부분에 있어서 중요한 역할을 한다(Geurts 등, 1996). 일반적으로 앉았다 일어서는 동작을 수행할 때, 안정성의 한계 내에서 압력중심을 두 다리와 몸통으로 안정적으로 이동시킬 수 있어야 하며, 현수전략과 체중이동전략 그리고 엉덩관절전략 등 다양한 전략을 환경의 변화에 따라서 조절하고 수정하여 자세를 유지할 수 있다고 하였다(Shumway-Cook과 Woollacott, 2007).

하지만, 뇌졸중 환자는 근육 동원 패턴 순서가 정상인과 다른 동원 패턴의 순서를 보이며(Cheng 등, 2010), 동작을 취할 때 자세 조절을 위한 전략 수행에 문제가 발생한다면, 불수의적인 수축이나 비정상적인 근육 동원 패턴과 보상작용을 유발하게 되고, 이를 방지하게 된다면 비사용을 학습하게 된다고 하였다(김원호, 2011; Lee 등 1997). 그리고 발목관절의 제한으로 인하여 동작을 수행하기 어려워, 이를 보상하기 위하여 체중을 비마비측으로 이동시킨다고 하였다(Carr과 Shepherd, 2002). 또한, 앉았다 일어서는 동작을 수행할 때 마비측 다리에서 24% ~ 37% 이하로 낮은 체중 지지를 보이기 때문에, 적절한 전략을 사용하여 자세를 조절하는 부분에 어려움이 있다고 하였다(Aurin 등, 2000; Eng과 Chu, 2002). 결국 비마비측 다리와 마비측 다리에서의 비대칭적인 체중 지지는 환자가 동작을 취하는 동안 비대칭적인 근육의 활성을 보이게 된다고 하였다(김혜연, 2015).

본 연구에서 무릎스쿼트 운동 시 안쪽넓은근과 넓다리곧은근 그리고 가쪽넓은근 활성화도는, 비마비측 다리가 마비측 다리보다 높았으나 통계학적으로 차이를 보이지 않아, 두 다리에서 상대적으로 균등한 근육의 활성도를 보였다. 이러한

결과는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자가 비마비측 다리와 마비측 다리에 체중을 균등하게 분배하기 어렵다는 선행 연구의 결과와 부분적으로 일치하였다(Cho과 Lee, 2010).

무릎스쿼트 운동은 동작을 수행할 때 발목관절의 움직임을 제외하고 체중을 지지하는데, 주로 무릎과 정강이 그리고 발등을 사용하여 체중을 지지하게 되며, X축 중심에서 무게 중심이 움직이는 운동이라고 하였다(고관혁과 김병조, 2022). 또한, 무릎맞기 동작은 두 다리의 근육 힘을 낮출 수 있는 자세라고 하였다(Zelle 등, 2007). 따라서, 무릎스쿼트 운동은 뇌졸중 환자가 동작을 수행하는 동안 발목관절의 제한에 따른 동작의 어려움이 상대적으로 적었다고 볼 수 있다. 그리고 무게 중심이 X축 중심에서 상대적으로 비마비측 다리와 마비측 다리로 균등하게 분포되는 운동이기 때문에(고관혁과 김병조, 2022), 비마비측 다리와 마비측 다리에서 근육의 활성도가 차이 나지만, 상대적으로 균등한 근활성도를 보이는 결과가 나타난 것으로 생각된다.

반면, 스쿼트 운동 시 안쪽넓은근과 넓다리곧은근 그리고 가쪽넓은근 활성도는, 비마비측 다리가 마비측 다리보다 높아 통계학적으로 유의한 차이를 보였고, 두 다리에서 상대적으로 불균등한 근육의 활성도를 보였다. 이러한 결과는 뇌졸중 환자가 두 다리로서 있을 때 동요가 증가하게 되며, 올바른 자세로 균형 유지하기 어렵고 비마비측 다리로 체중을 이동하는 경향이 있다는 선행 연구와 일치한 결과를 보였다(Cho과 Lee, 2010).

스쿼트 운동은 두 다리의 발바닥을 사용하여 체중을 지지하며 운동을 수행하게 된다(고관혁과 김병조, 2022). 일반적으로 뇌졸중 환자는 발목관절의 강직, 구축으로 동작을 올바르게 수행하기 어렵고, 비마비측 다리로 체중을 지지하게 된다고 하였다(Kirker 등, 2002). 이러한 자세 조절의 문제는 근육의 동원 패턴과 수축을 비정상적으로 만들게 된다고 하였다(김원호, 2011). 따라서, 스쿼트 운동은 뇌졸중 환자가 동작을 수행하는 동안 발목관절의 제한에 따른 동작이 어려움이 상대적으로 크다고 볼 수 있다. 그리고 무게 중심이 X축에서 중심에서 상대적으로 비마비측 다리로 불균등하게 분포하는 운동이기 때문에(고관혁과 김병조, 2022) 비마비측 다리와 마비측 다리에서 근육의 활성도 차이가 크고, 상대적으로 불균등한 근활성도 보이는 결과가 나타난 것으로 생각된다.

뇌졸중 환자에게 바르게 선 자세를 유도하려면 체중을 비마비측 다리와 마비측 다리에 균등하게 분배하는 것이 필수적이며, 균등한 체중을 지지하기 위하여 기저면의 면적이 중요하다고 하였다(Jang 등, 2010). 선행 연구에서는 좁은 기저면에서의 움직임은 압력중심이 크게 흔들릴 수 있으며, 이는 선행적 자세 조절을 빠르게 수행할 필요가 있어 보상작용을 유발할 수 있다고 하였다. 반면, 넓은 기저면에서는 신체의 안정성과 균형이 상승하기 때문에, 과제의 난이도를 조절하여 치료를 수행할 때 도움이 될 수 있다고 하였다(Nam 등, 2017; Yoo 등, 2012; Zultowski과 Aruin, 2008).

본 연구에서도 비마비측 다리와 마비측 다리의 근육 활성도 차이값은, 안쪽넓은근과 넓다리곧은근 그리고 가쪽넓은근에서 무릎스쿼트 운동이 스쿼트 운동보다 차이값이 작아, 두 다리에서 상대적으로 균등한 근육의 활성도를 보였다. 이러한 결과는 기저면의 면적이 좁을수록 압력중심의 이동속도와 이동 면적이 크기 때문에, 기저면을 빠르게 벗어나면서 자세의 안정성이 떨어지고 보상작용을 하였다는 선행논문의 결과와 일치하였다(Slobounov와 Newell, 1994; Slobounov와 Slobounova, 1997). 따라서, 무릎스쿼트 운동은 기저면이 넓기 때문에 압력중심의 이동이 작고 느려서 안정성이 증가한 것으로 볼 수 있으며, 상대적으로 균등한 체중지지를 유도하였기 때문에 비마비측 다리와 마비측 다리에서 근활성도의 차이가 작았다고 생각된다. 반면, 스쿼트 운동은 기저면이 좁아 압력중심의 이동이 크고 빨라서 안정성이 감소 되었고, 상대적으로 불균등한 체중지지를 유도하였기 때문에 비마비측 다리와 마비측 다리에서 근활성도의 차이가 높았다고 생각된다. 그러므로, 무릎스쿼트 운동을 적절하게 조절하여 환자에게 적용한다면, 비마비측 다리에 지나치게 의존하여 일어서는 방법을 억제하고, 마비측 다리의 근육 사용을 높여 비사용으로 인한 학습을 예방할 수 있다고 생각된다(Han 등, 2015).

본 연구에서는 다음과 같은 제한점이 있다. 첫째, 모집단의 수가 작아 결과를 모든 환자에게 일반화하기에는 어려움이 있다. 둘째, 급성기와 회복기 그리고 만성기에 따른 환자를 분류하여 측정하지 못하였다. 셋째, 무릎스쿼트 운동과

스쿼트 운동 시 안쪽넓은근과 넙다리곧은근 그리고 가쪽넓은근만 비교하였기에, 엉덩관절과 무릎관절 그리고 발목관절의 움직임에 관련된 다른 근육을 비교할 수 없었다. 넷째, 즉각적인 효과를 비교하였기에 운동의 학습에 따른 운동 효과가 작용하는지 알 수 없었다. 다섯째, 다리의 근력 약화로 무릎관절이 불안정한 일부 뇌졸중 환자는, 무릎스쿼트 운동을 수행하는 도중 완전히 앉는 자세에서 통증과 불안감을 호소하여 연구에서 제외되었다. 따라서, 임상에서 운동을 시행할 경우, 각도를 제한하거나 쿠션 등을 사용하여 이를 보완할 필요가 있다. 여섯째, 체중이동이 더해진 스쿼트 운동 방법을 추가적으로 연구할 필요가 있다. 추후 연구에서는 이와 관련된 지속적인 실험이 진행되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 뇌졸중 후, 편마비 증상을 호소하는 성인 환자를 대상으로 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 시 운동 방법에 따른 안쪽넓은근과 넙다리곧은근 그리고 가쪽넓은근의 활성도를 비교하였고, 다음과 같은 결과를 얻었다. 무릎스쿼트 운동은 안쪽넓은근과 넙다리곧은근 그리고 가쪽넓은근의 활성화도는 낮지만, 상대적으로 비마비측 다리와 마비측 다리의 균등한 근활성도를 보였다. 따라서, 임상에서 뇌졸중 환자에게 비마비측 다리와 마비측 다리의 근활성도 차이를 줄이고, 상대적으로 균등한 운동을 시행하고자 한다면, 무릎스쿼트 운동을 적용하는 것이 도움이 될 수 있다. 반면, 스쿼트 운동은 안쪽넓은근과 넙다리곧은근 그리고 가쪽넓은근의 활성화도는 높지만, 상대적으로 비마비측 다리와 마비측 다리의 불균등한 근활성도를 보였다. 따라서, 임상에서 뇌졸중 환자에게 두 다리의 근 활성화도를 높이고자 한다면 마비측 다리로 체중이동이 더해진 스쿼트 운동을 적용하는 방법이 도움이 될 것으로 판단이 된다.

참고문헌

- 고관혁, 김병조. 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 자세에 따른 뇌졸중 환자의 균형 비교 연구. 대한통합의학회 2022;10(4):1-9.
- 김원호. 과제지향적 접근법이 만성 뇌졸중 환자의 일어서기 동작 시 환측다리의 체중 지지비율과 근활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지 2011;18(2):18-26.
- 김주오, 이병희. 뇌졸중 환자에게 하지 근력강화 프로그램이 균형, 보행과 상지 기능에 미치는 효과. 한국콘텐츠학회논문지 2020;20(6):114-123.
- 김혜연, 정상미, 김영동. 앉은 자세에서 일어서기 동작이 뇌졸중 후 편마비 환자의 보행에 미치는 효과 - 증례보고. 대한신경치료학회지 2015;19(3):41-46.
- 노현우. 스쿼트 시 단축발 운동 적용이 대퇴사두근 근 활성화도 및 근 수축 개시시간에 미치는 영향[석사학위논문]. 삼육대학교; 2018.
- 배우영. 최소 기저면 상태의 고유수용성 신경근 촉진법이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행능력에 미치는 효과[석사학위논문]. 삼육대학교; 2009.
- 사회통계국 인구동향과. 사망원인 통계. 통계청. 2017.
- 사회통계국 인구동향과. 사망원인 통계. 통계청. 2018.
- 윤혜선. 상지운동 동안 기저면의 넓이 변화가 체간과 하지의 근 활성화도에 미치는 영향[석사학위논문]. 한서대학교;

2004.

- 이종경. 인라인 런지 시 운동능력에 따른 넙다리네갈래근 근활성도 비교 연구[석사학위논문]. 대구가톨릭대학교; 2017.
- Andersson AG, Kamwendo K, Appelros P. Fear of falling in stroke patients: relationship with previous falls and functional characteristics. *Int J Rehabil Res* 2008;31(3):261-264.
- Aruin AS, Hanke T, Chaudhuri G, et al. Compelled weight bearing in persons with hemiparesis following stroke: the effect of a lift insert and goal-directed balance exercise. *J Rehabil Res Dev* 2000;37(1):65-72.
- Berta Bobath. *Adult hemiplegia evaluation and treatment*. 3rd edition. Oxfordshire: Butterworth-Heinemann Medical Books;1990.p.1-208.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic exercise: foundations and techniques*. 5th edition. Seoul: YeongMun;2007.p.291-315.
- Carr J, Shepherd R. *Stroke rehabilitation: guidelines for exercise and training to optimize motor skill*. 1st edition. Elsevier;2003.p.267-291.
- Cheng PT, Wu SH, Liaw MY, Wong AM, Tang FT. Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82(12): 1650-1654.
- Cho KH, Lee WH. The effects of two motor dual task training on balance and gait in patients with chronic stroke. *J Kor Soc Phys Ther* 2010;22(4):7-14.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. *Introduction to surface electromyography*. Gaithersburg. An Aspen Publication;1998.p.213-257.
- Eng JJ, Chu KS. Reliability and comparison of weight-bearing ability during standing tasks for individuals with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83(8):1138-1144.
- Gagnon D, Gagnon M. The role of general motion principles in asymmetrical lifting. *Int J Indus Ergon* 1993;12:289-300.
- Geurts AC, Ribbers GM, Knoop JA, van Limbeek J. Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77(7):639-644.
- Goldstein LB, Adams R, Alberts MJ, Appel LJ, Brass LM, Bushnell CD, Culebras A, Degraza TJ, Gorelick PB, Guyton JR, Hart RG, Howard G, Kelly-Hayes M, Nixon JV, Sacco RL. Primary prevention of ischemic stroke: a guideline from the american heart association/ american stroke association stroke council: cosponsored by the atherosclerotic peripheral vascular disease interdisciplinary working group; cardiovascular nursing council; clinical cardiology council; nutrition, physical activity, and metabolism council; and the quality of care and outcomes research interdisciplinary working group: the american academy of neurology affirms the value of this guideline. *Stroke* 2006;37(6):1583-1633.
- Gray VL, Ivanova TD, Garland SJ. Control of fast squatting movements after stroke. *Clin Neurophysiol* 2012;123(2):344-350.
- Han JT, Kim YM, Kim K. Effects of foot position of the nonparetic side during sit-to-stand training on postural balance in patients with stroke 2015;27(8):2625-2627.
- Ikai T, Kamikubo T, Takehara I, Nishi M, Miyano S. Dynamic postural control in patients with
-

- hemiparesis. *An J Phys Med Rehabil* 2003;82(6):463-469.
- Jaap H, Van Dieën, Huub H.E, Oude Vrielink. Mechanical behaviour and strength of the motion segment under compression: implications for the evaluation of physical work load. *International Journal of Industrial Ergonomics Publication* 1994;14(4):293-305.
- Jang HY, Kim KH, Kim TH, Han DW. The effects of foot and knee position on electromyographic activity of the vastus medialis and vastus lateralis for hemiplegic patients. *J Kor Soc Phys Ther* 2010;22(4):21-28.
- Kim SY, Yang L, Park IJ, Kim EJ, JoshuaPark MS, You SH, Kim YH, Ko HY, Shin YI. Effects of innovative WALKBOT robotic-assisted locomotor training on balance and gait recovery in hemiparetic stroke: a prospective, randomized, experimenter blinded case control study with a four-week follow-up. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2015;23(4):636-642.
- Kirker SG, Simpson DS, Jenner JR, Wing AM. Stepping before standing: hip muscle function in stepping and standing balance after stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2000;68(4):458-464.
- Kollmitzer J, Oddsson L, Ebenbichler GR, Giphart JE, DeLuca CJ. Postural control during lifting. *J Biomech* 2002;35(5):585-594.
- Laurie Lundy-Ekman. *Neuroscience fundamentals for rehabilitation*. 4th edition. Elsevier Publishing Inc:2013.p.496-527.
- Lee DK, An DH, Yoo WG, Hwang BY, Kim TH, Oh JS. The effect of isolating the paretic limb on weight-bearing distribution and EMG activity during squats in hemiplegic and healthy individuals. *Top Stroke Rehabil* 2017;24(4):223-227.
- Lee MY, Wong MK, Tang FT, Cheng PT, Lin PS. Comparison of balance responses and motor patterns during sit-to-stand task with functional mobility in stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil* 1997;76(5):401-410.
- McNair PJ, Hewson DJ, Dombroski E, Stanley SN. Stiffness and passive peak force changes at the ankle joint: the effect of different joint angular velocities. *Clin Biomech* 2002;17(7):536-540.
- Meijer R, Ihnenfeldt DS, de Groot IJ, van Limbeek J, Vermeulen M, de Haan RJ. Prognostic factors for ambulation and activities of daily living in the subacute phase after stroke. a systematic review of the literature. *Clin Rehabil* 2003;17(2):119-129.
- Moreland JD, Richardson JA, Goldsmith CH, Clase CM. Muscle weakness and falls in older adults a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 2004;52(7):1121-1129.
- Moxley Scarborough D, Krebs DE, Harris BA. Quadriceps muscle strength and dynamic stability in elderly persons. *Gait Posture* 1999;10(1):10-20.
- Nam HS, Kim JH, Lim YJ. Effects of the base of support on anticipatory postural adjustment and postural stability. *J Kor Phys Ther* 2017;29(3):135-141.
- Newham DJ, Hsiao S-F. Knee muscle isometric strength, voluntary activation and antagonist co-contraction in the first six months after stroke. *Disabil Rehabil* 2001;23(9):379-386.
- Oddsson L. Motor patterns of a fast voluntary postural task in man: trunk extension in standing. *Acta Physiol Scand* 1989;136(1):47-58.

- Pai YC, Rogers MW, Hedman LD, Hanke TA. Alterations in weight transfer capabilities in adults with hemiparesis. *Phys Ther* 1994;74:647-659.
- Park JH. The physical therapy of neurological disease. HyunMoon Publishing Inc;2013.p23-98.
- Patten C, Lexell J, Brown HE. Weakness and strength training in persons with poststroke hemiplegia: rationale, method, and efficacy. *J Rehabil Res Dev* 2004;41(3A):293-312.
- Shim SY, Chung YJ. A comparison of trunk and lower extremity muscle activity during the performance of squats and kneeling squats in persons with stroke a preliminary study. *Phys Ther Rehabil Sci* 2019;8(2):86-89.
- Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor control: translating research into clinical practice. 3rd edition. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins;2007.p.323-325.
- Slobounov S, Newell KM. Postural dynamics as a function of skill level and task constraints. 1994;2(2):85-93.
- Slobounov SM, Slobounova ES, Newell KM. Virtual time-to-collision and human postural control. *J Mot Behav* 1997;29(3):263-281.
- Tan WT Alexander, Razali MF, Ripin YH, Yeo YH, Tay JY, Jaafar Na, Zaini Ridzwan MI, Chan PY, Ahmad Yusof H, Hanafi MH, Mohd Rozali ZN. The use of virtual reality in stable sitting trunk rehabilitation for stroke patients: a pilot study. *IMJM* 2024;23(3):113-123.
- Weerdesteyn V, de Niet M, van Duijnhoven HJ, Geurts AC. Falls in individuals with stroke. *J Rehabil Res Dev* 2008;45(8):1195-1213.
- Yoo KT, Yoon, JG, Park BK, Yun YD, Lee SB. Motion analysis and EMG analysis of the pelvis and lower extremity according to the width variation of the base of support. *J Int Acad Phys Ther Res* 2012;3(6):391-396.
- Yoshioka S, Nagano A, Himeno R, Fukashiro S. Computation of the kinematics and the minimum peak joint moments of sit-to-stand movements. *Biomed Eng Online* 2007;6:26.
- Zelle J, Barink M, Loeffen R, De Waal Malefijt M, Verdonschot N. Thigh-calf contact force measurements in deep knee flexion. *Clin Biomech(Bristol, Avon)* 2007;22(7):821-826.
- Zhong YJ, Meng Q, Su CH. Mechanism-driven strategies for reducing fall risk in the elderly: a multi-disciplinary review of exercise interventions. *Healthcare* 2024;12(23):1-25.
- Zultowski I, Aruin A. Carrying loads and postural sway in standing the effect of load placement and magnitude. *Work* 2008;30(4):359-368.
-