

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2022. 06. Vol. 29, No.2, pp. 20-27

가벼운 터치 자극을 이용한 균형훈련이 뇌졸중 환자의 자세동요와 보행속도에 미치는 영향

인태성¹ · 정경심²

¹김천대학교 물리치료학과 · ²성운대학교 말산업학과

The effect of balance training combined with light touch on postural sway and walking speed in patients with stroke

Tae Sung In¹, Ph.D., P.T. · Kyoung Sim Jung² Ph.D., P.T.

¹Dept. of physical therapy, Gimcheon University

²Dept. of Horse Industry, Sungwoon University

Abstract

Background: The purpose of the present study was to determine whether balance training combined with light touch improves the postural sway and gait speed in stroke patients.

Design: Randomized Controlled Trial Study

Methods: The current study included 40 stroke patients, who were randomly divided into two groups: the balance training with light touch (LT) group ($n=20$) and the balance training with heavy touch (HT) group ($n=20$). Both groups performed balance training on a stable and unstable ground. Additionally, the LT group provided light touch stimulation, and the HT group provided heavy touch stimulation. All the participants underwent 20 sessions of STS training (thirty minutes, five days per week for four weeks). In this study, postural sway was measured using a force platform, and walking speed was measured using a 10 meter walk test.

Results: The improvements in postural sway and gait speed were observed to be significantly greater in the LT group, compared to the HT group ($p<0.05$).

Conclusion: The results of the current study imply that balance training combined with light touch is a beneficial and effective therapeutic modality that can be employed to improve the postural sway and gait speed in stroke patients.

Key words: Balance, Gait, Light touch, Stroke.

교신저자

인태성 교수
경상북도 김천시 대학로 214 김천대학교
T: 054-420-4467, E: in8386@naver.com

I. 서론

두발로 선 자세는 기저면이 좁은 반면 무게중심이 높기 때문에 균형을 유지하기 위해서는 끊임없이 자세조절을 해야 한다(Kouzaki와 Masani, 2008). 뇌졸중 환자는 관절가동성의 제한, 근육의 약증, 근 긴장도의 변화, 감각 결손 등의 문제로 인하여 균형이 떨어지게 되며(Bonan 등, 2004), 가만히 서있는 자세에서 정상인에 비해 자세동요가 증가하게 된다(Nichols, 1997).

햅틱 센스(Haptic sense)는 팔과 손의 피부, 근육과 관절에 내장되어있는 역학수용기로부터의 피부와 운동감각(kinesthetic input)의 결합을 의미하며(Gibson, 1966), 복잡한 감각운동기술에 필수적이다(Solomon과 Turvey, 1988). 최근에는 자세조절에 있어 햅틱 센스가 중요한 역할을 한다고 보고되고 있다(Baccini 등, 2007). Holden 등(1994)은 손끝의 가벼운 촉각자극이 자세조절 시스템에 추가적인 체성감각정보를 제공하면서 시각장애인의 자세동요를 감소시켰다고 하였다(Lee 등, 2018). 특히 감각을 손상받은 환자의 경우 서 있는 자세에서 발로부터 전달되는 무게중심에 대한 정보가 감소하기 때문에 손의 체성감각 피드백이 이를 대체하여 자세조절에 기여하게 된다(Dickstein 등, 2003; 정형국, 2009).

지금까지 전정기관 손상환자(Lackner 등, 1999), 당뇨병 환자(Dickstein 등, 2001), 십자인대손상(Bonfim 등, 2008), 소뇌 손상환자(Sullivan 등, 2006), 뇌졸중(Cunha 등, 2012) 환자를 대상으로 자세동요에 대한 가벼운 촉각 자극의 효과가 입증되었다. Lackner 등(1999)은 건강한 성인과 전정기관 손상환자 모두 가벼운 촉각자극이 시각 정보만 제공하였을 때보다 자세동요의 감소효과가 더 크다고 보고하였고, 시각장애인을 대상으로 적용된 힘의 차이에 따른 자세 안정화 효과를 비교한 연구에서는 가벼운 촉각자극이 무거운 터치자극(heavy touch)과 유사한 효과를 나타냈다고 하였다(Jeka 등, 1996). 이러한 가벼운 촉각자극의 효과는 두발로 선 자세 뿐만 아니라 한발 서기 자세(Holden 등, 1994)와 한 다리의 발뒤꿈치 뒤에 반대쪽 발의 앞쪽이 일직선으로 위치하고 선 자세(Rabin 등, 2008) 불안정한 지면에 서 있는 자세에서도(Dickstein 등, 2001; Tremblay 등, 2004) 입증된 바 있다.

Cunha 등(2012)은 뇌졸중 환자를 대상으로 가벼운 촉각 자극의 효과를 알아본 결과, 시각 정보의 차단 유무와 관계없이 자세동요의 감소 효과가 있는 것으로 나타났으며, 눈을 감았을 때 그 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

그러나 뇌졸중 환자를 대상으로 가벼운 촉각자극의 장기적인 훈련 효과에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 다양한 지면위에서 가벼운 촉각 자극을 적용하여 균형과 보행속도에 미치는 효과를 알아보려고 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 경기도 M 재활병원에 입원한 뇌졸중 환자 40명을 대상으로 하였다. 독립적으로 의사소통이 가능하고 뇌졸중의 진단을 받은 자, 1분 이상 독립적으로 서 있을 수 있는 자, 편측 무시가 없는 자, 심한 감각 또는 시각의 결손이 없는 자, 전정기관 손상이 없는 자를 대상으로 하였다. 또한 선정 기준을 충족한 환자 중 본 연구에는 연구에 대한 충분한 정보와 설명을 듣고 참여에 동의한 환자가 포함되었다.

2. 연구절차

Pilot test (8명 대상) 결과를 토대로 G*power3.1.9.2 프로그램을 사용하여 샘플사이즈를 계산한 결과 총 40명이 나왔다(α 오류: 0.05, 힘: 0.8, 효과크기: 0.83). 탈락자를 감안하여 42명을 대상자로 선정하였다. 선정편견을 최소화하기 위하여 배정번호가 담긴 밀봉된 봉투를 사용하여 무작위로 balance training with light touch (LT, $n=21$)군과 balance training with heavy touch (HT, $n=21$)군으로 나누었다. 훈련 전후에 자세동요와 보행 속도를 평가하였으며, 4주의 훈련 동안 LT군과 HT군에서 각각 한 명씩 퇴원으로 인해 중도탈락 하여 총 40명의 피험자가 사후 평가에 포함되었다.

3. 중재방법

전체 훈련시간은 30분으로 주 5회 4주를 실시하였다. 두 그룹은 모두 균형 훈련을 하루 30분 주5회 4주간 실시하였다. 훈련의 시작과 끝에 각각 5분 동안의 준비운동과 마무리 운동을 하였으며, 안정된 면과 불안정한 면(발란스 패드)위에 선 자세에서 균형 훈련을 실시하였다. 먼저 안정된 면에서 훈련은 발란스 보드 위에서 자세(양팔너비로 다리를 벌리고 선 자세와, 건축발의 뒤꿈치를 환측 발 앞에 일직선으로 놓고 선 자세)와 시각 조건(눈을 뜬 상태, 눈을 감은 상태)에 따라 1분씩 무작위로 중심잡기 훈련을 실시하였다. 불안정한 지지면에서의 훈련은 발란스 보드 위에 발란스 패드를 놓고 같은 방법으로 4가지 조건하에서 1분씩 무작위로 중심잡기 훈련을 실시하였다. 균형 훈련을 하는 동안 시선은 눈높이에 위치한 정면의 빨간 점을 응시하게 하였으며, 매주 훈련의 시작전 보조 도구 없이 환자의 좌·우 체중분포를 측정하고, 환측에 대한 체중분포를 기준으로 50%가 될 때까지 5%씩 목표를 증가시켰다. 훈련은 조건별로 2회씩 실시되었으며, 훈련 마다 1분간 휴식을 취하였다.

LT군은 건축 손으로 압력센서가 장착된 지지대를 0.1N 이상의 힘으로 누르면 Beep음이 나오게 함으로써 가벼운 촉각자극만을 제공하였으며, 1분간 Beep음이 나오지 않고 중심잡기를 수행하였을 때 훈련을 1회 수행한 것으로 간주하였다. HT군은 원하는 만큼 체중을 지지하게 하였다.

4. 측정방법

1) 정적균형

정적균형은 발란시아 소프트웨어가 장착된 노트북과 Wii 발란스 보드를 사용하여 측정하였다. 샘플 주파수는 50 Hz로 하였고, 12 Hz 저주파 차단 필터링을 적용하였다. 30초 동안 눈을 뜨거나 감고 선 자세에서 전·후 및 내·외측 동요속도를 측정하였다. 발란시아 소프트웨어는 측정자간 (ICC=0.89-0.79) 및 측정자내 신뢰도 (ICC=0.92-0.70) 가 높은 것으로 보고 되었다(Park과 Lee, 2014).

2) 보행속도

보행 속도의 변화를 결정하기 위해 10미터 보행 검사(10MWT)를 사용하였다. 10미터를 걷는 데 걸린 시간을 측정하는 방법으로 측정자간 신뢰도가 매우 높은 것으로 보고되었다($r=0.89-1.00$)(Steffen 등, 2002).

5. 분석방법

본 연구의 모든 작업과 통계는 SPSS(v. 12)를 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 두 집단의 치료 전·후의

차이 비교를 위하여 독립표본 t검정(Independent t-test)을 하였다. 집단 간 차이를 알아보기 위해 짝 비교 검정(Paired t-test)을 이용하였다. 모든 자료의 통계학적 유의수준은 $p<.05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에는 뇌졸중 환자 40명이 사후검사를 완료하였고, 일반적인 특성은 <Table 1>과 같다. 집단 간의 baseline에는 유의한 차이가 없었다.

Table 1. General characteristics of study subjects (N=40)

	LT group (n=20)	HT group (n=20)	p
Gender (Male/Female)	10/10	12/8	1.00 ^b
Age (age)	42.5±5.4 ^a	44.3±5.8	0.42 ^c
Weight (kg)	61.9±9.8	62.4±8.8	0.38 ^c
Height (cm)	163.9±7.1	164.5±6.0	0.43 ^c

^aValues are expressed as mean±standard deviation, ^bChi-square test, ^cIndependent t-test. LT group=balance training with light touch group; HT group=balance training with heavy touch group.

2. 두 군에서 중재 전과 후의 자세동요에 미치는 차이

눈을 뜬 상태에서는 전·후 및 내·외측 방향에서의 자세동요속도에서 LT군만 훈련 전·후 유의한 변화가 있었으며($p<.05$), 눈을 감은 상태에서는 두 군 모두 훈련 전후 유의한 변화가 있었다($p<.05$). 훈련 전·후 변화량에 있어서는 눈을 감은 상태에서만 전·후 방향과 내·외측 방향의 자세동요속도에서 LT군이 HT 군보다 유의한 개선효과가 있었다($p<.05$). <Table 2>와 같다.

Table 2. 두 군에서 중재 전과 후의 자세동요에 미치는 차이 (N=40)

	Test	Group	Pre	Post	p
Eyes open (cm/s)	전·후	LT group	1.5(0.7) ^a	1.3(0.5) *	1.89
		HT group	1.3(0.8)	1.3(0.6)	
	내·외측	LT group	0.9(0.6)	0.8(0.8) *	2.14
		HT group	0.7(0.5)	0.7(0.6)	
Eyes closed (cm/s)	전·후	LT group	1.7(0.8)	1.4(0.7) *	0.01
		HT group	1.5(0.7)	1.4(0.9) *	
	내·외측	LT group	1.1(0.5)	0.8(0.6) *	0.03
		HT group	0.9(0.7)	0.8(0.6) *	

^aValues are expressed as mean(standard deviation). *Significant differences between pre and posttest ($p<.05$) LT group=balance training with light touch group; HT group=balance training with heavy touch group.

3. 두 군에서 중재 전과 후의 보행속도에 미치는 차이

보행속도에 있어 두 집단 모두 훈련 전·후 유의한 변화가 있었으며($p<.05$), 훈련 전·후 변화량에 있어서는 LT군이 HT군보다 유의한 개선효과가 있었다($p<.05$). <Table 3>와 같다.

Table 3. 두 군에서 중재 전과 후의 보행속도에 미치는 차이 (N=40)

Test	Group	Pre	Post	p
Gait speed (s)	LT group	30.24(5.2)	25.36(7.2)*	0.01
	HT group	28.66(6.2)	26.45(8.1)*	

^aValues are expressed as mean(standard deviation). ^{*}Significant differences between pre and posttest ($p<.05$) LT group= balance training with light touch group; HT group=balance training with heavy touch group.

IV. 고찰

본 연구에서는 가벼운 촉각자극 훈련이 뇌졸중 환자의 자세동요에 미치는 효과를 알아본 결과, 눈을 감은 상태에서 LT군이 HT에 비해 전·후 및 내·외측 동요속도에서 유의한 개선 효과를 보인 것으로 나타났다. 가벼운 촉각자극은 손의 감각정보와 팔의 위치변화에 따른 고유수용감각 정보가 자세동요의 방향과 속도에 대한 정보를 중추신경계에 전달함으로써 자세조절근육의 활성을 유발하여 서 있는 자세를 안정화시키는 역할을 한다(Jeka와 Lackner, 1994; Jeka 등, 1996; Jeka와 Lackner, 1995). 가벼운 촉각자극이 선행적 기전에 의해 자세조절하는 것과 달리, 무거운 터치는 자세동요에 대해 역학적인 지지를 제공하여 피드백 기전에 의해 균형을 잡을 수 있도록 도와준다(Dickstein 등, 2001; Jeka와 Lackner, 1995). Gunha 등(2012)은 뇌졸중 환자를 대상으로 시각조건에 따른 가벼운 촉각자극의 효과를 비교한 결과, 대조군과 비슷한 자세동요의 감소효과를 나타냈으며, 눈을 감았을 때 그 효과가 더욱 큰 것으로 보고하였다. 또한 터치방향에 따른 자세동요를 비교한 결과, 내·외측 방향에서 건측 손으로 가벼운 촉각을 적용하였을 때만 유의한 감소효과가 있는 것으로 나타났으며, 이는 환측 팔과 손이 터치를 위한 자세 유지가 어렵기 때문이라고 하였다. 따라서 본 연구에서 건측 손으로 터치를 하도록 하였으며, 그 결과, LT군에서 눈을 감았을 때 전·후 방향과 내·외측 방향에서의 자세동요속도가 HT군에 비해 유의하게 개선된 것으로 나타났다. 이는 시각정보가 없는 상황에서 손가락으로부터의 감각입력에 더욱 의존하기 때문에 이로 인한 자세동요의 감소효과가 증가된 것으로 생각된다. 내·외측 방향에서의 자세동요는 환자의 낙상과도 유의한 상관관계가 있다고 하였다(Maki 등, 1994; Mitchell 등, 1995). 따라서 본 연구의 훈련 방법으로 뇌졸중 환자의 내·외측 자세동요거리와 속도가 감소할 수 있다는 것은 낙상에도 영향을 미칠 수 있기 때문에 의미있는 결과라고 생각된다.

보행과 같이 무게중심과 지지면이 지속적으로 변화되는 상황에서 균형을 유지하기 위해서는 하지근육과 체간 근육의 협력적인 활동이 요구되며(Karatas 등, 2004), 뇌졸중 환자에서 체간조절능력이 균형 및 보행능력과 유의한 상관관계가 있다고 하였다(Verheyden 등, 2006). 따라서 본 연구에서는 훈련 후 보행속도에 미치는 효과에 대해서 알아보았다. 그 결과 보행속도에서도 LT군이 HT군에 비해 유의한 개선효과를 나타내었으며, 이러한 결과는 가벼운 촉각자극을 제공한 균형훈련 방법이 체간의 자세조절능력을 개선시켰기 때문이라고 생각된다. Karthikbabu 등(2011)은 체간이 신체의 중앙 조절점(central key point)으로써, 균형을 위해서는 사지의 움직임에 앞서 체간의 안정성이 확보되는 것이 매우 중요하다고 하였다. 본 연구에서는 안정된 지면뿐 아니라 불안정한

지면에서도 가벼운 촉각자극을 제공한 균형 훈련을 실시하였다. 불안정한 지면에 선 자세는 역학적 불안정과 더불어, 불안정한 지지면으로 인해 발의 감각정보가 왜곡됨에 따라 자세동요가 더욱 증가하게 된다(Dickstein 등, 2003). Cunha 등(2012)은 가벼운 촉각자극을 적용하였을 때 자세동요 뿐 아니라 체간의 각속도가 유의하게 감소하였으며, 이는 손가락과 팔로부터의 감각정보가 몸의 정렬을 인식할 수 있도록 기준(reference)을 제공함에 따라 발목 전략(ankle strategy)을 이용한 자세조절을 촉진했기 때문이라고 하였다. 따라서 가벼운 촉각자극은 불안정한 지면에서 더욱 효과적으로 자세조절을 개선시킨다. 본 연구에서는 체간의 각속도를 측정하지는 않았지만 불안정한 지면에서의 가벼운 촉각자극훈련이 체간의 자세조절을 개선시켜, LT군의 보행속도가 HT군에 비해 유의하게 증가된 것이라 사료된다.

V. 결론

본 연구는 가벼운 촉각자극을 이용한 균형훈련이 뇌졸중 환자의 자세동요에 효과가 있음을 확인하였다. 본 연구의 제한점은 대상자의 수가 적어 일반화하기 어려우며, 자세 조절 근육의 근수축 개시시간은 확인하지 못했다. 앞으로의 연구에서는 가벼운 촉각자극을 이용한 균형훈련이 체중분포 및 표면 근전도를 통해 자세조절 반응에 미치는 효과를 확인하는 것이 필요하겠다.

【감사의 글】

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021R1F1A1063056).

참고문헌

- Bonan IV, Colle FM, Guichard JP, et al. Reliance on visual information after stroke. Part I: Balance on dynamic posturography. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85(2):268-73.
- Baccini M, Rinaldi LA, Federighi G, et al. Effectiveness of fingertip light contact in reducing postural sway in older people. *Age Ageing* 2007;36(1):30-5.
- Bonfim TR, Grossi DB, Paccola CA, Barela JA. Additional sensory information reduces body sway of individuals with anterior cruciate ligament injury. *Neurosci Lett* 2008;441(3):257-60.
- Cunha BP, Alouche SR, Araujo IM, et al. Individuals with post-stroke hemiparesis are able to use additional sensory information to reduce postural sway. *Neurosci Lett* 2012;513(1):6-11.
- Chung HK. Changes of the postural sway and weight distribution according to cooling the foot *Kor phys Ther Sci* 2009;16(4):19-27.
- Dickstein R, Peterka RJ, Horak FB. Effects of light fingertip touch on postural responses in subjects with diabetic neuropathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2003;74(5):620-6.

- Dickstein R, Shupert CL, Horak FB. Fingertip touch improves postural stability in patients with peripheral neuropathy. *Gait Posture* 2001;14(3):238-47.
- Gibson JJ. *The sense considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin; 1966.
- Holden M, Ventura J, Lackner JR. Stabilization of posture by precision contact of the index finger. *J Vestib Res* 1994;4(4):285-301.
- Jeka JJ, Easton RD, Bentzen BL, et al. Haptic cues for orientation and postural control in sighted and blind individuals. *Percept Psychophys* 1996;58(3):409-23.
- Jeka JJ, Lackner JR. Fingertip contact influences human postural control. *Exp Brain Res*. 1994;100(3):495-502.
- Jeka JJ, Lackner JR. The role of haptic cues from rough and slippery surfaces in human postural control. *Exp Brain Res* 1995;103(2):267-76.
- Kouzaki M, Masani K. Reduced postural sway during quiet standing by light touch is due to finger tactile feedback but not mechanical support. *Exp Brain Res* 2008;188(1):153-8.
- Karatas M, Cetin N, Bayramoglu M, et al. Trunk muscle strength in relation to balance and functional disability in unihemispheric stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;83(2):81-7.
- Karthikbabu S, Rao BK, Manikandan N, et al. Role of Trunk Rehabilitation on Trunk Control, Balance and Gait in Patients with Chronic Stroke: A Pre-Post Design. *Neuroscience & Medicine* 2011;2(2):61-7.
- Lackner JR, DiZio P, Jeka J, et al. Precision contact of the fingertip reduces postural sway of individuals with bilateral vestibular loss. *Exp Brain Res* 1999;126(4):459-66.
- Lee J, Kim DH, In TS. Immediate effects of interferential current stimulation which affects pain, balance and walking ability of elderly patients with chronic low back pain. *Journal of Korean Physical Therapy Science* 2018;25(2):15-23.
- Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol* 1994;49(2):M72-84.
- Mitchell SL, Collins JJ, De Luca CJ, et al: Open-loop and closed-loop postural control mechanisms in Parkinson's disease: increased mediolateral activity during quiet standing. *Neurosci Lett* 1995;197(2):133-6.
- Nichols DS. Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. *Phys Ther* 1997;77(5):553-8.
- Park DS, Lee G. Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *J Neuroeng Rehabil* 2014;10:11-99.
- Rabin E, DiZio P, Ventura J, et al. Influences of arm proprioception and degrees of freedom on postural control with light touch feedback. *J Neurophysiol* 2008;99(2):595-604.
- Solomon HY, Turvey MT. Haptically perceiving the distances reachable with hand-held objects. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1988;14(3):404-27.
- Sullivan EV, Rose J, Pfefferbaum A. Effect of vision, touch and stance on cerebellar vermal-related sway and tremor: a quantitative physiological and MRI study. *Cereb Cortex* 2006;16(8):1077-86.
- 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(2):128-37.
-

Tremblay F, Mireault AC, Dessureault L, et al. Postural stabilization from fingertip contact: I. Variations in sway attenuation, perceived stability and contact forces with aging. *Exp Brain Res* 2004;157(3):275-85.

Verheyden G, Vereeck L, Truijen S, et al. Trunk performance after stroke and the relationship with balance, gait and functional ability. *Clin Rehabil* 2006;20(5):451-8.