

Effectiveness of Heel-Raise-Lower Exercise Combined with Taping in Patients with Stroke

Kyoungsim Jung^a, Kyunghun Kim^{b*}, 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

*These authors contributed equally to this work

Objective: This study was conducted to investigate the effect of heel-raise-lower exercise on spasticity, strength, and gait speed after the application of taping in patients with stroke.

Design: Randomized controlled study

Methods: The participants were randomly divided into the heel raise-lower exercise+taping (HREx+T) group and the heel raise-lower exercise (HREx) group, with 20 participants assigned to each group. Both groups performed heel lifting exercise 100 times a day 5 times a week for 6 weeks. HREx+T group additionally applied taping to the plantar flexor muscles. The spasticity of the ankle plantar flexors was measured using the composite spasticity score. A handheld dynamometer and a 10-m walk test were used to measure plantar flexor strength and gait speed, respectively.

Results: Spasticity was significantly more improved in the HREx+T group than in the HREx group ($p < 0.05$). Similarly, plantar flexor strength was significantly more improved in the HREx+T group than in the HREx group ($p < 0.05$). Moreover, participants assigned to the HREx+T group showed significantly greater improvement in gait speed than those in the HREx group ($p < 0.05$).

Conclusions: Thus, heel-raise-lower training combined with taping may be used to improve the spasticity, muscle strength and gait speed in stroke patients.

Key Words: Spasticity; Stroke, Taping

서론

뇌졸중 환자는 감각장애, 근력약화와 같은 문제로 인해 보행기능에 저하가 유발되며, 재활치료의 우선순위가 독립적인 보행능력의 회복이다[1,2]. 발바닥 굽힘근은 강력하게 수축하여 선 자세를 유지하고[3], 무게중심이 이동하기 전에 선행적으로 수축하여 자세조절에 기여하는 것으로 알려져 있다[4-6]. 또한 보행 시 무게중심을 앞으로 이동시키는데 필요한 에너지는 대부분 발바닥 굽힘근에 의해 만들어지며[7,8], 환측 발바닥 굽힘근의 근력은 보행속도와 관련이 있다[2,9,10].

선 자세에서 뒤꿈치 들기 운동은 임상에서 발바닥 굽힘근의 강화를 위해 많이 사용하는 운동방법으로, 장비

없이 간단하게 수행할 수 있다[11,12]. Fujiwara 등[13]은 노인을 대상으로 뒤꿈치 들기 운동을 8주간 실시하여 발바닥 굽힘근의 근력과 단면적이 유의하게 증가하였으며, 자세동요가 감소하였다고 하였다. 또한 뇌졸중 환자를 대상으로 발판 위에 발의 앞 부분을 올려 발등 굽힘된 상태에서 뒤꿈치 들기 운동을 실시한 연구에서는 발목의 최대 운동범위에서 발바닥 굽힘근의 동심성과 편심성 수축이 가능하기 때문에 편평한 지면에서 운동한 그룹에 비해 발바닥 굽힘근 근력, 보행속도 및 활보장이 유의하게 개선되었다[12].

그러나 뇌졸중 환자들은 발바닥 굽힘근의 강직이 있는 경우, 발등 굽힘을 하기가 어렵다[14]. 편심성 수축의 경우 환측 근육의 근활성을 더욱 촉진할 수 있지만 이

Received: Mar 29, 2022 Revised: Apr 27, 2022 Accepted: May 2, 2022

Corresponding author: Taesung In (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7672-5150>)

Department of Physical Therapy, Gimcheon University

214, Daehak-ro, Gimcheon-si, Gyeongsangbuk-do 39528, Republic of Korea

Tel: +82-54-420-4068 Fax: +82-54-420-4467 E-mail: in8386@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 효과적으로 적용하기 위해서는 발바닥 굽힘근이 충분히 늘어날 수 있도록 강직을 제어하는 것이 필요하다 [15]. 최근에는 강직완화를 위해 테이핑이 많이 사용되고 있으며, 뇌졸중 환자의 고유수용감각 및 자세조절 기능 개선에 효과가 있는 것으로 보고되었다[16]. 뇌졸중 환자에서 발바닥 굽힘근에 테이핑을 적용한 이전 연구에서는 발목 강직과 수동적 발등 굽힘 각도에서 상당한 개선이 관찰되었다고 보고했다[17].

이전의 여러 연구에서 테이핑이 강직과 근력에 미치는 영향을 보고했지만 대부분은 테이핑의 즉각적인 효과만 확인했다. 강직 완화는 뇌졸중 환자의 기능 회복에 있어 중요한 문제 중 하나이지만, 기존의 연구들은 강직에만 초점을 맞추거나 강직 여부와 상관없이 모든 피험자에게 동일한 훈련을 적용했다. 따라서 본 연구는 테이핑을 병행한 6주간의 뒤꿈치 들었다 내리기 훈련이 뇌졸중 환자의 발목 강직을 개선할 수 있는지 이로 인해 근력 및 보행 속도에도 영향을 미칠 수 있는지 알아보고자 한다.

연구방법

연구대상

본 연구는 경기도 M 재활병원에 입원한 뇌졸중 환자 40명을 대상으로 하였다. 독립적으로 의사소통이 가능하고 (인지선별검사 점수가 22점 이상에 해당되는 자) 10미터를 걸을 수 있는 편측성 마비가 있는 자; 마비측 발목에 경도에서 중등도의 강직이 있는 자; Brunnstrom 하지기능이 3단계에 있는 환자를 대상으로 하였으며 [18], 전정기관 장애로 인한 어지럼증이 있거나, 편측 무시 또는 감각 손상이 있는 자[19], 보행에 영향을 미치는 정형외과적 질환이 있는 자는 제외하였다. 본 연구에 참여한 대상자는 모두 연구에 대한 충분한 정보와 설명을 듣고 참여에 동의하였다.

연구절차

사전 연구(8명 대상) 결과를 토대로 G*power 3.1.9.4 프로그램(Heinrich-Heine-University Düsseldorf, version 3.1.9.4, Düsseldorf, Germany)을 사용하여 샘플사이즈를 계산하였고, 그 결과 총 40명이 나왔다(α 오류: 0.05, 힘: 0.8, 효과크기: 0.82). 선정 편견을 최소화하기 위하여 무작위로 heel raise-lower exercise+taping(HREx+T, n=20)군과 heel raise-lower exercise(HREx, n=20)군으로 나누었다. 6주의 훈련 후 중도 탈락없이 총 40명의 피험자가 평가에 포함되었으며, 훈련 전후에 강직, 근력, 보행 속도를 평가했다.

중재방법

모든 피험자들은 뒤꿈치 들었다 내리기 운동 시 발바닥 굽힘근의 신장성에 따라 발뒤꿈치가 바닥에 닿을 수 있는 높이의 블록 위에 발 앞부분을 올려놓았다. 피험자들은 양쪽 발꿈치를 최대한 높게 올렸다가 천천히 약 2초간 내림으로써 발바닥 굽힘근의 동심성 및 편심성 수축을 반복하였다. 영향을 받는 발바닥 굽힘근의 수축을 촉진하기 위해 피험자들은 운동 중 양 발에 대칭적으로 체중 분배가 이뤄질 수 있도록 바른 자세를 유지하도록 지시 받았다. 환자마다 속도가 다르기 때문에 운동량을 균등하게 하기 위해 시간이 아닌 100회 반복하는 것을 목표로 운동량을 설정하였으며, 하루동안 환자의 체력에 따라 충분한 휴식시간을 갖으면서 100회를 수행하게 하였다[12]. 훈련은 6주 동안 주 5회 실시하였다. 훈련 초기에는 대부분의 피험자들이 높이 5cm의 발판 위에서 훈련을 시작하였고, 발판의 높이를 점차 높여가며 훈련하였다. 발판의 높이는 대상자의 수준에 맞게 매주 훈련의 시작전 뒤꿈치가 발바닥에 닿는 지 확인하여 가능한 경우에만 1cm씩 높였다. 훈련시 안전을 위해 5년 이상의 재활 경력을 가진 치료사가 옆에서 감독하였으며, 필요한 경우 지지대를 지지하게 하였다.

HREx+T 군의 피험자들은 6주 동안 발바닥 굽힘근에 테이핑을 적용하였다. 테이핑은 폭 5cm의 일자형 탄성 테이프 4개(kinesiology 3NS, Golden Health Farm, Korea)를 사용하였고, 3일에 한 번 교체되었다. 테이프는 중립 위치에서 발목에 부착되었고 4단계로 적용되었다. 첫번째는 바로 누운자세에서 실시하였다. 테이프를 발허리뼈의 중간에서 시작하여 종아리뼈 머리 아래까지의 길이를 측정하고, 테이프를 최대 길이의 약 120%까지 늘린 후, 앞정강근에 붙였다. 두번째와 세번째 단계는 엎드린 자세에서 실시하였다. 두 번째 단계는 발 뒤꿈치에서 시작하여 두 갈래의 테이프를 각각 종아리 근육의 내측과 외측 머리에 부착했다. 세 번째 단계에서는 발바닥의 활에서부터 내측 및 외측 복사뼈에 테이프를 부착하였다. 네 번째 단계에서는 발목 관절을 가로질러 양쪽 복사뼈에 테이프를 부착하였다[16].

측정방법 및 도구

복합강직점수(Composite Spasticity Score)

본 연구는 아킬레스건의 반사, 수동적 등쪽 굽힘에 대한 저항 및 발목의 간대성 경련에 대한 평가로 구성되는 복합 강직 점수를 사용하여 발바닥 굽힘근의 강직을 평가했다. 아킬레스건 반사 테스트는 5점 척도로 점수가 높을수록 반사가 증가함을 나타낸다. 수동적 배측

굴곡 검사는 5점 척도인 수정된 Ashworth 척도의 점수를 2배로 하여 최대 관절가동범위를 수행할 때 저항을 평가한다. 발목의 간대성 경련 점수의 범위는 1점에서 4점으로 구성되며, 1점은 간대가 발생하지 않음을 나타내고 4점은 간대가 계속 발생함을 나타낸다. 총 점수가 9점 미만인 경우 경미한 강직을 나타낸다. 10~12점은 중등도의 강직, 13~16점은 중증 강직을 의미한다 [20].

근력

휴대용 동력계를 이용하여 발바닥 굽힘근의 근력을 측정하였다. 엎드린 자세에서 엉덩관절과 무릎관절을 곧게 펴고 엎드린 자세에서 휴대용 동력계에 대해 발바닥 굽힘을 시행하였다. 휴대용 동력계는 신경계 손상 환자에서 높은 측정자 간 신뢰도를 보였다($r=0.84 \sim 0.99$)[21].

보행속도

보행 속도는 10미터 보행 검사(10MWT)를 사용하여 측정하였다. 10미터를 걷는 데 걸린 시간을 측정하는 방법으로 측정자 간 높은 신뢰도를 나타낸다($r=0.89 \sim 1.00$)[22].

자료분석

모든 통계 분석은 SPSS 프로그램(Version 15.0, IBM Corp, USA)을 이용하였으며, Shapiro-Wilk 검정 방법을 통해 변수들의 정규성 검정을 시행하였다. 집단 간 차이는 독립표본, 집단내의 비교는 대응표본을 사용하였다. 범주형 변수의 비교를 위해 X2-검정을 사용하였다. 모든 자료의 통계적 유의 수준은 0.05 이하로 하였다.

연구결과

연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에는 뇌졸중 환자 40명이 사후검사를 완료하였으며, 일반적인 특성은 <Table 1>과 같다. 사전검사에서 집단 간 유의한 차이가 없었다<Table 1>.

중재 전과 후의 강직점수의 변화

훈련 후 강직점수는 HRLEx+T군에서만 유의한 감소가 나타났다($p<0.05$). 훈련 전·후 변화량에 있어서는 HRLEx+T군이 HRLEx 군보다 유의한 개선효과가 있었다($p<0.05$, Effect size: 1.7). <Table 2>와 같다.

Table 1. General Characteristics of Participants

(n=40)

	HREx+T group (n=20)	HREx group (n=20)	p
Gender(Male/Female)	13/7	14/6	0.56 ^b
Age(years)	42.9±5.7 ^a	45.6±6.0	0.37 ^c
Height(cm)	164.7±7.3	165.5±6.2	0.49 ^c
Weight(kg)	62.4±10.4	63.9±8.7	0.32 ^c

a. Values are expressed as mean±standard deviation., b. Chi-square test, c. Mann-Whitney U test.

HREx+T group: Heel raise-lower exercise+Taping group, HREx group: Heel raise-lower exercise exercise group.

Table 2. Comparison of spasticity, strength, gait speed between two groups before and after intervention(n=40)

Test	Group	Spasticity(score)	Strength(kg)	Gait speed(s)
Pre	HREx+T group	10.9(1.6)	13.3(2.1)	23.2(3.8)
	HREx group	10.2(1.8)	13.8(2.5)	24.0(3.0)
Post	HREx+T group	8.8(1.7)	19.2(3.1)	18.0(3.2)
	HRExgroup	9.9(2.0)	16.6(2.0)	21.3(4.2)
Change	HREx+T group	-2.1(1.3) ^{*#}	5.9(3.0) ^{*#}	-5.2(1.5) ^{*#}
	HREx group	-0.3(0.7)	2.8(1.9) [*]	-2.7(1.0) [*]

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

*Significant differences between pre and posttest ($p<0.05$) #Significant differences between the group ($p<0.05$).

HREx+T group: Heel raise-lower exercise+Taping group, HREx group: Heel raise-lower exercise exercise group.

중재 전과 후의 근력의 변화

두 집단 모두 훈련 전후 발바닥 굽힘근의 근력이 유의하게 개선되었다($p < 0.05$). 훈련 전·후 변화량에 있어서는 HRLEx+T 군이 HRLEx 군보다 유의한 개선효과가 있었다($p < 0.05$, Effect size: 1.2). <Table 2>와 같다

중재 전과 후의 보행속도의 변화

두 집단 모두 훈련 전후 보행속도가 유의하게 개선되었다($p < 0.05$). 훈련 전·후 변화량에 있어서는 HRLEx+T 군이 HRLEx 군보다 유의한 개선효과가 있었다($p < 0.05$, Effect size: 1.8). <Table 2>와 같다.

고찰

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 발바닥 굽힘근에 테이핑을 적용하고 난 후 뒤꿈치 들었다 내리기 훈련이 발바닥 굽힘근의 강직, 근력 및 보행속도에 미치는 효과에 대해 알아보았다. 그 결과, HREx+T 군이 HREx 군에 비해 발바닥 굽힘근의 강직이 유의하게 감소하였다. 뇌졸중 환자의 상지에 테이핑을 적용한 선행 연구에서는 대조군에 비해 강직이 유의하게 감소했다고 보고했는데, 이는 테이핑이 과긴장된 근육을 지속적으로 신장시키면서 자가억제를 유도하기 때문이라고 하였다[23]. 또한 보툴리눔 독신 A형 주사 후 캐스팅, 테이핑, 스트레칭의 효과를 비교한 연구에서 캐스팅과 테이핑이 스트레칭보다 발목 관절의 강직 감소 및 운동 범위 개선 효과가 더 오래 지속되는 것으로 나타났으며, 이 결과는 적용 시간의 차이 때문이라고 설명하였다 [24].

발바닥 굽힘근은 길이-장력관계에 의해 발목이 약간 발등 굽힘되어 있을 때 최대 토크를 만들어 내며 [25], Lee 등 [12]은 뇌졸중 환자를 대상으로 앞발 5cm 높이의 발판위에 올려놓고 발목이 발등 굽힘된 상태에서 뒤꿈치 들기 훈련을 실시한 결과, 편평한 지면에서 실시한 그룹보다 발바닥 굽힘근의 근력이 유의하게 개선되었으며, 넓은 범위로 편심성 수축을 반복함으로써, 종아리 근육이 보다 많이 늘어났기 때문이라고 하였다. 편심성 수축을 반복하면 근방추와 골지힘줄기관으로부터 지속적으로 구심성 입력을 받음으로써 종아리근육이 늘어나게 된다[26]. 그러나 강직이 있는 뇌졸중 환자의 경우 발등 굽힘이 제한되어 발을 지면에 안정화시키는 것이 어렵다[27]. 이에 본 연구에서는 환자마다 발바닥 굽힘근의 신장성에 따라 뒤꿈치가 바닥에 닿을 수 있는 최대 높이의 발판을 선택하게 하였다. 또한 HREx+T 군의 경우 발바닥 굽힘근의 강직완화를 위해 테이핑을 적용하였다. 본 연구에서 HREx+T 군의 발바

닥 굽힘근 근력이 유의하게 개선된 것은 테이핑 적용으로 강직이 개선되어 HREx 군보다 편심성 수축이 효율적으로 일어났기 때문이라고 생각된다. 뒤꿈치가 지면에 안정화되면 정확한 들심성 감각입력이 이루어졌을 뿐 아니라, 정강이뼈의 전방회전에 대한 저항이 감소하여 안정적으로 체중부하가 가능하도록 한다[18].

또한, 본 연구에서는 훈련 후 보행속도에 미치는 효과에 대해서 알아보았다. 그 결과, HREx+T 군에서 HREx 군에 비해 유의한 개선 효과를 나타내었다. 종아리 근육은 선 자세에서 선행적 자세조절에 중요한 자세 조절근육 중 하나이다[5]. 노인을 대상으로 뒤꿈치 들기 훈련을 실시한 연구에서는 종아리 근육의 단면적이 유의하게 증가하였으며, 이로 인해 자세동요가 개선되었다고 하였다[13]. 또한 근력은 보행속도를 결정하는 가장 중요한 요소 중 하나이다[28]. 발바닥 굽힘근은 보행 주기중 발끝밀기에서 최대 힘을 나타내며, 추진력을 제공하는데 중요하다고 하였다[9]. 본 연구에서 HRLEx+T 군의 보행속도가 유의하게 개선된 것은 발바닥 굽힘근의 개선과 그로 인해 균형이 더욱 향상되었기 때문이라고 생각된다.

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 테이핑을 병행한 뒤꿈치 들었다 내리기 훈련의 효과를 알아본 결과, 발바닥 굽힘근의 강직과 근력, 보행속도에 유의한 개선효과가 있었다. 하지만 보행 대칭도에 미치는 효과는 확인되지 않았다. 앞으로의 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 동작분석을 이용하여 보행주기에 따른 발목 움직임과 무릎관절 각도 등 보행의 질적 변수에 미치는 효과에 대해서 알아볼 필요가 있겠다.

결론

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 6주간 테이핑을 병행한 뒤꿈치 들었다 내리기 운동이 강직, 근력 및 보행속도에 미치는 효과를 연구하였으며, 테이핑을 병행한 뒤꿈치 들기 운동이 운동만 적용하였을 때보다 강직, 근력 및 보행속도에 효과적임을 증명하였다. 본 연구결과를 토대로 뇌졸중 환자의 강직, 근력 및 보행속도의 개선을 위한 운동과 테이핑의 병행요법을 제안하였고, 이러한 훈련 방법은 임상과 가정에서 효율적으로 적용할 수 있을 것이라 생각된다.

감사의 글

This work was supported by NRF(National Research Foundation of Korea) Grant funded by the Korean Government(2021R1F1A1063056)

이해충돌

본 연구의 저자들은 연구, 저작권, 및 출판과 관련하여 잠재적인 이해충돌이 없음을 선언합니다.

참고문헌

- Bohannon RW, Andrews A, Smith M. Rehabilitation goals of patients with hemiplegia. *Int J Rehabil Res.* 1988;11:181-183.
- 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, 27 138-144.
- Okada M. An electromyographic estimation of the relative muscular load in different human postures. *J Hum Ergol.* 1973;1:75-93.
- Belen'kii VE, Gurfinkel VS, Pal'tsev EI. Control elements of voluntary movements. *Biofizika.* 1967; 12:135-141.
- Fujiwara K, Toyama H, Kunita K. Anticipatory activation of postural muscles associated with bilateral arm flexion in subjects with different quiet standing position. *Gait Posture.* 2003;17:254-263.
- Horak FB, Esselman P, Anderson ME, Lynch MK. The effects of movement velocity, mass displaced, and task certainty on associated postural adjustments made by normal and hemiplegic individuals. *J. Neurol. Neurosurg Psychiatry.* 1984;47:1020-1028.
- Nadeau S, Gravel D, Arsenault AB, Bourbonnais D. Plantar flexor weakness as a limiting factor of gait speed in stroke subjects and the compensating role of hip flexors. *Clinical Biomechanics.* 1999; 14:125-135.
- Olney SJ, Griffin MP, Monga TN, McBride ID. Work and power in gait of stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1991;72:309-314.
- Kim CM, Eng JJ. the relationship of lower-extremity muscle torque to locomotor performance in people with stroke. *Phys Ther.* 2003;83:49-57.
- Kluding P, Gajewski B. Lower-extremity strength differences predict activity limitations in people with chronic stroke. *Phys Ther.* 2009, 89, 73-81.
- Carr J, Shepherd R. *Neurological Rehabilitation: Optimizing Motor Performance (2nd ed).* Edinburgh, Churchill Livingstone, 2010, New York.
- Lee SM, Cynn HS, Yoon TL, Lee JH. Effects of different heel-raise-lower exercise interventions on the strength of plantarflexion, balance, and gait parameters in stroke survivors. *Physiother Theory Pract.* 2017;33:706-715.
- Fujiwara K, Toyama H, Asai H, Yaguchi C, Irei M, Naka M, Kaida C. Effects of regular heel-raise training aimed at the soleus muscle on dynamic balance associated with arm movement in elderly women. *J Strength Cond Res* 2011;25:2605-2615.
- Ping HO, Chung B, Kam Kwan Cheng B. Immediate effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on spasticity in patients with spinal cord injury. *Clin Rehabil.* 2010;24:202-210.
- Clark DJ, Patten C. Eccentric versus concentric resistance training to enhance neuromuscular activation and walking speed following stroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2013;27:335-344.
- Karadag-Saygi EK, Cubukcu-Aydoseli KC, Kablan N, Ofluoglu D. The role of Kinesiotaping combined with botulinum toxin to reduce plantar flexors spasticity after stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2010; 17:318-322.
- Carda S, Invernizzi M, Baricich A, Cisari C. Casting, taping or stretching after botulinum toxin type A for spastic equinus foot: a single-blind randomized trial on adult stroke patients. *Clin Rehabil* 2011;25:1119-1127.
- 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.
- Laddha D, Pattnaik GS, Mohanty P, Mishra C. Effect of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Plantar Flexor Muscle Spasticity and Walking Speed in Stroke Patients. *Physiother Res Int.* 2016;21:247-256.
- Poon DM, Hui-Chan CW. Hyperactive stretch reflexes, co-contraction, and muscle weakness in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2009;51:128-135.
- Bohannon RW. Test-retest reliability of hand-held dynamometry during a single session of strength

- assessment. *Phys Ther.* 1986;66:206-209.
22. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther.* 2002;82:128-137.
 23. Huang YC, Chen PC, Tso HH, Yang YC, Ho TL, Leong CP. Effects of kinesio taping on hemiplegic hand in patients with upper limb post-stroke spasticity: a randomized controlled pilot study. *Eur J Phys Rehabil.* 2019;55:551-557.
 24. Carda S, Invernizzi M, Baricich A, Cisari C. Casting, taping or stretching after botulinum toxin type A for spastic equinus foot: a single-blind randomized trial on adult stroke patients. *Clin Rehabil.* 2011; 25:1119-1127.
 25. Hoy MG, Zajac FE, Gordon ME. A musculoskeletal model of the human lower extremity: The effect of muscle, tendon, and moment arm on the moment-angle relationship of musculotendon actuators at the hip, knee, and ankle. *J Biomech.* 1990; 23:157-169.
 26. LaRoche DP, Connolly DA. Effects of stretching on passive muscle tension and response to eccentric exercise. *Am J Sports Med.* 2006;34:1000-1007.
 27. Camargos AC, Rodrigues-de-Paula-Goulart F, Teixeira-Salmela LF. The effects of foot position on the performance of the sit to stand movement with chronic stroke subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90: 314-319.
 28. Bohannon RW. Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing.* 1997;26:15-19.