

고유수용성신경근촉진법의 체간 패턴 운동을 병행한 경두개직류자극이 뇌졸중 환자의 하지 기능에 미치는 영향

조혁신¹, 차현규^{2*}

¹원광보건대학교 물리치료과, ²경북전문대 물리치료과

Effects of Trunk Pattern Exercise in Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Integrated Transcranial Direct Current Stimulation on Function of Lower extremity in Stroke Patients

Hyuk-Shin Cho¹, Hyun-Gyu Cha^{2*}

¹Dept. of Physical Therapy, Wonkwang Health Science University

²Dept. of Physical Therapy, College of Kyungbuk

요약 본 연구는 고유수용성신경근촉진법의 체간 패턴 운동을 병행한 경두개직류자극이 뇌졸중 환자의 하지 근 활성도와 균형 능력, 보행 속도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 실시하였다. 본 연구에는 총 31명의 뇌졸중 환자가 참여하였으며, 대상자들은 무작위 추출법을 통해서 실험군 15명과 대조군 16명으로 각각 배정되었다. 모든 대상자들은 고유수용성신경근촉진법의 체간 패턴 운동을 6주 동안, 주 3회 20분 씩 시행하였고, 실험군에는 추가적으로 경두개직류자극을 20분 간 시행하였다. 연구 결과 실험군이 대조군에 비해 마비측 하지의 비복근, 전경골근의 활성도와 균형 능력에서 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 이러한 결과는 고유수용성신경근촉진법의 체간 패턴 운동을 병행한 경두개직류자극이 뇌졸중 환자의 하지 기능 회복에 긍정적인 효과를 가져다 준 것으로 사료된다.

Abstract The study examined the effects of trunk pattern exercise in proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) integrated transcranial direct current stimulation (tDCS) on the muscle activity and balance, walking speed in stroke patient. Thirty-one patients with hemiplegia due to stroke were assigned to either the experimental group (n=15) or control group (n=16). Both groups performed trunk pattern training in PNF for 3 times per week over a 6 week period for 20 minutes per session. The experimental group performed additional tDCS for 20 minutes. A comparison of the two groups after the intervention showed that the exercise program in experimental group had a more significant on the gastrocnemius, tibialis anterior and balance than the control group ($p<.05$). This showed that trunk pattern exercise in PNF integrated tDCS had a positive effect on the functional recovery of the lower extremity in stroke patients.

Key Words : Gait, Proprioceptive neuromuscular facilitation, tDCS

1. 서론

뇌졸중으로 인한 하지의 신경학적, 기능적 손상과 근력, 균형 능력, 보행속도는 유의한 상관관계를 가지고 있

으며, 정상적인 보행을 위해서는 하지의 근육 중 대퇴사두근과 대퇴직근의 근력 강화가 필수적이다[1]. 특히 뇌졸중 환자는 보행 속도와 분속수, 보폭이 감소되고, 비마비측 하지를 과도하게 많이 사용하게 된다. 이는 비정상

본 논문은 2013년도 원광보건대학교 교내 연구비 지원에 의해서 수행됨

*Corresponding Author : Hyun-Gyu Cha(College of Kyungbuk)

Tel: +82-54-630-5261 email: niceguy-chatty@hanmail.net

Received October 20, 2014

Revised (1st October 27, 2014, 2nd November 4, 2014)

Accepted November 6, 2014

적인 근육 타이밍 및 비대칭적인 체중 지지로 인해서 운동 조절 장애를 일으키며[2], 보행 시 마비측 하지의 체중 지지 감소는 다양한 환경과 과제에 적절히 반응하는 능력을 저하시켜 일상생활활동에 제한을 가져오게 된다[3].

균형은 지지면 내에서 신체의 중력 중심을 유지하는 능력으로써[4], 균형 능력의 감소와 하지 근력 약화는 낙상의 위험을 증가시키기 때문에 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 고위중추에서의 적절한 감각 통합 조절이 필요하다.

뇌졸중 환자의 하지 기능 회복을 위한 운동 방법에는 과제 지향적 접근법(task oriented approach), 상상훈련(motor imagery), 거울치료(mirror therapy), 고유수용성 신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF) 등의 중재 방법들이 사용되고 있다[5,6].

뇌졸중 환자의 하지 기능 회복을 위한 PNF는 나선형 및 대각선 패턴을 사용하여 고유수용기를 자극시켜 신경근 반응을 촉진하는 방법이다. 이는 신경근 자극을 통해 협응력을 증가시켜 운동단위가 최대로 반응하도록 유도하여 근력 및 균형 능력을 증진시킬 수 있는 효과적인 중재 방법이다[5]. PNF의 치료적 원리 중 방산(irradiation)은 체간에 저항운동을 가함으로써 마비측 하지의 근 수축력을 증가시킬 수 있는 기법으로서 하지 기능 향상을 위하여 필요하다[7]. 따라서 본 연구에서 뇌졸중 환자의 양측 건갑골에 저항을 주어 마비측 하지근의 방산을 이용하여 하지의 고유수용성신경근을 촉진시킬 수 있을 것이라 사료된다.

최근 손상된 뇌의 신경가소성과 재조직화를 촉진하기 위한 비침습적인 뇌신경 자극 방법에 대한 연구들이 활발히 진행 되고 있다. Schlaug 와 Renga[8]은 뇌졸중 환자에게 경두개직류자극(transcranial direct current stimulation, tDCS)과 운동학습을 병행했을 때, 대뇌피질의 활성도를 촉진 시키고 운동 기능을 향상시킨다고 보고하였다. 그리고 Fregni 등[9]은 tDCS 적용 후에 뇌졸중 환자의 상지를 담당하는 일차운동 영역의 기능이 향상되었다고 보고하였다. Tanaka 등[10]은 tDCS로 손상된 대뇌의 일차운동 영역을 자극한 결과 하지 부위의 대뇌피질이 활성화 되었으며, Fujiwara 등[11]은 척수 손상 환자의 피질척수로도 활성화시킬 수 있다고 보고하였다.

뇌졸중 환자의 기능 회복을 위해서 전기 자극(electrical stimulation)이나 기능적 전기 자극(functional electrical stimulation)을 이용하여 마비된 신체 부위에

간접적 자극을 적용한 연구는 많지만 tDCS와 같은 대뇌의 직접적이고 선택적 자극을 적용한 연구는 미비하다. 그리고 뇌졸중 환자를 대상으로 PNF의 방산을 이용하여 체간 근육을 촉진시켜 마비측 하지 근육 활성화와 균형 능력을 연구한 국내 논문은 부족하다.

본 연구의 목적은 PNF의 체간 패턴 운동을 병행한 tDCS가 뇌졸중 환자의 마비측 하지의 근 활성도와 균형 능력, 보행 속도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 실시하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

본 연구는 입원 환자 중 뇌졸중으로 인해 편마비로 진단 받은 환자 31명을 대상으로 하였다. 연구 대상자들은 무작위로 실험군 15명과 대조군 16명으로 각각 배정되었다. 대상자의 선정 조건은 하지에 정형외과적 문제가 없고 관절 구축이 없는 자, 보조기구를 사용하지 않고 10분 동안 안정된 지면에서 서기 자세가 가능한 자, 간이 정신 상태 검사(mini-mental state examination-korean version)에서 24점 이상인 자로 하였다. 본 연구는 을지대학교 임상시험 심사위원회(institutional review board)의 승인을 받았으며, 생명 윤리 및 안전에 관한 법률 등 관련 법규를 준수하였다. 대상자 수 산출을 위한 G power 프로그램 분석 결과 연구 파워(power of study): $1-\beta=0.7$, 효과 크기(effect size): $d=0.95$, 유의수준(significance level): $\alpha<0.05$ 로 총 30명의 대상자가 산출되었다.

2.2 연구 절차

치료군 배정은 각각의 치료군을 의미하는 2개의 공이 포함되어 있는 상자에서 1개의 공을 뽑도록 하여 실험군과 대조군으로 정하였다. 모든 대상자들은 6주 동안 주 3회, 하루 20분씩 PNF의 체간 패턴 운동을 시행하였으며, 추가적으로 실험군은 tDCS를 적용하였다. 본 연구에 참여한 대상자는 35명이었으나 2명이 경제적인 이유로 퇴원하였고, 2명이 심·혈관계에 문제가 생겨 최종 실험에는 31명이 참여하였다.

2.3 중재 방법

2.3.1 고유수용성신경근축진법의 체간 패턴 운동

운동은 Alder 등[12]이 제시한 방법을 수정하여 대상자가 양 발을 어깨 넓이로 벌리고 고관절 90°, 슬관절 90° 골곡 상태를 유지하도록 하여 치료용 테이블에 앉게 하였다. 첫 번째 단계에서 마비측 견갑골의 전방거상(anterior elevation)과 비마비측 견갑골의 후방하강(posterior depression)이 동시에 움직이게 하였다. 두 번째 단계에서는 마비측 견갑골의 후방하강(posterior depression)과 비마비측 견갑골의 전방거상(anterior elevation)이 반대로 움직이도록 하였다. 이때 치료사는 맨손을 이용하여 환자의 견갑골 움직임 반대 방향에서 교대로 저항을 주었다. 저항의 강도는 환자의 근력을 고려하여 조절하였으며, 근 수축 기법은 안정적 등장성 수축(stabilizing isotonic contraction)을 사용하였다. 운동 도중 대상자의 상태에 따라 적절한 휴식을 취하도록 하였으며, 앉은 자세와 기립 자세에서 각각 10분 동안 총 30회 실시하여, 총 운동 시간은 20분이 되었다.

2.3.2 경두개직류자극

경두개직류전류자극기(Phoresor II Auto model PM 700, IOMED, Salt Lake City, USA)의 자극 부위는 국제 10-20 시스템에 따라 양극은 일차운동영역(primary motor cortex, M1)인 C3, C4에 부착시키고 음극은 비마비측 안와부위(supraorbital)에 부착하였다. 자극의 강도는 안정성이 입증된 범위 내에서 부작용이나 불편함을 유발하지 않으면서 운동유발전위(motor evoked potential)를 발생시키는 1 mA 로 20 분간 적용하였다 [13].

2.4 연구 도구

2.4.1 근 활성화도

근전도 측정 장비로 QEMG-4(LXM 3204 Laxtha, Daejeon, Korea)를 사용하였으며, 환자의 피부 저항을 최소화하기 위해 알코올로 피부를 소독한 후 TECA사의 은전극 표면 활성 도자(silver surface activity electrode)에 겔을 바른 후 각 근육의 표면에 부착하여 측정하였다. 대퇴직근의 부착 부위는 전상장골극(anterior superior iliac spine)에서 슬개골 상극점까지 거리의 1/2지점, 대퇴이두근은 슬와부 주름과 둔부 주름의 1/2 지점 외측, 전경골근은 경골선상 2 cm 거리의 외측 표면, 비복근은 슬

와부 중심선에서 하행 2 cm 거리의 외측 표면으로 하였으며, 참고 전극(reference electrode)은 활성 전극에서 약 4 cm 정도의 간격을 두고 부착하였다. 그리고 잡음(noise)을 최소화하기 위하여 접지 전극(ground electrode)을 하퇴 전·외측부에 부착하였다[18].

측정에 사용되는 근전도 장비의 대역 여과 필터는 50~60Hz(notch filter), 대역 통과 필터는 20Hz~10kHz였고, 환자로 하여금 누운 자세 또는 엎드린 자세에서 각 근육 별로 최대 수의적 등척성 근 수축(maximum voluntary isometric contraction, MVIC)을 5초간, 3회씩 유도하도록 하여 RMS값을 산출하였다[14].

2.4.2 균형 능력

뇌졸중 환자의 동적 균형 능력을 측정하기 위하여 균형 측정기(Balance system, Biodex, USA)를 사용하였다. 대상자는 고정된 발판에 올라가 양 발로 서도록 한 다음 장비에 적응할 수 있도록 3번의 준비 연습을 시행한 후 검사를 시작하였다. 검사는 낙상의 위험 요소가 가장 적은 레벨 8에서 30초 동안 실시하였다. 균형 능력 평가는 대상자의 몸의 중심에서 벗어난 이탈 각도를 점수화 하였다. 이는 점수가 높을수록 자세 동요(disturbance)가 많이 일어났다는 것을 의미한다. 중재 전과 후에 각각 3회 측정하여 균형 능력의 평균값을 산출하였으며, 균형 측정기의 측정자 내 신뢰도와 측정자간 신뢰도는 $r=.82$, $r=.70$ 로 매우 높다[15].

2.4.3 10m 보행 속도 검사

보행 속도를 알아보기 위해 10m 걷기 검사를 실시하였으며, 총 13m의 구간을 걷어가는 동안 미리 정해 놓은 출발지점과 도착지점에서 각각 1.5m의 구간을 제외한 10m 구간을 이동하는데 소요된 시간을 초시계를 이용하여 측정하였다. 실험 대상자들은 평상시의 보행속도로 보행로의 마지막 도착지점까지 걸을 것을 사전에 교육하였다. 10m 보행 속도 검사의 측정자내 신뢰도와 측정자간 신뢰도는 $r=.89$ 로 매우 높다[16].

2.5 자료 처리

본 연구에서 수집된 자료들은 윈도우용 SPSS 18.0을 이용하여 통계처리 하였다. 각 측정 항목에 대한 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk를 실시한 결과 모든 항목에서 정규 분포하는 것으로 나타났다. 대상자의 특성에 대한

동질성 검정은 Pearson 카이제곱과 독립표본 t 검정 방법을 사용하였다. 중재 전·후 결과 차이를 비교하기 위하여 대응 표본 t 검정을 사용하였고, 두 군 간 비교를 위하여 독립표본 t 검정을 사용하였으며, 통계학적 유의수준은 $p < .05$ 로 정하였다.

3. 연구 결과

3.1 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자의 나이, 성별, 마비측, 뇌졸중 유형, 병력 기간, 몸무게, 키 등에 대한 동질성 검정을 시행한 결과, 두 군 간 유의한 차이가 없었다($p > .05$)[Table 1].

[Table 1] General and Medical Characteristics of Subjects (N=31)

	EG(n=15)	CG(n=16)	t/χ^2	p
Age(year)	62.40±6.77 ^a	60.88±6.88	0.62	0.53
Gender (male/female)	9/6	8/8	0.15	0.87
Affected side (left/right)	10/5	9/7	0.54	0.59
Causes (infarction/hemorrhage)	9/6	10/6	-0.91	0.37
Since onset (month)	16.40±6.99	18.38±7.30	-0.76	0.44
Weight(kg)	62.87±7.45	65.56±5.38	-1.16	0.25
Height(cm)	163.20±6.07	166.94±7.22	-1.55	0.13

^amean±S.D.

EG : Experimental Group

CG : Control Group

3.2 실험군과 대조군의 하지 근 활성화도 비교

실험군과 대조군 모두 중재 전 과 비교하여 중재 후 하지 근력에 유의한 증가를 보였다($p < .05$). 두 군 간 비교에서 대조군 보다 실험군에서 비복근과 전경골근의 근력이 유의한 증가를 보였다($p < .05$). 변화율 비교에서 대조군 보다 실험군에서 비복근과 전경골근의 근력이 유의한 증가를 보였다($p < .01$)[Table 2].

[Table 2] Comparison of muscle activity between groups (N=31)

		EG(n=15)	CG(n=16)	p
RF (μV)	Pre	92.87±9.13 ^a	95.69±7.67	0.35
	Post	113.73±12.34	110.75±13.42	0.52
	p	0.00	0.00	
Difference		20.87±11.33	15.06±14.09	0.21
BF (μV)	Pre	55.27±4.99	54.63±4.08	0.69
	Post	71.53±5.59	64.94±12.39	0.06
	p	0.00	0.00	
Difference		16.27±6.54	10.31±11.07	0.08
GM (μV)	Pre	72.13±8.77	74.00±5.77	0.48
	Post	96.87±9.03	89.56±5.50	0.01
	p	0.00	0.00	
Difference		24.73±10.53	15.56±8.25	0.01
TA (μV)	Pre	56.53±5.54	59.19±5.74	0.20
	Post	74.27±3.59	69.56±6.76	0.02
	p	0.00	0.00	
Difference		17.73±7.40	10.38±8.02	0.01

^amean±S.D.

EG : Experimental Group

CG : Control Group

RF : Rectus Femoris, BF : Biceps Femoris,

GM : Gastrocnemius, TA : Tibialis Anterior

3.3 실험군과 대조군의 균형 능력과 보행속도 비교

실험군과 대조군 모두 중재 전 과 비교하여 중재 후 두 변수에서 유의한 감소를 보였다($p < .05$). 두 군 간 비교에서 대조군 보다 실험군에서 균형 능력이 유의한 감소를 보였다($p < .05$)[Table 3].

[Table 3] Comparison of balance and walking speed between groups (N=31)

		EG(n=15)	CG(n=16)	p
Balance (°)	Pre	5.57±1.29	5.96±0.63	0.28
	Post	3.22±0.79	4.08±1.32	0.04
	p	0.00	0.00	
Difference		-2.56±1.93	-1.93±1.37	0.30

	Pre	29.40±8.12	26.56±6.58	0.29
walking speed (s)	Post	23.67±5.65	22.56±5.25	0.57
	p	0.01	0.03	
	Difference	-5.73±8.34	-4.00±6.87	0.53

^amean±S.D.

EG : Experimental Group

CG : Control Group

4. 논의

뇌졸중 발병 후 발생하는 마비측 하지의 근력 약화는 신체 기능과 운동 능력을 감소시키는 요인으로 작용하며, 이를 해결하기 위한 적절한 물리치료적 접근이 필요하다. 본 연구는 PNF의 체간 패턴 운동을 병행한 tDCS가 뇌졸중 환자의 마비측 하지의 근 활성도와 균형 능력, 보행 속도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 실시하였다. 중재 후 뇌졸중 환자의 하지 기능 회복에 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다.

본 연구의 주된 결과 중재 후 실험군이 대조군 보다 비복근, 전경골근, 균형 능력에서 유의한 증가를 보였다. 이는 PNF 연구에서 20명의 정상 성인에게 PNF의 편측 상지와 체간 패턴을 적용하여 반대측 하지 근육 중 내측 광근, 대퇴이두근, 전경골근의 활성도가 유의한 증가를 보인 연구 결과와 유사하다[17]. 이는 PNF의 체간 패턴 운동이 체간 근육의 활동을 촉진시켜 마비측 하지 근육의 활성도에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료되며, PNF 기법 중 저항에 대항하는 근 수축이 다른 신체부위의 근 수축을 활성화 시키는 방산의 효과로 볼 수 있다.

Jeon[18]은 30명의 요통 환자를 대상으로 PNF의 상지를 이용한 체간 패턴 운동을 실시한 결과 동적, 정적 균형 능력에서 유의한 증가를 보였다고 하였으며, Ji[5]는 14명의 편마비 환자에게 PNF 중재를 마비측 하지에 6주 동안 적용하였을 때 대퇴사두근의 활성도와 동적 균형 능력에서 유의한 증가를 보고하여 본 연구와 유사한 연구 결과를 보였다. 이는 PNF의 체간 패턴 운동이 뇌졸중 환자의 근육 협응 능력과 관절의 안정성을 증가시켜 효율적으로 고유수용기를 촉진한 결과라 할 수 있다. 또한 체성감각(somatosensory)과 균형 능력을 촉진 시키는 체간과 하지 근육의 적절한 근 수축 타이밍이 균형 능력의 향상을 가져온 것으로 사료된다.

본 연구 결과에서 뇌졸중 환자의 하지 기능을 회복시키는데 PNF의 체간 패턴 운동과 더불어서 tDCS의 자극도 긍정적인 영향을 미쳤다. 뇌를 비침습적으로 자극하는 tDCS는 비특이적 신경구조의 기능을 조절하고 뇌 자극동안 운동효과를 증진시킬 수 있다[19]. 이는 환자의 통증과 불편함을 호소하지 않는 범위 내에서 뇌의 자극이 가능 하며, 자극의 강도와 시간, 자극 부위에 따라 다양한 기능적 변화를 일으킬 수 있다[13]. tDCS의 적용은 뇌신경 탈분극(Polarization)의 방법으로 뇌신경의 수리적인 신경원 활동에 영향을 주어 뇌의 기능을 구조적으로 변화시킬 수 있으며, 뇌의 일차피질운동영역에 1-2 mA의 전류를 통해 뇌를 활성화시킬 수 있다[19]. Hummel 등[20]은 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 일차운동영역 부위에 tDCS를 10일 동안 적용한 결과 Jepsen-Taylor 손 기능 검사에서 수행시간이 11.75% 증가되었다고 보고하였다. 또한 일차운동피질의 하지 영역에 대하여 tDCS를 적용함으로써 피질척수로의 흥분성을 증가시킬 수 있다고 하였으며, 뇌졸중 환자의 회복수준 향상과 회복기간의 단축을 제공해준다고 보고하였다[21]. tDCS의 적용이 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 보행주기, 속도, 분속수, 보장과 활보장에서 유의한 변화를 주었다고 보고하였다[22]. 이는 tDCS의 적용이 뇌졸중 환자의 보행 능력 향상에도 효과적이라는 것을 의미한다. 또한 PNF의 체간 패턴 운동 후 적용된 tDCS가 기능 회복을 촉진하기 위해 필요한 유형으로 뇌신경원의 활동이 변화하고 시냅스 가소성을 촉진하며, 대뇌피질 운동체계에 비특이적 입력(unspecific input)을 제공할 수 있다는 것을 의미한다. 신경가소성은 뇌신경학적 구조가 기능적으로 변화하는 것이며, 이는 시냅스 가역 조절이나 대뇌피질 등의 손상되지 않은 뇌 영역 부위로부터 기능적 지도를 다시 만드는 것과 같은 뇌의 재생성을 의미한다[23]. 대뇌피질의 운동영역에 축삭발아(axonal sprouting)와 가지발아(dendritic sprouting)로 인한 가소성의 변화는 신경학적 회복과 수의적인 움직임과 관련되어 있다[23]. 따라서 본 연구에서 tDCS의 적용은 손상된 대뇌피질 영역의 뇌 재조직화(reorganization)에 영향을 주어 손상된 피질영역 부위를 활성화하는데 도움이 될 수 있으며, 뇌졸중 환자의 손상된 신경과 운동장애를 기능적으로 개선하는데 임상적으로 유용한 방법으로 적용될 수 있을 것이라 사료된다.

Islam 등[24]은 tDCS의 적용이 인지, 움직임, 고유수

용성 감각을 증가시켜 장기상승작용(long term potentiation), 장기하강작용(Lont term depression)과 같은 시냅스 후 연결을 강화시킨다고 보고하였다. 장기상승작용은 신경 세포 간 신호전달의 활성도가 증가되어 지속되는 것으로 신경가소성의 현상으로 보고하였으며, 운동학습에 도움을 줄 수 있는 것으로 보고하였다.

본 연구는 대상자 수가 적어 뇌졸중으로 인한 편마비 환자 모두에게 일반화시키는데 어려움이 있으며, 훈련 이외의 시간을 통제하지 못하였다. 그리고 추적관찰을 통해 운동 효과의 지속성을 확인 하지 못하였다. 그러므로 향후에 이러한 점을 보완하여 더 많은 대상자를 포함시키고, 오랜 기간 동안 tDCS를 적용한 연구가 지속적으로 시행되어야 할 것이다. 다양한 중재 방법과 병행한 tDCS의 효과를 평가하고, 그 효과를 평가함에 있어 좀 더 객관적이며 정량적 평가를 포함시키는 연구가 시행되어야 할 것이다.

5. 결론

뇌졸중 환자를 대상으로 고유수용성신경근축진법의 체간 패턴 운동을 병행한 경두개직류전류자극이 마비측 하지 근육을 활성화 시키고 균형 능력과 보행 속도를 증가시킬 수 있는 효과적인 중재임을 확인하였다. 따라서 tDCS 적용이 물리치료적 중재 방법들과 병행된다면 그 효과를 더욱 향상시킬 수 있으며, 중추신경계의 직접적이고 선택적인 자극을 할 수 있는 하나의 방안이 될 수 있을 것이다.

References

- [1] Y. R. Yang, M. P. Tsai, T. Y. Chuang and W. Sung. "Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: A randomized controlled trial", *Gait Posture*, Vol. 28(2), pp. 201-206, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.11.007>
- [2] R. Dunsky, R. Dickstein, E. Marcovitz, S. Levy. "Home-based motor imagery training for gait rehabilitation of people with chronic post stroke hemiparesis", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 89(8), pp. 1580-1588, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2007.12.039>
- [3] K.K. Patterson, I. Parafianowicz, C. J. Danells. "Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Archives of physical medicine and rehabilitation*", Vol. 89(2), pp. 304-310, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2007.08.142>
- [4] J. L. Stephenson, A. Lamontagne, S. J. DE-Serres. "The coordination of upper limb movements during gait in healthy and stroke individuals", *Gait Posture*, vol. 29(1), pp. 11-16, 2009
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.05.013>
- [5] S. K. Ji. "The effects of combination of isotonic technique in proprioceptive neuromuscular facilitation on the balance, muscle activity and fatigue of quadriceps muscle in hemiplegic stroke patients", Graduate School of Public Health, Eulji Univ. Master's thesis, 2008.
- [6] G. Yavuzer, R. Selles and N. Sezer. "Mirror therapy improve hand function in subcute stroke: A randomized controlled trial", *Arch phys med rehabil*, Vol. 89(3), pp.393-398, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2007.08.162>
- [7] W. M. Thomas. "Anatomy Train", Chur Living, Elsevier Sci Limit, pp. 93-102, 2002.
- [8] G. Schlaug, V. Renga and D. Nair. "Transcranial direct current stimulation in stroke recovery". *Arch Neurol*, Vol. 65(12), pp.1571-1576, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1001/archneur.65.12.1571>
- [9] F. Fregni, P. S. Boggio and M. C. Santos. "Noninvasive corticalstimulation with transcranial direct current stimulation in parkinson's disease", *Mov disor*, Vol. 21(10), pp. 1693-1702, 2006.
- [10] S. Tanaka and K. Watanabe. "Transcranial direct current stimulation a new tool for human cognitive neuroscience", *Brain Nerve*, Vol. 61, pp. 53 - 64, 2009.
- [11] T. Fujiwara, T. Tsuji, K. Honaga, K. Hase, J. Ushiba and M. Liu. "Transcranial direct current stimulation modulates the spinal plasticity induce with patterned electrical stimulation", *Clin Neurophysiol*, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2011.02.002>
- [12] S. Alder, D. Beckers and M. Buck. "PNF in practice: an illustrated guide", Spri Ver, 2008.
- [13] P. S. Boggio, L. O. Castro, E. A. Savagim, R. Braitte, V. C. Cruz, R. R. Rocha, S. P. Rigonatti, M. T. Silva and F. Fregni. "Enhancement of non dominant hand motor function by anodal transcranial direct current stimulatío", *Neurosci Lett*, Vol. 404(1-2), pp. 232-236, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2006.05.051>
- [14] A. Burden and R. Bartlett. "Normalization of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new

- methods”, Med Eng & Phys, Vol. 21, pp. 247-257, 1999.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1350-4533\(99\)00054-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1350-4533(99)00054-5)
- [15] A. Srivastava, A. B. Taly, A. Gupta and S. Kumar. “Post-stroke balance training: Role of force platform with visual feedback technique”, J Neurol Sci, Vol. 287(1), pp. 89-93, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jns.2009.08.051>
- [16] M. Pohl, J. Mehrholz, C. Ritschel and S. Ruckriem. “Speed-dependent treadmill training in ambulatory hemiparetic stroke patients: A randomized controlled trial”, Stroke, Vol. 33(2), pp. 553-558, 2002.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/hs0202.102365>
- [17] K. H. Kim. “Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation applied to the unilateral upper extremity on the muscle activation of contralateral lower extremity”, Graduate School of Public Health, Eulji Univ. Master’s thesis, 2005.
- [18] H. J. Jeon. “Comparative study of chopping and lifting pattern of proprioceptive neuromuscular facilitation versus trunk exercise program for the management of chronic low back pain”, Graduate School of Public Health, Eulji Univ. Master’s thesis, 2008.
- [19] M. T. Berlim, V. D. Neto, G. Turecki. “Transcranial direct current stimulation: A promising alternative for the treatment of major depression?”, Rev Brasil Psiqui, Vol. 31, pp. 34-38, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-44462009000500006>
- [20] F. Hummel, C. W. Wu, A. Floel. “Improvement of skilled motor functions in elderly healthy volunteers by cortical stimulation”, Neuroimage, Vol. 22, pp. S29, 2004.
- [21] F. Hummel, P. Celnik, P. Giraux, A. Floel, W. H. Wu, C. Gerloff and L. G. Cohen. “Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke”, Brain, Vol. 128(Pt 3), pp. 490-499, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/brain/awh369>
- [22] Y. S. Lee. “Effect of transcranial directed current stimulus on lower extremity muscle activation and waking capacity for hemiparalysis patients”, Graduate School of Daegu University, 2012.
- [23] L. M. Carey, D. F. Abbott, G. F. Egan, J. Bernhardt and G. A. Donnan. “Motor Impairment and Recovery in the Upper Limb After Stroke : Behavioral and Neuroanatomical Correlates”, Stroke, Vol. 36(3), pp. 625-629, 2005.
- [24] N. Islam, M. Aftabuddin, A. Moriwaki and Y. Hattori. “Increase in the calcium level following anodal polarization in the rat brain”, Brain Res, Vol. 684(2), pp. 206-208, 1995.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000155720.47711.83>

차 현 규(Hyun-Gyu Cha)

[정회원]



- 2011년 2월 : 대전대학교 보건스포즈대학원 물리치료학과 (보건학석사)
- 2014년 2월 : 대전대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 경북전문대 물리치료과 교수

<관심분야>

운동치료, 신경계물리치료, 전기치료

조 혁 신(Hyuk-Shin Cho)

[정회원]



- 2009년 8월 : 전북대학교 대학원 체육학과 (체육학석사)
- 2014년 8월 : 대전대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 원광보건대학교 물리치료과 교수

<관심분야>

신경계물리치료, 운동치료, 기능해부