

The Effect of Sit to Stand Training Combined with Ultrasound on Spasticity, Muscle Strength and Gait Speed in Patients with Stroke

Kyoungsim Jung^{a*} , and Taesung In^b 

^aDepartment of Horse Industry, Sungwoon University, Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea

^bDepartment of Physical Therapy, Gimcheon University, Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea

Objective: The purpose of the present study was to determine whether sit to stand training combined with ultrasound improves the spasticity, muscle strength and gait speed in stroke patients

Design: Randomized controlled study

Methods: The current study included 40 stroke patients, who were randomly divided into two groups: the sit to stand training with ultrasound (USTS) group (n = 20) and the sit to stand training (STS) group (n = 20). All the participants underwent 30 sessions of STS training (thirty minutes, five days per week for six weeks). Additionally, the USTS group received ultrasound therapy. The present study evaluated the spasticity of ankle plantar-flexors by the composite spasticity score. The muscle strength and gait speed were evaluated using the handheld dynamometer and the 10-meter walk test, respectively.

Results: The USTS group and the STS group showed significant improvements in spasticity, muscle strength and gait speed after the intervention ($p < 0.05$). Significant improvement in the spasticity, muscle strength, and gait speed were observed in the USTS group compared to the control group ($p < 0.05$).

Conclusions: The results of the current study imply that sit to stand training combined with ultrasound is a beneficial and effective therapeutic modality that can be employed to improve the spasticity, muscle strength and gait speed in stroke patients.

Key Words: Stroke, Spasticity, Ultrasound

서론

뇌졸중 환자는 자세 조절의 어려움이 있으며[1], 하지 근력의 약화와 감각 소실로 인해 앉거나 일어설 때 대부분의 체중을 건측에 의존해 수행하는 경향이 있다[2]. 기립은 독립적인 일상생활에 필수적인 요소이며[3], 앉았다 일어서기는 무게중심이 증가하고 기저면이 좁아지는 특징을 가진다[4]. 뇌졸중 환자는 건강한 성인보다 앉고 일어서는 시간이 더 많이 걸리고 낙상의 위험이 높다[5].

앉았다 일어서기는 뇌졸중 환자의 하지의 근력과 균형을 개선시키기 위하여 임상에서 보편적으로 사용되는

훈련방법이다. 뇌졸중 환자를 대상으로 앉았다 일어서기 훈련이 체중분포[6], 자세 조절[7]이 개선되었다고 보고하였다. 또한, Tung(2010) 등은 뇌졸중 환자의 자세 조절과 하지 근력이 앉았다 일어서기 훈련 후에 유의하게 향상되었다고 보고하였다[8]. 앉았다 일어서기 때 체중의 분포는 양발의 위치에 따라 달라지며, Roy(2006) 등은 뇌졸중 환자가 앉은 자세에서 환측 발을 뒤로 하고 앉았다 일어서기 훈련을 했을 때 환측의 체중분포가 유의하게 증가했다고 보고하였다[9].

그러나 뇌졸중 환자의 경우 발바닥 굽힘근에 강직이 있을 때 발등굽힘이 제한되어 환측 발을 뒤로 했을 경우 발뒤꿈치가 지면에 닿지 않아, 앉은 자세에서 일어설

Received: Sep 5, 2022 Revised: Sep 27, 2022 Accepted: Sep 28, 2022

Corresponding author: Kyoungsim Jung (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3684-0592>)

Department of Horse Industry, Sungwoon University

105, Daehak-ro, Yeongcheon-si, Gyeongsangbuk-do 38801, Republic of Korea

Tel: +82-54-330-8899 Fax: +82-54-330-8760 Phone: +82-2-4280-2464 E-mail: ykpspt@hanmail.net

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

때 양발에 균등하게 체중분포가 어려워진다. 강직은 상 위운동신경원의 손상으로 신장반사가 과흥분되어 수동적 신장에 대한 저항이 증가하는 운동장애이다[10]. 하지 강직은 뇌졸중 환자의 안정성에 영향을 미치며, 낙상의 중요한 예측 인자로 알려져 있다[11]. 또한, 뇌졸중 환자의 발목 강직의 감소가 기립 균형 조절의 개선으로 이어질 수 있다[12]. 발바닥굽힘근의 강직이 심할 경우 보행 시 비대칭 자세, 균형 장애, 보행능력 감소 등 운동조절 능력의 상실을 야기시킨다 [13]. 뇌졸중 환자의 강직을 완화하기 위해 약물[14], 경피신경전기자극[15], 테이핑[16], 기능적 전기자극, 체외충격파, 신장운동 등이 있다[17].

최근에는 장딴지근의 강직을 감소시키기 위하여 초음파를 이용한 연구들이 보고되고 있으며, 발목 강직이 있는 뇌졸중 환자에게 초음파 치료를 적용하였을 때 발목 관절의 가동범위와 균형 능력이 향상된다고 보고하였다 [18]. Ansari 등[19]은 발목 강직이 있는 뇌졸중 환자에게 초음파 치료를 적용하였을 때 근 긴장도가 감소된다고 보고하였다. 다양한 연구에서 초음파 치료가 강직이나 균형조절, 보행능력에 미치는 보고되었지만, 대부분의 단일 중재에 국한되어 있고, 장기간 적용에 따른 효과에 대한 연구는 부족한 상태이다. 또한, 초음파를 병행한 앉았다 일어서기 훈련이 뇌졸중 환자의 강직이나 보행능력에 대한 연구가 부족하다. 따라서 본 연구에서는 6주간의 초음파를 병행한 앉았다 일어서기 훈련이 뇌졸중 환자의 발목 강직, 근력, 보행속도에 미치는 영향에 대해 알아보고자 한다.

연구방법

연구대상

본 연구는 경기도 H 재활병원에 입원한 뇌졸중 환자 40명을 대상으로 하였다. 독립적으로 의사소통이 가능하고(MMSE가 24점 이상인 자), 뇌졸중 진단을 받은 지 6개월 이상인 자, 1분 이상 독립적으로 서 있을 수 있는 자, 발바닥 굽힘근에 대한 수정된 애쉬워스 척도(modified ashworth scale, MAS)의 등급이 1, 1+, 2등급 인 자, 하지Brunnstrom 회복 3단계에 해당하는 자, 또한 선정 기준을 충족한 환자 중 본 연구에는 연구에 대한 충분한 정보와 설명을 듣고 참여에 동의한 환자로 하였다. 연구를 위한 모든 절차는 헬싱키선언에 따른 윤리기준을 준수하였다. 하지에 근골격계 질환이 있는 자, 심한 감각 및 시각의 결손이 있는 자는 제외하였다[20].

연구절차

예비 실험(8명 대상)에서 일차 측정변수인 강직 검사 결과를 토대로 G*power(version 3.1.9.4, Heinrich-Heine-University Düsseldorf, Germany) 프로그램을 사용하여 표본크기를 계산한 결과 총 40명이 나왔다(α 유의수준: 0.05, 검정력: 0.8, 효과크기: 0.83). 탈락자를 감안하여 표본크기의 10%를 더한 44명을 모집하였으나, 2명이 선정기준에 부합하지 않아, 42명을 대상으로 선정하였다. 선정편견을 최소화하기 위하여 배정번호가 담긴 밀봉된 봉투를 사용하여 무작위로 초음파를 병행한 앉았다 일어서기 훈련군(USTS, n=21)과 앉았다 일어서기 훈련군(STS, n=21)으로 나누었다. 훈련 전후에 발목의 강직, 근력 보행 속도를 평가하였다.

중재방법

두 그룹 모두 앉았다 일어서기 훈련을 주 5회, 하루 30분, 6주간 실시하였다. 대상자는 높이가 조절되는 의자에 엉덩이와 무릎관절이 90°굽힘 자세로넙다리뼈 전체 길이 중 절반이 의자에 지지되도록 앉아서 훈련을 실시하였다. 환측 엄지 발가락을 건측 발의 중앙에 위치시킨 후 팔 지지 없이 앉았다 일어서기를 수행하였다. 10회 수행 후 1분간 휴식을 취했다. USTS 그룹은 6주 동안 앉았다 일어서기 훈련을 하기 전 10분간 초음파를 적용하였다. 치료용 침대에 편안하게 엎드린 자세를 취한 후 마비 측 장딴지근을 노출시킨 후 장딴지 근육의 안쪽 머리를 1MHz, 2W/cm²로 근 섬유 방향을 따라 2cm/sec의 속도로 적용하였다[21]. 적용 중 대상자의 장딴지근의 긴장을 최소화하기 위하여 발목 밑에 수건을 대고 실시하였으며 6주간 주 5회씩, 총 30회 실시하였다.

측정방법및도구

복합강직점수(Composite Spasticity Score, CSS)

발바닥 굴곡근의 강직을 테스트하기 위해 복합강직점수를 사용하였다. 복합강직점수는 아킬레스건의 반사, 수동적 등측굴곡에 대한 저항 및 발목 간대성으로 구성되었다. 아킬레스건 반사 검사는 5점 척도로 점수가 높을수록 반사가 증가함을 의미한다. 수동적 발등 굽힘 검사는 최대 범위 수행 시 저항을 평가하는 검사로 5점 척도인 수정된 애쉬워스척도(modified ashworth scale, MAS)에서 점수를 2배로 하여 평가하는 검사이다. 간대성 경련은 최소 1점에서 최대 4점까지 부여할 수 있으며, 1점은 간대성 경련이 발생하지 않음, 4점은 간대성 경련이 계속 발생함을 의미한다. 총점에서 9점 미만은 경미한 강직, 10~12점은 중등도 강직, 13~16점은 중

증 강직을 의미한다. 검사-재검사 신뢰도가 매우 높은 것으로 보고되었다(ICC = 0.97)[22].

근력(Hand-held dynamometer)

발바닥 굽힘근의 근력을 테스트하기 위해 휴대용 동력계(Model 01163, Lafayette Inc, USA)를 사용하였다. 발바닥 굽힘근의 근력을 평가하기 위해 엉덩관절과 무릎관절을 곧게 펴고 엎드린 자세에서 휴대용 동력계에 대해 발바닥 굽힘을 시행하였다. 휴대용 동력계는 신경계 손상 환자에서 높은 미터 내 신뢰도와 미터 간 신뢰도를 나타내었다($r=0.84 \sim 0.99$)[23]. 3회 측정 후 평균값을 사용하였다.

보행속도(10-meter walk test, 10MWT)

보행능력 평가는 10미터 보행검사를 사용하였다. 10미터 보행검사는 측정자 내 신뢰도와 측정자 간 신뢰도($r=0.96 \sim 0.98$)가 높으며, 보행속도를 측정하기 위해 사용되는 평가도구이다[24]. 3회 측정 후 평균값을 기록하였다.

자료분석

모든 통계 분석은 SPSS 프로그램(Version 20.0, IBM Corp, USA)을 이용하였으며, Shapiro-Wilk 검정 방법을 통해 변수들의 정규성 검정을 시행하였다. 집단 간

차이는 독립t검정(Independent t-test), 집단내의 비교는 대응t검정(Paired t-test)을 사용하였다. 범주형 변수의 비교를 위해 카이제곱검정(X^2 -검정)을 사용하였다. 모든 자료의 통계적 유의 수준은 0.05이다.

연구결과

연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에는 훈련기간 동안 각 군에서 한명씩 퇴원으로 인해 중도탈락하였으며, 뇌졸중 환자 40명이 사후 검사를 완료하였다. 일반적인 특성은 Table 1과 같으며, 사전검사에서는 집단 간 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

두 군에서 중재 전과 후의 강직에 미치는 차이

강직 점수에 있어 두 집단 모두 훈련 전후 유의한 변화가 있었으며($p < 0.05$), 훈련 전·후 변화량에 있어서는 USTS군이 STS군보다 더 많이 감소되었다($p < 0.05$). Table 2와 같다.

두 군에서 중재 전과 후의 근력에 미치는 차이

근력 점수에 있어 두 집단 모두 훈련 전후 유의한 변화가 있었으며($p < 0.05$), 훈련 전·후 USTS군이 STS군보다 더 많은 증가되었다($p < 0.05$). Table 3과 같다

Table 1. General Characteristics of Participants

(n=40)

	USTS group (n=20)	STS group (n=20)	p
Gender (Male/Female)	13/7	14/6	0.56 ^b
Age (years)	43.9±6.0 ^a	45.4±7.4	0.37 ^c
Height (cm)	164.9±7.5	165.1±8.1	0.72 ^c
Weight (kg)	62.9±10.1	63.5±9.2	0.42 ^c

a. Values are expressed as mean±standard deviation., b. Chi-square test, c. Independent t- test.

USTS group: Ultrasound + sit to stand training group, STS group: sit to stand training group.

Table 2. Comparison of spasticity between two groups before and after intervention

(n=40)

Group	USTS group (n=20)	STS group (n=20)	p
Pre	11.1 ± 1.8	10.5 ± 1.4	1.52
Post	8.7 ± 1.7	10.1 ± 1.8	
Change	-2.4 ± 1.1	-0.4 ± 0.9	

Values are expressed as mean ± standard deviation (SD).

* Significant differences between pre and post test ($p < 0.05$). USTS group: sit to stand training with ultrasound, STS group: sit to stand training group.

Table 3. Comparison of muscle strength between two groups before and after intervention (n=40)

	Group	USTS group (n=20)	STS group (n=20)	p
Muscle strength (kg)	Pre	13.1 ± 2.3	13.5 ± 2.4	0.81
	Post	18.9 ± 3.0	16.1 ± 2.0	
	Change	5.8 ± 2.9	2.6 ± 1.9	0.04

Values are expressed as mean ± standard deviation (SD).

* Significant differences between pre and post test ($p < 0.05$). USTS group: sit to stand training with ultrasound, STS group: sit to stand training group.

Table 4. Comparison of gait speed between two groups before and after intervention (n=40)

	Group	USTS group (n=20)	STS group (n=20)	p
10MWT (s)	Pre	23.5 ± 3.8	22.5 ± 2.9	1.04
	Post	18.6 ± 3.0	20.8 ± 3.5	
	Change	-4.9 ± 1.3	-1.7 ± 0.8	0.01

Values are expressed as mean ± standard deviation (SD).

* Significant differences between pre and post test ($p < 0.05$). USTS group: sit to stand training with ultrasound, STS group: sit to stand training group.

두 군에서 중재 전과 후의 보행속도에 미치는 차이

보행속도에 있어 두 집단 모두 훈련 전후 유의한 변화가 있었으며($p < 0.05$), 훈련 전·후 USTS군이 STS군보다 더 많이 향상되었다($p < 0.05$). Table 4와 같다.

고찰

본 연구에서는 초음파 치료를 병행한 앉았다가 일어서기 훈련이 뇌졸중 환자의 발목 강직, 근력 및 보행능력에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 그 결과, USTS 그룹에서 STS 그룹보다 발바닥굽힘근에 대한 강직이 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 초음파는 임상에서 심부투열 이용한 치료방법으로 많이 사용하고 있으며, 초음파 에너지는 음파가 조직에 전달되어 열에너지로 전환된다 [25]. 초음파 에너지에 의한 조직 온도의 상승은 조직을 신장시키고 탄력성을 변환시킴에 따라 교원조직이 이완된다고 보고하였다 [26]. Ansari 등[19]의 연구에서 뇌졸중 환자를 대상으로 발바닥 굽힘근 강직에 초음파 치료 시 초음파 치료군에서만 치료 전후 유의한 강직 감소가 나타났다고 보고하였다. USTS 군에서 강직이 감소한 것은 초음파의 원리를 이용하여 장딴지근에 조직의 온도를 상승시켜 강직 감소를 유도했을 것이라고 사료된다.

본 연구에서는 훈련 후 발바닥 굽힘근의 근력을 측정 한 결과 USTS군이 STS군보다 유의한 개선효과를 보였다($p < 0.05$). 황명하는 8주간 발목에 테이핑을 했을 때

뇌졸중 환자의 환측의 강직, 수동적 배굴각, 체중지지율이 유의하게 개선되었다고 하였다[27]. 또한 테이핑의 부착으로 인해 종아리 근육의 근활성도가 증가하여 발목관절 주변의 무게중심을 안정된 위치로 회복시키는데 중요한 역할을 하였다고 주장하였다[28]. 본 연구에서, 훈련 후 발바닥 굽힘근 근력의 증가는 강직 완화로 인한 발목 움직임의 개선에 기인한 것으로 보여진다. 이러한 변화는 앉았다 일어설 때 발뒤꿈치가 지면에 닿아 마비측의 체중지지를 증가시킴에 따라 하지에 위치한 신근의 활동을 촉진시킨 것으로 생각된다. 강직은 작용근과 반대근의 부조화를 특징으로 하며, 발바닥 굽힘근에 강직이 있는 경우, 선 자세에서 지지면이 감소하고, 발목 전락을 사용하기 어려워진다[29]. 본 연구에서는 훈련 전·후 발등 굽힘 가동범위에 대해 측정하지는 않았지만, 중등도의 발바닥 굽힘근 강직이 있는 환자를 대상으로 초음파를 병행한 앉았다 일어서기 훈련 후, 강직이 유의하게 감소됨을 확인하였다.

본 연구의 10 미터 검사에서는 군 내 치료 전, 치료 6주 후 비교에서 USTS군은 TUG 시간이 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. STS군에서는 TUG 시간이 감소하였지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그룹 간 비교에서는 치료 전, 치료 6주 후의 값이 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 강직은 근력을 약화시키고, 관절가동범위를 제한하며 주동근과 길항근 근 수축 협응을 어렵게 만든다[30]. Lamb 등[29]

은 일반적으로 뇌졸중 환자는 장딴지 근육 강직으로 인해 신체의 비대칭 정렬을 유발하고 신체의 균형 유지를 방해한다고 하였다. 따라서 장딴지근의 근 긴장도가 감소함에 따라서 발목전략의 보다 원활한 사용으로 인해 보행능력이 개선되었다고 사료된다. 이상호의 연구에서도 뇌졸중 환자의 장딴지근육에 정적신장을 동반한 초음파 치료를 적용하였을 시 기능적 팔 뻗기 검사와 일어서서 걷기 검사에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나 본 연구의 결과와 일치하였다[18]. 본 연구에서 훈련 후 USTS군의 보행능력이 더 유의하게 개선된 다른 이유는 발바닥 굽힘근의 근력의 증가때문일 것이다. 뇌졸중 환자의 보행속도에 영향을 미치는 변수를 연구한 결과에서 보행속도는 발바닥굽힘근 강도와 유의한 상관관계가 있는 것으로 보고되었다[31].

이 연구는 초음파와 함께 앉았다 서기 훈련이 뇌졸중 환자의 발목 강직, 하지 근력, 보행 속도에 미치는 영향을 조사했다. 그 결과 초음파를 실시하지 않은 그룹에 비해 강직과 보행 속도가 유의하게 개선되었다. 그러나 본 연구의 결과 대상자의 수가 적기 때문에 치료 효과를 일반화하기 어렵고 고유수용감각 및 근육활성패턴에 대한 효과는 확인되지 않았다. 향후 연구에서는 초음파와 병행하여 앉았다 일어서기 훈련 후 근육 활성화 패턴을 비롯한 다양한 변수의 변화를 측정하는 것이 필요하며, 장기적인 치료를 통해 삶의 질에 미치는 영향을 확인하는 연구가 필요하다.

결론

본 연구는 초음파를 병행한 앉았다 일어서기 훈련이 뇌졸중 환자의 강직과 근력, 보행속도에 미치는 영향을 알아보았다. 본 연구 결과 초음파를 병행한 앉았다 일어서기 훈련군이 초음파를 적용하지 않은 훈련군에 비해 강직과 근력 및 보행능력에 유의한 개선 효과가 나타났다. 따라서 초음파를 병행한 앉았다 일어서기 훈련은 임상에서 뇌졸중 환자의 강직과 보행속도를 증진시키기 위한 중재방법으로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

This work was supported by NRF(National Research Foundation of Korea) Grant funded by the Korean Government(2022RS-2022-00166683)

이해충돌

본 연구의 저자들은 연구, 저작권 및 출판과 관련하여

어 잠재적인 이해충돌이 없음을 선언합니다.

참고문헌

1. Chen 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;82:1650-1654.
2. Lee D, Bae Y. The Effectiveness of Driving Game on Trunk Control and Gait Ability in Stroke. *J Mot Behav.* 2020;52:33-40.
3. Khemlani MM, Carr JH, Crosbie WJ. Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clin Biomech.* 1999;14:236-246.
4. Hughes MA, Weiner DK, Schenkman ML, Long RM, Studenski SA. Chair rise strategies in the elderly. *Clin Biomech.* 1994;9:187-192.
5. Lim C. Multi-Sensorimotor Training Improves Proprioception and Balance in Subacute Stroke Patients: A Randomized Controlled Pilot Trial. *Front Neurol.* 2019;10:157.
6. Engardt M, Ribbe T, Olsson E. Vertical ground reaction force feedback to enhance stroke patients' symmetrical body-weight distribution while rising/sitting down. *Scand J Rehabil Med.* 1993;25:41-48.
7. Hesse S, Schauer M, Petersen M, Wang RY. Sit-to-stand manoeuvre in hemiparetic patients before and after a 4-week rehabilitation programme. *Scand J Rehabil Med.* 1998;30:81-86.
8. Tung FL, Yang YR, Lee CC, Wang RY. Balance outcomes after additional sit-to-stand training in subjects with stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2010;24:533-542.
9. Roy G, Nadeau S, Grave D, Malouin F, McFadyen BJ, Pottie F. The effect of foot position and chair height on the asymmetry of vertical forces during sit-to-stand and stand-to-sit tasks in individuals with hemiparesis. *Clin Biomech.* 2006;21:585-593.
10. Wissel J, Manack A, Brainin M. Toward an epidemiology of poststroke spasticity. *Neurology.* 2013;80:S13-19.
11. Soyuer F, Ozturk A. The effect of spasticity, sense and walking aids in falls of people after chronic stroke. *Disabil. Rehabil.* 2007;29:679-687.
12. Cakar E, Durmus O, Tekin L, Dincer U, Kiralp

- MZ. The ankle-foot orthosis improves balance and reduces fall risk of chronic spastic hemiparetic patients. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010;46:363-368.
13. Caillet F, Mertens P, Rabaseda S, Botsson D. Three dimensional gait analysis and controlling spastic foot on stroke patients. *Ann Read apt Med Phys.* 2003;46:119-131.
 14. Francisco GE, McGuire JR. Poststroke spasticity management. *Stroke.* 2012;43:3132-3136.
 15. Potisk KP, Gregoric M, Vodovnik L. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on spasticity in patients with hemiplegia. *Scand J Rehabil Med.* 1995;27:169-174.
 16. Choi SH, Lim C. Immediate Effects of Ankle Non-elastic Taping on Balance and Gait Ability in Patients With Chronic Stroke: A Randomized, Controlled Trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2020; 43:922-929
 17. Yoo SD, Kim HS, Jung PK. The effect of shock wave therapy on upper limb spasticity in the patients with stroke. *J Korean Acad Rehab Med* 2008; 32:406-410
 18. Lee SH. THE EFFECTS OF THERAPEUTIC ULTRASOUND WITH STATIC STRETCHING ON GASTROCNEMIUS MUSCLE ON RANGE OF MOTION AND BALANCE OF STROKE PATIENTS. *Physical therapy.* Daegu: Daegu Catholic University; 2015.
 19. Ansari N, Naghdi S, Bagheri H, Ghassabi H. Therapeutic ultrasound in the treatment of ankle plantarflexor spasticity in a unilateral stroke population: a randomized, single-blind, placebo-controlled trial. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2007; 3:137-143.
 20. Ng SS, Hui-Chan CW. Does the use of TENS increase the effectiveness of exercise for improving walking after stroke? A randomized controlled clinical trial. *Clin rehabil.* 2009;23:1093-1103.
 21. Cho YH. The effects of ultrasound therapy on balance and gait in stroke patients with ankle spasticity. *Physical therapy.* Daegu: Korea National University of Transportation; 2019.
 22. Levin MF, Hui-Chan C. Are H and stretch reflexes in hemiparesis reproducible and correlated with spasticity? *Neurol.* 1993;240:63-71.
 23. Bohannon RW. Test-retest reliability of hand-held dynamometry during a single session of strength assessment. *Phys Ther.* 1986;66:206-209.
 24. Peters DM, Fritz SL, Krotish DE. Assessing the reliability and validity of a shorter walk test compared with the 10-meter walk test for measurements of gait speed in healthy, older adults. *J Geriatr Phys Ther.* 2013;36:24-30.
 25. Draper DO, Schulthies S, Sorvisto P, Hautala AM. Temperature changes in deep muscles of humans during ice and ultrasound therapies. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995;21:153-157.
 26. Lehmann JF, Lateur BJ. Diathermy and superficial heat and cold therapy. In *Krusen's Handbook of physical medicine and rehabilitation.* Philadelphia: WB Saunders; 1990.
 27. Hwang MH. Effects of KinesioTaping on the Plantar Flexion Spasticity and Balance of Chronic Stroke. *Physical therapy.* Daegu: Daegu University; 2013.
 28. Urban PP, Wolf T, Uebele M, et al. Occurrence and clinical predictors of spasticity after ischemic stroke. *Stroke.* 2010;41:2016-2020.
 29. Cheng PT, Chen CL, Wang CM, Hong WH. Leg muscle activation patterns of sit-to-stand movement in stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil.* 2004; 83:10-16.
 30. Lamb SE, Ferrucci L, Volapto S et al. Risk factors for falling in home-dwelling older women with stroke: the Women's Health and Aging Study. *Stroke.* 2003;34:494-501.
 31. Brincks J, Nielsen JF. Increased power generation in impaired lower extremities correlated with changes in walking speeds in sub-acute stroke patients. *Clin. Biomech (Bristol, Avon).* 2012;27: 38-144.