

다발성감각운동자극 치료가 뇌졸중 환자의 보행과 낙상위험도에 미치는 효과: 무작위배정예비임상시험

임재길[†]

[†]가천대학교 물리치료학과 교수

Effect of Multi-Sensorimotor Training on Gait Ability and Fall Risk in Subacute Stroke Patients: A Randomized Controlled Pilot Trial

Lim Chaegil, PT, Ph.D[†]

[†]Dept. of Physical Therapy, Gachon University, Professor

Abstract

Purpose : To determine whether an advanced rehabilitation therapy combined with conventional rehabilitation therapy consisting of sensorimotor exercises that would be superior to a usual treadmill training in gait ability and fall risk in subacute stroke patients.

Methods : Thirty subjects randomly assigned to either multi-sensorimotor training group (n=19) or treadmill training group (n=18). Both groups first performed conventional physical therapy for 30 min, after which the multi-sensorimotor training group performed multi-sensorimotor training for 30 min, and the treadmill training group performed treadmill gait training for 30 min. Both groups performed the therapeutic interventions 5 days per week for 8 weeks. Gait ability was evaluated using the GAITRite system and Fall risk was measured using the Biodex Balance system before intervention and after 8 weeks.

Results : There were no intergroup differences between demographic and clinical characteristics at baseline ($p>.05$). Both groups showed a significant improvement in gait ability ($p<.05$) and Fall risk ($p<.05$). In particular, the multi-sensorimotor training group showed more significant differences in gait velocity ($p=.05$), step length ($p=.01$) and stride length ($p=.014$) than the treadmill training group.

Conclusion : The multi-sensorimotor training program performed on multiple types of sensory input had beneficial effect on gait ability. A large-scale randomized controlled study is needed to prove the effect of this training.

Key Words : fall risk, gait ability, hemiplegia, sensorimotor training, stroke

[†]교신저자 : 임재길, jgyim@gachon.ac.kr

I. 서론

뇌졸중 후에 겪는 감각손상과 운동기능 손상은 낙상의 위험을 가지고 있어 환자의 일상생활동작에 어려움을 주고 잠재적으로 가족과 사회의 부담을 주는 질환이다(Watanabe, 2005).

뇌졸중 환자의 65 %가 촉각, 보호반사 및 고유수용성 감각의 감소나 상실을 경험하며(Jung, 2017), 이러한 문제는 자세조절 능력, 보호반사 반응, 관절주변의 운동기능, 및 외부 요동에 대응하는 균형 능력의 저하로 인한 보행 문제와 자세동요에 의한 낙상위험도가 증가하고 이에 따른 두려움이 자신감을 감소시켜 독립적인 일상생활활동에 방해요소가 되어 삶의 질을 현저히 저하시킨다(Geurts 등, 2005).

편마비 환자의 보행은 정상 성인에 비해 시간-공간적 보행 요소의 변화로 유발되는데 마비측 하지의 보장과 확보장 길이가 감소하고, 입각기 시간의 감소와 유각기 시간의 증가, 지지면의 증가로 전형적인 편마비 보행을 하게 된다(Alexander 등, 2009). 이로 인한 보행속도의 약 33 % 감소와 비대칭 보행패턴 증가, 낙상위험도의 증가로 개인 활동에 제한이 생긴다(Roerdink 등, 2007).

뇌졸중 손상이후 발생하는 보행문제는 신경계 손상으로 하지 근력손실, 평형감각 장애, 강직 혹은 경직으로 정상보행을 방해하기 때문이며, 기능회복을 위해선 균형과 보행을 개선한 수 있는 재활 중재가 반드시 필요하다(Pang 등, 2005).

낙상은 균형, 보행능력과 같은 신체적 기능 및 심리적인 낙상효능감 등 복합적인 요소의 결합으로 나타나게 되며, 낙상 발생 요인이 다양하므로 운동을 통한 근력, 균형, 보행능력의 증진 및 낙상 예방교육을 통한 다면적 중재법이 요구된다(Hwang 등, 2010). 또한 Cardore 등(2013)은 2007년에서 2012년까지 Pubmed 및 Medline, 사이언스다이렉트 데이터베이스를 기반으로 낙상 운동프로그램 논문 분석한 리뷰논문에서 다중적 복합운동훈련은 노인의 균형, 보행능력을 향상 시키며 낙상을 감소시키는 최고의 전략이라고 하였다.

균형과 보행을 개선하기 위한 감각자극을 통한 중재는 촉각, 고유수용성감각, 전정감각의 활성화 시키는데

중점을 두고 있으며, 이들 세 가지 주된 감각을 자극하여 반응의 속도를 높이고, 복잡하고 다양한 단계의 외부 환경요구에 적응할 수 있게 된다(Ayres & Robbins, 2005). 따라서 최신 재활치료프로그램으로 전기자극(Bolton 등, 2004), 로봇치료(Sullivan 등, 2017), 그리고 가상현실(Saleh 등, 2017)이 고유수용감각, 촉각, 시각 그리고 청각 등 다양한 감각자극을 통한 중재로 신경과학적인 증거를 기반으로 적용되고 있다(Woldag & Hummelsheim, 2002). 다른 이전연구에서도 진동판(vibration board)을 이용한 몸통조절운동을 치료중재로 추천하였다(Unger 등, 2013). Aman 등(2015)에 의하면 이러한 감각운동훈련은 근방추를 수동적 혹은 능동적으로 자극하여 자세조절과 균형조절에 영향을 주어 보행을 개선하고 낙상을 예방할 수 있을 것이라고 하였다.

이전 연구에서 뇌졸중 환자의 능력과 회복 단계에 따라, 여러 종류의 감각 입력을 제공하는 전통적 재활치료(conventional rehabilitation therapy)와 결합된 적절한 최신 재활 치료(advanced rehabilitation therapy)는 감각운동치료(sensorimotor exercises)로 뇌졸중 재활에 도움이 된다고 보고하였다(Chen & Shaw, 2014). 또한 Smania 등(2008)에 따르면, 만성 뇌졸중 환자에게 여러 조건으로 감각입력을 적용한 체중이동 및 균형 운동을 통해 균형 능력과 보행능력이 향상되었다고 보고하였다. 그리고 감각 운동 훈련은 감각 입력이 문제가 있는 상태에서도 감각통합과 재조정으로 균형 조절 능력을 점진적으로 향상시켜 낙상을 방지하였다(Gandolfi 등, 2015).

그러나 뇌졸중 환자에 대한 다양한 감각 입력 자극을 목표로 삼은 이전 연구는 부족한 실정이다. 따라서 이 연구에서는 다양한 감각 입력 운동과 일반적인 트레드밀 보행훈련을 비교하여 아급성 뇌졸중 환자의 보행 능력과 낙상 위험에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

이 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비로 진단받고 I시에

위치한 재활병원에서 입원 중이며, 이 연구의 내용을 이해하고 연구 참여에 동의한 환자로 선정조건은 뇌졸중으로 인한 편마비를 진단 받은 후 1개월에서 6개월 미만인 환자로 전통적인 물리치료를 받고 있는 자, 보조도구를 사용하거나 혹은 독립적으로 30초 이상 보행이 가능한 자, 한국형 간이정신상태검사(Mini Mental State Exam-Korean)가 24점 이상으로 인지기능의 장애가 없다고 판별된 자, CT나 MRI 검사상 뇌졸중환자로 판정된 자, 이 연구를 이해하고 지시에 잘 따를 수 있는 자로 설정하였다. 대상자 배제조건은 심장질환자[심장박동기(Cardiac pacemaker) 착용자, 부정맥(Arrhythmia), 심부전 혹은 베타블록제 복용자], 균형에 영향을 주는 정형외과적 질환자, 다른 신경학적질환이 중복된 환자(예, 파킨슨 병 등), 지난 6개월 내에 강직 감소를 위해 보톡스 주사를 맞은 자, 시각질환이나 심한 편측무시(unilateral neglect)가 있는 자로 설정하였다.

2. 측정방법

1) 측정장비 및 변수

일반 특성은 파일 및 자체보고를 통해 수집되었다. 첫째 주요 결과는 보행능력의 변화이고, 두 번째 주요 결과는 낙상위험도로 하였다. 일차 및 이차 결과 측정은 무작위 추출 후와 8 주 후에 동일한 장소에서 병원에서 수집되었다. 조사 할당을 마스킹 한 연구원은 모든 데이터를 수집하고 입력하였다. 물리치료사는 중재 권고 사항을 기록하였다.

(1) 보행능력평가

이 연구에 대상자들의 시·공간적 보행능력을 정확하고 객관적으로 측정하기 위해 GAITRite system(GAITRite system, CIR Systems Inc., USA)을 사용하였다. GAITRite system은 시간·공간적 보행능력 분석에 신뢰도와 타당도가 검증된 장비로서, 폭 61 cm, 길이 366 cm에 전자감지 센서 13,824개를 내장한 보행판으로 되어있고, 표본율은 초당 80 Hz로 수집된 정보를 연결된 컴퓨터로 보내어 GAITRite gold version 3.2b 프로그램으로 분석하였다. 측정은 치료사와 1회 보행연습 후, 치료사의 출발 지시에 시작하여 가장 편안한 보행을 하도록 하였으며 1회 검사

를 기록하였다. 보행능력을 가늠하는 시간·공간적 요소인 보행속도(gait velocity), 분속수(cadence), 보장(step length), 활보장(stride length)을 분석하였다. 이 GAITRite system 검사장비의 측정자 신뢰도는 $r = .92$ 이고, 측정자 내 상관계수는 0.96 이상으로 신뢰도가 높은 측정 장비이다(Van Uden & Besser, 2004).

(2) 낙상위험도평가

낙상위험도 검사(fall risk test)를 위해 낙상위험도 검사 프로그램(The BBS software, Biodex, Inc., USA)을 추가적으로 이용하였다. BIODEX사에서 제공하는 정상인의 균형과 낙상위험도 18~35세가 평균 1.4점, 36~53세가 1.9점, 54~71세가 2.3점, 72세 이상은 3.0점이었다. 해당 연령대보다 점수가 높다면, 균형능력은 감소되고 낙상위험도가 높다고 해석할 수 있으며, 본 연구에 대상자는 평균 60세로 정상 성인 54~71세의 균형과 낙상위험도를 기준으로 평가하였다. 낙상위험도 검사는 균형판 위에서 두발을 어깨 넓이로 하고, 양손은 편하게 내리고 화면에 표시된 과녁 안에 점을 유지하고, 6단계에서 시작하여 5초당 한 단계씩 증가하여, 2단계에서 종료 되도록 기본 설정되어 검사 20초, 휴식 10초씩, 3회 반복 측정하여 평균값 하여 점수로 환산하였다(Sherafat 등, 2013).

2) 실험절차 및 방법

이 연구의 모든 절차는 가천대학교 연구윤리위원회에 등록하고(IRB No: 1044396-201803-HR-068-01), 모든 참여자의 동의서를 받은 후 시작하였다. 추가로 CONSORT 2010 가이드라인에 맞춰 연구를 진행하였다. G*Power 3.1.9.1 software for Windows(Uiversität Kiel, Germany)를 통해 최소 샘플사이즈 그룹당 21명을 산출하였다(power (0.8), a significance level (α) of 0.05, an one-sided two sample t-test). 탈락자를 예상하고 49명을 모집하였으나 선정조건에 맞지 않거나 참여를 원치 않고, 기타 이유로 12명이 배제되었다. 37명 대상자는 연속적으로 번호가 매겨진 밀봉 된 불투명 한 봉투에 포함된 할당 코드를 통해 두 그룹 중 하나에 할당되었다. 단순 무작위 추출은 참여자 모집에 관여하지 않은 연구원이 Microsoft Excel for Windows software(Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA)을 사용하여 수행하였

다. 마스크를 보장하기 위해 대상자 또는 임상 평가자에게 프로토콜 및 개입 순서가 공개되지 않았다. 중재법 할당은 보안 유지를 위해 비밀번호로 보호된 문서에 기록되었고, 모든 데이터는 중재 전과 8주 중재 기간이 끝날 때 맹검된 동일한 물리치료사에 의해 측정되었다.

3. 운동방법

1) 중재절차

모든 대상자는 전통적인 재활치료를 30분간 수행하였다. 이어 다발성감각운동자극 치료 그룹은 마비측 장판지에 경피신경자극기를 통한 전기자극을 받으며 동시에 Stabilize-T와 Reha-Bar(Pedalo®, Germany)운동을 30분간 수행하였다(Lee, 2015). 트레드밀 보행훈련 그룹은 본체는 연결되지 않은 경피신경자극기의 전극만 마비측의 장판지에 부착한 후 트레드밀 보행훈련을 30분간 수행하였다(Dickstein 등, 2006). 치료사는 환자의 능력에 맞춰 중재를 진행하였고, 환자가 불편함을 호소하면 중재를 중단하고 휴식을 하였다. 두 그룹은 일주일에 5일 총 8주간 중재를 수행하였다.

2) 운동방법

(1) 전통적인 물리치료(Conventional rehabilitation therapy)

전통적인 물리치료는 시각, 청각, 촉각, 고유수용성감각 등을 자극하여 운동발달을 촉진하기 위해 모든 대상자에게 중재 전 적용하였다. 보바스(Bobath)와 고유수용성신경근촉진법(Proprioceptive Neuromuscular Facilitation)과 같은 중추신경계 운동치료 접근법으로 환자를 바로 눕히고 몸통과 상하지를 재정렬하고, 몸통의 안정성을 유도한 후 고관절, 무릎관절, 발목관절의 굴곡과 신전 운동을 유도한다. 환자는 몸통에 안정성을 유지하며, 하지의 굴곡과 신전을 반복한다. 동시에 물리치료사는 정렬이 깨지지 않는 범위에서 환자가 움직임을 만들도록 도움을 준다. 한쪽 골반의 후방경사를 통하여 몸통근육과 넙다리네갈래근, 중둔근, 넙다리뒤근을 이용하여 돌아눕기를 실시하도록 한다. 골반의 원활한 움직임과 넙다리네갈래근, 넙다리뒤근의 부드러운 협력수축을 위해 앉았다 일어나기 운동을 실시하고, 치료테이블의 높이 조절

을 통해 강도를 조정하였다. 기립 자세에서 좌우측으로 체중이동 훈련과 한 발 서기 운동을 실시하였다. 이 중재는 모든 대상자에게 중추신경계 물리치료 자격을 이수한 치료 경력 3~5년 이상인 물리치료사가 하루 1회 30분씩 주 5회 실시하였으며, 치료는 각 대상자의 수준에 맞게 적용하였다.

(2) 다발성감각운동자극 치료프로그램(Multi-sensorimotor training program)

다발성감각운동자극 치료프로그램은 TENS(Dickstein 등, 2006)를 적용한 채로 Stabilize-T와 Reha-Bar 훈련을 수행하였다(Lee, 2015). 전기자극치료에 사용된 두 채널 TENS(TENS 7000TM, Koalaty Products Inc, USA)는 양극 균형과형(bipolar balanced phase), 200 μ s 자극시간(pulse duration), 그리고 100 Hz 주파수(frequency)로 적용하였고, 접착성 전극(5×5 cm)을 내, 외측 가자미근의 운동점에 부착하여, 자극 강도는 0.01 mA로 증가시키면서 환자의 감각하 역치에 고정하였다(Dickstein 등, 2006). Stabilize-T와 Reha-Bar 운동은 고유수용감각, 촉각, 그리고 전정감각을 자극하여 자세균형과 보행능력을 촉진하기 위해 적용되었다(Lee, 2015)(Fig 1).

운동과정은 1단계가 가장 쉽고, 3단계로 갈수록 어려워지며 방법은 다음과 같다. 1단계, 환자는 무릎을 약간 구부린 상태로 Stabilize-T에 올라선다(시작자세). 15초간 눈을 감고, 10초간 눈을 뜬다. 30초간 균형을 유지한다(20분). 이어서 Reha-Bar에 올라 양손으로 손잡이를 잡고 치료사는 보조를 한다. 환자는 페달을 위, 아래로 굴러 앞으로 전진 한다(10분). 2단계, 1단계와 같은 시작자세를 유지한다. 환자는 팔을 외전한 채로 목을 왼쪽, 중앙, 그리고 오른쪽으로 30초 동안 움직인다. 30초간 균형을 유지한다(20분). 이어서 Reha-Bar에 올라 양손으로 손잡이를 잡고 치료사의 보조 없이 환자는 페달을 위, 아래로 굴러 앞으로 전진 한다(10분). 3단계, 1단계와 같은 시작자세를 유지한다. 환자는 팔을 외전한 채로 목을 신전하여 위를 10초간 3번 바라본다. 30초간 균형을 유지한다(20분). 이어서 Reha-Bar에 올라 양손으로 손잡이를 잡고 치료사의 보조 없이 환자는 페달을 위, 아래로 굴러 앞으로 전진하거나 후진한다(10분)(Lee, 2015)(Fig 1).

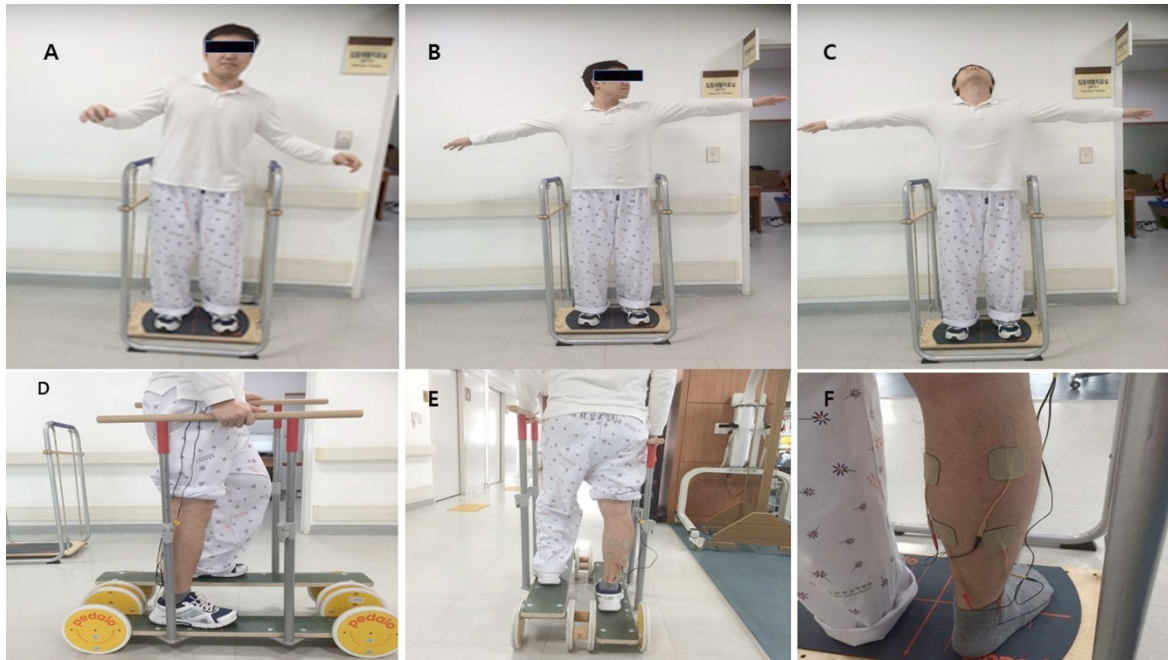


Fig 1. The stabilize T and Reha-Bar with transcutaneous electrical nerve stimulation (A–C: Stabilize T exercise, D–E: Reha-Bar exercise, F: TENS)

(3) 트레드밀 보행훈련(Treadmill gait training program)

트레드밀 보행훈련은 본체 연결을 제외한 접착성 전극만을 위약 TENS로 적용하여 마비측 가자미근의 내, 외측 운동점에 부착하여 주 5일 8주간 수행하였다 (Macko 등, 2005). 보행훈련의 강도는 저장도(50 % heart rate reserve (HRR))로 30분간 진행하였고, 매 2주마다 30분 중에 후반부는 5분씩 5 % HRR로 강도를 증가하였다. 최종 목표는 30분간 70 % HRR로 하였다(Patterson 등, 2008).

4. 통계 분석

Windows 7(IBM Corp., USA)용 SPSS 23.0 소프트웨어를 사용하여 데이터를 분석하였고, 평균(M)과 표준 편차(SD)를 사용하여 요약하였다. 매개 변수 분포의 정규성은 Shapiro-Wilk 검정을 사용하여 평가하였다. 데이터가 정규 분포를 나타내면 데이터는 평균±표준편차(연속 데이터) 또는 백분율(범주 데이터)로 표시하였고, independent t-test 또는 χ^2 test를 사용하였다. 그룹 내 비교의 경우, 대응표본 t-test를 사용하였고, 그룹 간 비교

는 독립 t-test를 사용하였다. 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

2018년 3월부터 2018년 8월까지 총 49명의 뇌졸중 환자가 병원에 입원했으며, 37명의 환자가 포함 기준을 충족하였다. 참가자는 다발성감각운동자극 치료 그룹(n=19) 또는 트레드밀 보행훈련 그룹(n=18)에 무작위로 배정되었다. 연구를 시작한 37명의 참가자 중 30명(81%)이 사후 테스트를 완료하였다(Fig 2). 총 7명의 환자(19%)는 추적 관찰이 중단되어 이후 과정과 검사를 완료할 수 없었다. 두 그룹의 참가자의 일반적인 기본 특성은 Table 1에 설명하였다. 참가자의 연령에 대한 평균±표준편차는 60.80±7.03세였고, 뇌졸중 후 기간은 3.96±1.19개월이었다. 성별(남성/여성, 11/8 vs. 10/8), 연령(62.00±7.30 vs. 59.61±6.77 세), 병변 유형(뇌경색/뇌출

혈, 13/6 vs. 11/7), 병변(우/좌, 7/12 vs. 7/11)과 뇌졸중 후 기간(4.05±1.12 vs. 3.88±1.27개월)이였고, 다발성감각운

동자극 치료군과 트레드밀보행 훈련군 간에 유의한 차이가 없었다(p>.05).

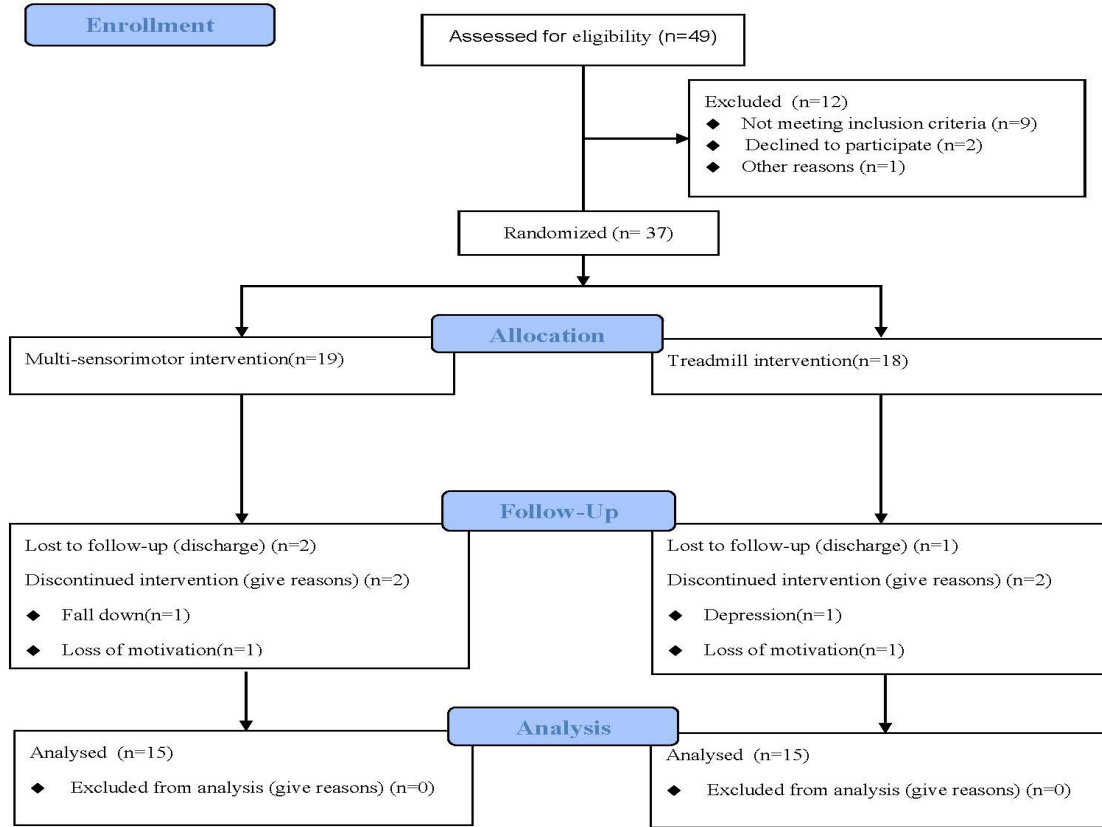


Fig 2. Flow diagram of this study. Thirty-seven individuals were enrolled in the study and were randomly assigned to the multi-sensorimotor group(n=19) or the treadmill group(n=18)

Table 1. General characteristics of the two groups by randomization assignment

	Multi-sensorimotor group (n=19)	Treadmill group (n=18)	t	p
Gender (male/female)	11:8	10:8	0.021	0.88 ^a
Age (years)	62.00 ± 7.30	59.61 ± 6.77	-1.030	0.30 ^b
Height (cm)	168.26 ± 4.95	165.38 ± 5.19	-1.723	0.94 ^b
Weight (kg)	63.05 ± 8.66	64.88 ± 7.52	0.686	0.49 ^b
Lesion side (right/left)	7:12	7:11	0.050	0.82 ^a
Lesion type (ischemic/hemorrhage)	13:6	11:7	0.217	0.64 ^a
Post-stroke duration (month)	4.05 ± 1.12	3.88 ± 1.27	0.886	0.68 ^b

Data are expressed as mean ± SD or n (%)

^aThe p value was obtained using a χ^2

^bThe p value was obtained using an independent t tests

2. 보행능력과 낙상위험도 변화 비교

보행능력의 변화는 중재 전·후 다발성감각운동자극 치료군과 트레드밀보행 훈련군 모두에서 보행속도, 분속수, 보장, 활보장의 개선이 있었고($p < .05$), 집단 내 보행능력 개선 효과 비교는 다음과 같다(Table 2). 하지만 보행속도($p = .05$, effect size = .36, power 63%), 보장($p = .01$, effect size = .46, power 67%), 활보장($p = .014$, effect size = .44, power 65%)에서는 다발성감각운동자극 치료군이 트레드밀보행 훈련군보다 통계적으로 유의한 향상을

보였다. 두 집단 간 보행능력의 전·후 변화량의 차이 비교는 다음과 같다(Table 2).

낙상위험도 점수는 다발성감각운동자극 치료군이 중재 전 4.10 ± 0.94 점이고, 중재 후 1.54 ± 0.79 점으로 유의한 개선이 있었다($p < .05$). 트레드밀 보행훈련군도 중재 전 3.92 ± 1.98 점에서, 중재 후 2.10 ± 0.94 점으로 통계적으로 유의한 개선이 있었다($p < .05$). 두 군의 중재 전·후 변화량의 차이는 다발성감각운동자극 치료군이 -2.56 ± 0.73 점이고, 트레드밀 훈련군이 -1.82 ± 2.00 점으로 두 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > .05$)(Table 3).

Table 2. Changes in gait ability within each group and between the two groups

Variance	Intragroup		t	Intergroup (p)	
	Multi-sensorimotor group (n=15)	Treadmill group (n=15)			
Gait velocity (cm/sec)	Pre	52.05 ± 26.17	47.27 ± 24.37	-0.518	0.609
	Post	64.87 ± 28.01	53.74 ± 28.33		
	p	0.000 ^a	0.016 ^a		
	Post - Pre	-12.82 ± 7.74	-6.47 ± 9.14	-2.051	0.050 ^b
Cadence (steps/min)	Pre	73.02 ± 18.57	67.84 ± 25.46	-0.636	0.530
	Post	85.05 ± 17.34	73.36 ± 22.96		
	p	0.000 ^a	0.047 ^a		
	Post - Pre	-12.02 ± 7.81	-5.51 ± 9.80	-2.012	0.054
Step length (cm)	Pre	39.51 ± 11.78	39.74 ± 8.80	0.060	0.952
	Post	46.31 ± 11.76	42.93 ± 8.81		
	p	0.000 ^a	0.010 ^a		
	Post - Pre	-6.79 ± 2.89	-3.18 ± 4.12	-2.777	0.010 ^b
Stride length (cm)	Pre	81.48 ± 22.76	79.62 ± 17.00	-0.252	0.803
	Post	95.47 ± 25.81	86.77 ± 18.69		
	p	0.000 ^a	0.002 ^a		
	Post - Pre	-13.99 ± 7.04	-7.14 ± 7.26	-2.622	0.014 ^b

Data are presented as mean ± SD

^a $p < 0.05$. The p value was obtained using a paired t test

^b $p \leq 0.05$. The p value was obtained using an independent t-test

Table 3. Changes in fall risk within each group and between the two groups

Variance	Intragroup		t	Intergroup (p)	
	Multi-sensorimotor group (n=15)	Treadmill group (n=15)			
Fall risk(score)	Pre	4.10 ± 0.94	3.92 ± 1.98	-0.317	0.755
	Post	1.54 ± 0.79	2.10 ± 0.94		
	p	0.000 ^a	0.003 ^a		
	Post - Pre	-2.56 ± 0.73	-1.82 ± 2.00	1.342	0.197

Data are presented as mean ± SD

^ap < 0.05. The p value was obtained using a paired t test

^bp < 0.05. The p value was obtained using an independent t-test

IV. 고찰

이 연구는 만성 뇌졸중 편마비 환자를 대상으로 트레드밀 보행훈련과 다발성감각운동자극 치료가 환자의 보행능력 및 낙상위험도의 미치는 중재 효과에 차이를 비교하였고, 결과는 다음과 같다.

첫째, 뇌졸중 환자의 보행능력 개선을 위한 트레드밀 보행훈련과 다발성감각운동자극 치료의 효과는 두 군에서 중재 전·후 통계적으로 유의한 개선이 있었다. 하지만 보행속도, 보장, 활보장은 다발성감각운동자극 치료가 트레드밀 보행훈련보다 통계적으로 유의한 개선을 보였다.

둘째, 뇌졸중 환자의 낙상위험도 개선을 위한 트레드밀 보행훈련과 다발성감각운동자극 치료의 효과는 두 군에서 중재 전·후 통계적으로 유의한 개선이 있었지만, 트레드밀 보행훈련과 다발성감각운동자극 치료 두 군의 비교에서는 유의한 차이가 없었다.

이전의 보행능력에 대한 연구에서는 페달로 도구와 전기자극치료를 각각 사용하여 본 연구와 동일한 결과를 보였는데, 뇌졸중 발병 6개월 이상인 10명의 편마비 환자를 대상으로 페달로 도구 훈련을 6주간 적용한 후 정적 균형 능력과 동적 균형능력에서 유의한 향상을 보고하였다(Lee 등, 2013). 이는 본 연구와 동일한 결과로, 페달로를 이용한 중재가 뇌졸중 편마비 환자의 균형능력 및 보행 개선에 효과적이었지만, Lee 등(2013)의 연구는 대조군이 없고, 균형을 측정도구로 버그균형척도(Berg-balance scale)와 일어나 걷기 검사(Timed-Up and

Go test) 같은 평가도구를 사용하였으나, 대조군이 없어 뇌졸중 편마비 환자의 보행이나 균형능력 개선이 시간에 따른 효과인지 명확히 알 수 없다. 하지만 본 연구는 임상에서 많이 사용되는 트레드밀 보행훈련을 동일 시간에 적용하였고 또한 다발성감각운동자극 치료가 효과적으로 일부 보행능력을 향상 시켰음을 확인하였다. 또한 뇌졸중 환자를 대상으로 4주 동안 균형운동과 경피신경자극기를 동시에 적용하여 뇌졸중 환자의 보행능력을 개선시켜 일정기간 이상의 경피신경자극기 적용 효과를 비교하였다(Ng & Hui-Chan, 2009).

Jeong과 Choi(2014)는 20명의 뇌졸중 환자를 실험군과 대조군 두 군으로 무작위로 배정하여 대조군은 트레드밀 보행훈련을, 실험군은 전정감각자극 훈련을 4주간 적용하였는데, 전정자극 훈련은 회전자극 훈련, 수직·수평자극 훈련, 전정감각 자극의 평지 보행훈련, 밸런스 패드 보행훈련이 포함되었고, 훈련 후 버그 균형 척도, 바이오텍스 균형평가프로그램 점수, 일어나 걸어가기 검사, 동적 보행 지수에서 실험군이 유의한 개선을 보였으며, 동적 보행능력 지수를 제외한 나머지 항목에서 두 군간의 통계적으로 유의한 개선이 있다고 보고하였다. 이는 본 연구에서 다발성감각운동자극 훈련에 사용된 stabilize T가 불안정한 기저면을 제공하는 방법과 비슷하며 더 다양한 방향으로 동요를 제공한다. 환자가 이곳에 서면 줄에 의해서 나무판의 동요가 발생하여 환자는 서 있는 자세에서 균형을 유지하려고 근육을 효과적으로 사용하는 훈련을 하게 된다. 또한 페달로 회사에서 제공하는 전정기관훈련을 위한 동작(시각차단, 목의 돌림과 굽힘 및 펌)은 전정기관을 자극하게 되고, 이를 통해 고유수용성

감각 입력이 증가되기 때문에 stabilizer T를 이용한 중재와 전기자극은 균형능력 개선에 긍정적인 영향을 준 것으로 생각된다.

다발성감각운동자극 치료에 동시에 적용한 전기자극은 뇌손상으로 인해 지면으로부터 발생하는 동요에 대한 느린 근육의 반응으로 자세 동요가 커지고 자동자세 반응이 늦어지는 현상을 개선하기 위해 마비측 장딴지근육에 적용하였다. 이를 통해 뇌졸중 환자의 장딴지근이 발목 전략 사용을 촉진하여 균형과 보행기능을 개선한 것으로 생각된다. 본 연구에서는 가장 쉽고 치료실에서 많이 사용하는 경피신경자극기를 사용하였다. Lee와 Lee(2010)는 여성노인을 대상으로 8주간의 경피신경자극과 균형운동을 적용하여 균형능력의 개선을 증명하였고, 이런 결과는 본 연구의 균형능력 향상에 영향을 준 것과 동일하다. 하지만 Lee와 Lee(2010)의 연구는 경피신경자극과 균형운동을 각각 적용하였고, 본 연구에서는 다발성 감각운동자극 치료와 동시에 경피신경자극을 적용한 점에서 차이점이 있다. 또한 Hatzitaki 등(2004)이 경피신경자극기를 통한 감각자극으로 선 자세를 유지하거나 조절하는 하지로 부터의 체성감각의 흐름을 증가시켰기 때문이라는 내용으로도 연구결과의 근거를 확인할 수 있으며, 전기자극치료가 일차적으로 피부감각기와 고유수용성감각 그리고 근수축과 관절 움직임을 유발하고 체성감각이나 운동영역의 대뇌피질 흥분성을 증가시키고 지속적인 대뇌피질 가소성이 발생되면 환자의 운동회복이 동반되는 것으로 생각된다.

앞선 연구에서 뇌졸중 편마비 환자의 상지와 하지의 상호 협응능력이 보행속도를 개선하고, 특히 마비측 상지와 비마비측 하지의 상호 협응능력이 보행속도에 도움이 된다고 하였다(Stephenson 등, 2009). 또한, 뇌졸중 편마비 환자의 보행이동시 상지가 고정되어 있는 상태보다 상지가 이동식 핸들에 고정되어 보행훈련 시 협응능력을 이끌어내는 환경을 제공 하였을 때 보행속도가 통계적으로 유의하게 개선되었다고 하였다(Stephenson 등, 2009). 이와 같은 효과는 본 연구에서 다발성감각운동자극 치료에서 사용된 reha-bar의 적용 원리와 동일하며, 하지에서의 움직임뿐만 아니라 상지에서도 하지에서와 같은 상호 협응동작 유도함으로써 보행이동 시 상하지 협응이 가능하게 한다. 본 연구에 참여한 환자들도

reha-bar를 이용한 상, 하지 협응운동을 통해 보행속도의 유의한 향상을 보인 것으로 사료된다.

본 연구의 다발성감각운동자극 치료에 사용된 reha-bar는 환자의 동적인 균형을 자극하게 되고, 환자의 의지에 따라서 앞 혹은 뒤로 진행하면서 이동성을 향상시킬 수 있는 도구이다. 양손과 양측 다리를 교대로 움직이는 동작은 상·하지에 많은 협응을 요구하는데, 자전거를 타는 동작과 유사하다(Kim & Lim, 2017). Kim과 Lim(2017)은 본 연구에서 사용한 페달로 도구를 통해 감각운동자극이 발목 주변 및 무릎 주변에 근력 훈련과 고유수용성감각을 개선시킬 수 있음을 보고하였고, 본 연구에서와 비슷하게 보행과 낙상위험도에 개선을 보였다. 두 연구의 차이는 본 연구에서는 추가적으로 전기치료를 자극을 하였고, 이전 연구에서는 보행과 낙상위험도에 추가로 균형능력과 고유수용성감각의 변화도 측정하였다. 본 연구를 통하여 연구에 참여한 다발성감각운동자극 치료군의 시·공간적 보행 능력에 영향을 주는 요인인 보행속도가 24.6 %, 보장이 17.1 %, 활보장 17.1 % 개선되었고, 트레드밀 보행훈련군은 보행속도를 13.6 %, 보장 8 %, 활보장 8 %로 향상시켜 다발성감각자극 치료가 유의하게 개선시킨 것으로 생각할 수 있다. 하지만 분속수는 다발성감각운동자극 치료군이 16.4 %, 트레드밀보행 보행훈련군이 8.1 %로 유의한 차이가 없었다.

신경생리학적 관측에 따르면 감각운동 통합 과정의 변화는 말초 수준에서는 일어나지 않지만 감각입력의 비정상적인 중앙처리에 의존한다고 제안한다(Peterka & Loughlin, 2004). 이 연구 결과는 다발성감각운동자극 치료와 트레드밀 보행훈련을 통해 지속적인 말초 감각을 자극하여 중추신경계의 신경가소성에 변화를 줄 수 있고, 그 중에서 고유수용감각을 비롯한 촉각, 전정감각이 신경학적 가중으로 구성된 다중 감각운동 프로그램은 다른 프로그램보다 효과적일 수 있음을 생각할 수 있다.

본 연구에는 다음과 같은 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 본 연구에서 트레드밀 보행훈련과 다발성감각운동자극 치료에 사용된 페달로 도구와 전기자극은 환자의 개별 특성(성별, 나이, 키, 몸무게, 피하지방 두께 등)에 차이를 두지 않고 동일하게 적용되었다. 추후 연구에서는 환자의 개별 특성에 맞는 프로그램 적용도 고려할 필요가 있을 것으로 생각된다. 둘째, 트레드밀 보행훈련과 다

발성감각운동자극 치료 중재 기간에 따른 차이를 확인하지 못하여 기간별 치료효과 비교는 수행하지 못하였다. 셋째, 다양한 감각자극 중에서 어느 감각이 더 많은 영향을 미치고, 적용 순서에 따른 영향이 있는지는 촉각, 전정감각 및 운동감각 평가를 더 추가하여 연구해야 할 필요가 있으며, 이러한 감각중재가 자세동요 조절에 영향을 주어 발목 전략과 엉덩관절 전략에 미치는 근육에 실제 변화가 있는지에 대한 근전도 검사를 수행하지 못하였다.

V. 결 론

본 연구에서 만성 뇌졸중 편마비 환자에게 다발성감각운동자극 치료의 적용이 보행속도, 보장, 활보장을 트레드밀 보행훈련보다 개선시켰음을 확인 하였다. 이는 촉각, 고유수용성감각, 운동감각, 전정감각을 자극하는 방법과 종류, 신경학적 가중의 차이로 보이며, 이에 따른 자세동요 조절에 필요한 발목 전략과 엉덩관절 전략에 영향을 주는 근육의 반응을 촉진하고 환자의 신체 비대칭을 개선하여 뇌졸중 환자의 보행능력과 관련된 변인(보행속도, 보장, 활보장)을 개선시킨 것으로 사료된다. 또한 트레드밀 보행과 같이 정해진 속도에 단순히 걷는 보행보다는 수시로 바닥이 변화하는 상황을 유발하는 고유수용감각과 전정감각의 자극을 통해 뇌졸중환자뿐만 아니라 균형이나 보행능력이 감소된 정상인, 노인에게 적용한다면 이들에게 발생하는 낙상의 예방에 도움을 줄 것으로 생각된다.

참고문헌

Alexander LD, Black SE, Patterson KK, et al(2009). Association between gait asymmetry and brain lesion location in stroke patients. *Stroke*, 40(2), 537-544.
 Aman JE, Elangovan N, Yeh IL, et al(2015). The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: a systematic review. *Front Hum*

Neurosci, 8, 1075.
 Ayres AJ, Robbins J(2005). Sensory integration and the child: understanding hidden sensory challenges. Los Angeles, CA: Western Psychological Services, pp.27-43.
 Bolton DA, Cauraugh JH, Hausenblas HA(2004). Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation and stroke motor recovery of arm/hand functions: a meta-analysis. *J Neurol Sci*, 223(2), 121-127.
 Cadore EL, Rodríguez-Mañas L, Sinclair A, et al(2013). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation Res*, 16(2), 105-114.
 Chen JC, Shaw FZ(2014). Progress in sensorimotor rehabilitative physical therapy programs for stroke patients. *World J Clin Cases*, 2(8), 316-326.
 Dickstein R, Laufer Y, Katz M(2006). TENS to the posterior aspect of the legs decreases postural sway during stance. *Neurosci Lett*, 393(1), 51-55.
 Gandolfi M, Munari D, Geroin C, et al(2015). Sensory integration balance training in patients with multiple sclerosis: A randomized, controlled trial. *Mult Scler*, 21(11), 1453-1462.
 Geurts AC, de Haart M, van Nes IJ, et al(2005). A review of standing balance recovery from stroke. *Gait Posture*, 22(3), 267-281.
 Hatzitaki V, Pavlou M, Bronstein AM(2004). The integration of multiple proprioceptive information: effect of ankle tendon vibration on postural responses to platform tilt. *Exp Brain Res*, 154(3), 345-354.
 Hwang JH, Jung HM, Lee MH, et al(2010). Effects of fall prevention program on gait, balance and falls efficacy in stroke patients. *J Korean Clin Nurs Res*, 16, 27-37.
 Jeong HY, Choi JD(2014). The effects of vestibular sensory stimulation training on balance and gait in the patients with stroke. *J Korean Phys Ther*, 26(5), 365-371.
 Jung SM(2017). The effects of vibratory stimulation employed to forearm and arm flexor muscles on upper limb function in patients with chronic stroke. *J Phys*

- Ther Sci, 29(9), 1620-1622.
- Kim DY, Lim CG(2017). Effects of Pedalo® training on balance and fall risk in stroke patients. *J Phys Ther Sci*, 29(7), 1159-1162.
- Lee GC(2015). Balance training using Pedalo equipment for improving balance and fear of falling in elderly people: A preliminary study. *Isokinetics Exerc Sci*, 23(3), 199-203.
- Lee SW, Lee WH(2010). Comparison of the effects on balance abilities in the women elderly with application TENS versus balance training. *J Korea Gerontol Soc*, 30(3), 993-1003.
- Lee YB, Kim JB, Lee GC(2013). The effects of training using Pedalo equipment on balance of post-stroke patients: pilot study. *J Korean Soc Phys Med*, 8(3), 387-395.
- Macko RF, Ivey FM, Forrester LW, et al(2005). Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke*, 36(10), 2206-2211.
- Ng SS, Hui-Chan CW(2009). Does the use of TENS increase the effectiveness of exercise for improving walking after stroke?. a randomized controlled clinical trial. *Clin Rehabil*, 23(12), 1093-1103.
- Pang MY, Eng JJ, Dawson AS, et al(2005). A community-based fitness and mobility exercise program for older adults with chronic stroke: A randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 53(10), 1667-1674.
- Patterson SL, Rodgers MM, Macko RF, et al(2008). Effect of treadmill exercise training on spatial and temporal gait parameters in subjects with chronic stroke: a preliminary report. *J Rehabil Res Dev*, 45(2), 221-228.
- Peterka RJ, Loughlin PJ(2004). Dynamic regulation of sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol*, 91(1), 410-423.
- Roerdink M, Lamoth CJ, Kwakkel G, et al(2007). Gait coordination after stroke: benefits of acoustically paced treadmill walking. *Phys Ther*, 87(8), 1009-1022.
- Saleh S, Fluet G, Qiu Q, et al(2017). Neural patterns of reorganization after intensive robot-assisted virtual reality therapy and repetitive task practice in patients with chronic stroke. *Front Neurol*, 8, 452.
- Sherafat S, Salavati M, Ebrahimi Takamjani I, et al(2013). Intrasession and intersession reliability of postural control in participants with and without nonspecific low back pain using the Biodex Balance System. *J Manipulative Physiol Ther*, 36(2), 111-118.
- Smania N, Picelli A, Gandolfi M, et al(2008). Rehabilitation of sensorimotor integration deficits in balance impairment of patients with stroke hemiparesis: a before/after pilot study. *Neurol Sci*, 29(5), 313-319.
- Stephenson JL, Lamontagne A, De Serres SJ(2009). The coordination of upper and lower limb movements during gait in healthy and stroke individuals. *Gait Posture*, 29(1), 11-16.
- Sullivan JL, Bhagat NA, Yozbatiran N, et al(2017). Improving robotic stroke rehabilitation by incorporating neural intent detection: Preliminary results from a clinical trial. *IEEE Int Conf Rehabil Robot 2017*, 122-127.
- Unger M, Jelsma J, Stark C(2013). Effect of a trunk-targeted intervention using vibration on posture and gait in children with spastic type cerebral palsy: A randomized control trial. *Dev Neurorehabil*, 16(2), 79-88.
- Van Uden CJ, Besser MP(2004). Test-retest reliability of temporal and spatial gait characteristics measured with an instrumented walkway system (GAITRite®). *J BMC Musculoskelet Disord*, 5(1), 13.
- Watanabe Y(2005). Fear of falling among stroke survivors after discharge from inpatient rehabilitation. *Int J Rehabil Res*, 28(2), 149-152.
- Woldag H, Hummelsheim H(2002). Evidence-based physiotherapeutic concepts for improving arm and hand function in stroke patients: a review. *J Neurol*, 249(5), 518-528.