Journal of the Korea Convergence Society
Vol. 11. No. 9, pp. 31-37, 2020

ISSN 2233-4890 / eISSN 2713-6353
https://doi.org/10.15207/JKCS.2020.11.9.031

뇌졸중 환자의 상지기능 개선을 위한 과제 지향적 훈련과 진동 자극, 경두개 직류 전류 자극의 융합 효과

김선호
원주 영광 병원 작업치료실 실장

The Convergence Effect of Task-Oriented Training and Vibration Stimulation, Transcranial Direct Current Stimulation to Improve Upper Limb Function in Stroke

Sun-Ho Kim
Occupational Therapist, Dept. of Occupational Therapy, Won-Ju Young Kwang Hospital

요 약 본 연구는 뇌졸중 환자에게 과제 지향적 훈련과 진동 자극을 결합한 중재에 경두개 직류 전류 자극을 융합했을 때 상지 기능의 회복에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 총 20명을 대상으로 총 4주간, 주 5회, 30분씩 실시했으며, 경 두개 직류 전류 자극을 융합한 과제 지향적 훈련과 진동자극의 결합 중재의 실험군과 과제 지향적 훈련과 진동자극의 결합 중재의 대조군으로 나누었다. 측정은 손의 기민성과 상지기능의 회복을 측정하였다. 실험군과 대조군은 손의 기민성과 잡기, 쥐기, 큰 동작 움직임에서 유의한 개선을 보였으며($p<.05$), 실험군은 손의 기민성과 잡기, 쥐기 동작에서 대조군 보다 유의한 개선을 보였다($p<.05$). 중재 전후 효과 크기는 모든 평가 항목에서 작은 효과이상을 보였다. 본 연구 결과를 근거로 하여 임상 환경에서 보다 효과적이고 효율적인 재활 치료를 할 수 있을 것으로 사료된다.

주제어 : 융합, 경두개 직류 전류자극, 진동자극, 과제 지향적 훈련, 뇌졸중

Abstract The purpose of this study was to investigate the Effect of transcranial direct current stimulation convergence task-oriented training combined with vibration stimulation on hand dexterity and upper limb function in stroke patients. One time 30 minutes 5 times a week for 4 weeks. experimental group of transcranial direct current stimulation convergence task-oriented training combined with vibration stimulation and control group of the task-oriented training combined with vibration stimulation were divided into 10 members. Hand dexterity and upper limb recovery were measured. The experimental group and the control group showed significant improvement in hand dexterity and grasping($p<.05$), grasping, and gross movement($p<.05$). The experimental group showed a significant improvement in hand dexterity and grasp and grip than the control group. Effect size showed more than small effect in all evaluation items. Based on the results of this study, it is considered that more effective and efficient rehabilitation treatment can be performed in the clinic.

Key Words : Convergence, Transcranial direct current stimulation, Vibration stimulation, Task-oriented training, Stroke

*Corresponding Author : Sun-Ho Kim(sunho175@naver.com)
Received June 26, 2020 Revised July 30, 2020
Accepted September 20, 2020 Published September 28, 2020

1. 서론

뇌졸중은 대표적인 뇌혈관 질환으로 신경학적 장애에 의해 운동기능 상실, 감각 이상 등의 후유 장애를 장기적으로 경험하게 되며[1], 특히, 손 기능을 포함한 상지의 기능 손실이 두드러지면서 일상생활에서의 활동 참여에 문제가 생기게 되며, 지역사회 복귀에 어려움을 가지게 된다[2].

이러한 사회적 참여를 촉진시키기 위해 상지기능 회복을 유도하기 위한 임상에서의 대표적인 중재로 과제 지향적 훈련이 있다. 과제 지향적 훈련은 목표 활동 및 과제에 대하여 환자 스스로 자발적 움직임을 유도하는 치료법으로 마비 측의 운동 학습과 조절을 통해 대뇌피질의 재 조직화를 유도하며[3], 상지 운동 패턴의 향상과 기민성의 개선을 통해 일상생활의 복귀에 대한 긍정적인 효과를 나타낸다[4].

진동 자극은 체성 감각 자극의 종류 중 하나로 근 수축 시 근육의 형태나 길이에 변화를 주어 정상적인 근 긴장의 유도를 촉진하는 효과가 있다[5]. 또한, 적용방법이 간편하고 불편함이 적어 과제 지향적 훈련과 같은 재활 운동과의 공동 수행이 가능하다. Kim 은 과제 지향적 훈련과 손목 폄근에 대한 진동 자극을 같이 사용하는 것이 과제 지향적 훈련만 실시하는 것보다 환측과 건측 사용량과 손의 기민성 및 상지 기능 개선에 더 효과적이라 보고하고 있다[6].

과제 지향적 운동과 진동 자극 등과 같은 재활 접근법은 반복적인 말초 신경계 자극을 통해 대뇌 운동피질의 신경 가소성에 변화를 주는 것으로 보고가 되고 있다[7]. 반면, 최근에는 중추신경계를 직접 자극하여 대뇌 피질의 활동성에 대한 가소성에 영향을 주는 경두개 직류전류자극(transcranial Direct Current Stimulation: tDCS) 같은 비 침습적인 전기 자극법이 많이 연구 되어져 오고 있다[8]. tDCS는 양극(anodal)과 음극(cathodal), 두 개의 전극을 각각 환측 반구의 두피와 반대쪽 앞이마에 부착하여 환측 대뇌 반구의 활성도를 증가시키는 원리로 사용되며, 말초 신경계 자극 훈련법과 함께 사용되어 운동기능 향상 및 뇌 가소성에 관한 연구들이 시도되어져 왔다. Bolognini 등 은 tDCS와 강제유도운동치료(constraint-induced movement therapy; CIMT)를 함께 사용하여 환측 반구 피질의 흥분성 증가를 보고하였으며[9], Celnik 등 은 tDCS와 말초 신경 전기 자극과의 결합 중재를 통해 손 기능과 전반적인 상지기능의 향상을 보고하였다[10].

이와 같이 서로 다른 기전으로 뇌가소성에 영향을 주는 tDCS와 말초 신경계자극의 결합 중재에 관련된 연구는 다수 이루어지고 있는 반면, 과제 지향적 훈련과 진동자극을 같이 사용하는 것과 같이 2가지 이상의 말초 신경계 자극의 결합 중재와 tDCS와 함께 사용되어진 연구를 매우 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구의 목적은 tDCS와 융합한 과제지향적 훈련과 손가락 폄근에 대한 국소적 진동자극의 결합 중재가 뇌졸중 환자들의 손 기민성과 상지기능에 미치는 영향을 알아보는데 있다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

본 연구는 W시에 위치한 Y 병원에 내원해 있으면서 본 연구 참여에 동의한 뇌졸중 환자 20명을 대상으로 2019년 5월 2일부터 8월 4일까지 진행되었다. 연구 대상자들은 봉인되어 있는 봉투 뽑기를 이용하여 실험군 10명과 대조군 10명으로 무작위 배정되었다. 대상자의 선정 조건은 뇌졸중으로 진단을 받고 12개월 이상 경과한자, 환측의 상지의 손과 어깨에서 브론스트롬 단계 3등급 이상인자, 인지 장애가 없는 자(MMSE-K에서 24점 이상), 뇌졸중 이외에 통증을 동반한 다른 질환이 없는 자를 선정하였다. 모든 연구 대상자는 실험에 참여하기에 앞서 본 연구의 목적과 방법에 관하여 안내를 받았고, 결과의 사용에 대해 공식적으로 서면 동의서에 서명하도록 하였다. 연구대상자들의 일반적 특징은 다음과 같다. (Table 1 참조)

2.2 중재 방법

실험군은 tDCS를 20분간 시행한 직 후 과제 지향적 훈련과 진동자극을 30분간 동시 진행하였으며, 대조군은 전류가 흐르지 않는 상태의 sham tDCS를 20분간 시행한 직 후 과제 지향적 훈련과 진동자극을 30분간 진행하였다. 중재는 주 5회, 총 4주간 진행하였으며, 연구기간 동안 연구대상자들은 기존에 받던 재활치료(통증·작업치료 등)를 그대로 유지하였다. 중재를 연구자와 1:1 로 진행하였다.

tDCS는 The Brain Driver v2.1 tDCS(The Brain Driver v2.1, The Brain Driver, USA)를 이용하였으며, 양전극은 손상 측 일차운동감각영역, 음전극은 편측 뇌반구의 안와상 영역에 부착하였다. 자극 프로토콜은 20

Table 1. General characteristics in subjects

Classification	EG (n=10)	CG (n=10)	p
Gender (Male/Female)	4/6	4/6	1
Age (years)	56.6 ± 7.22	60.1 ± 7.04	.53
Stroke type (Infarction/Hemorrhage)	6/4	5/5	.84
Affected side (Right/Left)	4/6	7/3	.45
Diesase duration (months)	14.5 ± 2.46	16± 3.52	.87
MMSE-K (scores)	29.5 ± 0.52	29.7 ± 0.48	.97
Brunnstrum stage (Shoulder/Hand)	4.4 ± .51/4.6 ± 0.51	4.6 ± 0.51/4.8 ± 0.63	.33 /.4

All values showed mean±SD
EG: Experimental group, CG: Control group, MMSE-K: Mini-Mental States Examination-Korean

분 동안 1 ㎃ 세기의 정전류를 적용하였다.

과제 지향적 훈련은 Kim 등의 연구를 참고하여 책상 위에 놓인 5개의 벨 누르기, 고무공 바구니에 담기, 플라스틱 병 옮기기, 페그보드 담기를 시행하였다[11]. 과제는 치료사와 1대1로 진행하며, 환자에 따라 목표물의 위치와 거리 등을 조절하여 수행하였으며, 모든 과제는 편안한 의자에 앉은 상태로 책상 위에서 진행하도록 하였다.

진동자극은 손목진동자극기(SurianFit-2000, Cloud factory, Korea)를 사용하였다. Costantino 등의 연구를 근거로 진동수 80 ㎐인 진동 자극을 환측 아래팔의 손목 부위의 긴 노쪽 손목 폄근(extensor carpi radialis longus muscle)에 훈련을 수행하는 30분간 적용하였다[12].

2.3 결과 측정

연구 대상자들은 중재 전·후로 72시간 이내에 평가를 받았으며, 평가는 연구에 참여하지 않은 5년 경력이상의 작업치료사 3명이 독립된 공간에서 실시하였다.

2.3.1 Box and Block Test(BBT)

환측 상지의 기민성을 확인하기 위해 BBT를 사용하였다. BBT는 60초 동안 한쪽에서 중간 벽을 넘어 반대편으로 블록을 최대한 빨리 옮기도록 하고, 반대편 상자에 담긴 개수로 측정한다. 검사-재검사 신뢰도는 왼쪽에서 오른쪽 0.98, 오른쪽에서 왼쪽 0.94, 실험자간 신뢰도는 오른쪽 1.00, 왼쪽 0.99의 높은 신뢰도를 가지고 있다[13].

2.3.2 Action Research Arm Test(ARAT)

환측 상지의 전반적인 기능 수준을 평가하기 위해 ARAT를 사용하였다. 다양한 나무 블럭, 공, 볼 베어링 워셔 등의 도구를 사용하여, 잡기, 쥐기, 집기, 대동작에 대한 수행 정도에 따라 4점 척도로 평가하게 된다. 4점 척도로 항목 별 신뢰도는 잡기=0.98, 쥐기= 0.99 집기= 0.99, 대동작= 0.98이며, 신뢰도는 .94로 높게 보고되고 있다[14].

2.3.3 Fugle-Meyer Assessment(FMA)

환측 상지의 운동 기능에 대한 회복 수준을 평가하기 위해 FMA를 사용하였다. 점수 척도는 수행하지 못할 경우 0점, 부분적으로 수행할 경우 1점, 완전하게 수행할 경우 2점의 3점 척도로 이루어져 있다. 본 연구에서는 팔 기능 영역 33문항(총점 66점)만을 사용하였다. 상지 영역 항목의 검사자간 신뢰도는 r=.97~.99, 검사-재검사 신뢰도는 r=.94~,99, 급간 상관 계수는 r=.97로 높게 나타났다[15].

2.4 통계 분석

본연구의 통계분석은 SPSS21.0을 사용하였다. 연구대상자의 동질성 검증을 위해 카이제곱검정과 맨-휘트니검정을 실시하였다. 집단 내 중재 전 후의 유의성을 검정하기 위해 윌콕슨 부호 순위 검정을 사용하였고, 집단 간 차이를 알아보기 위해 공분산분석을 사용하였다. 또한, 집단 간의 효과크기에 대한 차이를 알아보기 위해 두 집단의 평균 차이를 공통의 표준 편차로 나눈 값을 사용한 효과 크기(effect size)를 알아보았다. 효과크기 Cohen's d는 0.0-0.2는 "small", 0.3-0.5는 "medium", 0.6-0.8는 "large"로 정의하였다[16].

3. 연구 결과

3.1 손의 기민성

BBT를 측정한 결과, 두 그룹 내 모두 유의한 개선을 보였으며, 실험군은 대조군 보다 더 나은 차이의 개선을

Table 2. Comparison of changes in BBT, FMA, ARAT within group and between group

		EG		CG		Between group *p*-value (95% CI)	effect sizes (Cohen's *d*)
		pre	post	pre	post		
BBT		24.8±3.25	28.2±2.82*	24.4±2.91	26.6±2.5*	0.001† (3.53~8.8)	1.48
FMA		44.8±2.04	47.7±1.76*	44.9±1.52	46.9±1.52*	0.078 (1.52~27.34)	0.63
ARAT	grasp	11±1.79	14.1±1.96*	12.4±2.22	14.5±1.95*	0.004† (1.21~4.47)	1.74
	grip	6.2±1.03	8.1±1.28*	7.7±1.15	8.6±1.26*	0.004† (−1.48~2.64)	1.78
	pinch	5.7±0.67	6.0±0.66	5.3±0.48	5.4±0.51	0.14 (−0.50~3.1)	0.17
	gross movement	6.1±1.7	7.6±1.5*	6.9±2.02	8.2±1.9*	0.7 (1.06~3.25)	0.33

*Significant difference within group, †Significant between group.
EG: Experimental group, CG: Control group
ARAT: Action Research Arm Test, BBT: Box and Block Test, CI: Confidence Interval, FMA: Fugle-Meyer Assessment

보였다. 또한, 효과 크기는 1.48로 큰 효과(large effect)를 나타냈다. (Table 2 참조)

3.2 상지 운동 기능

FMA와 ARAT를 측정한 결과, FMA와 ARAT의 grasp, grip, gross movement에서는 두 그룹 내 모두 유의한 개선을 보였지만, ARAT의 pinch에서는 두 그룹 모두 유의한 차이가 없었다. 반면, 두 그룹 간 비교에서는 ARAT의 grasp, grip에서만 유의한 차이가 나타났다. 효과 크기는 FMA(0.63)와 grasp(1.74), grip(1.78), pinch(0.17), gross movement(0.33) 모두 평가 항목에서 작은 효과(small effect)이상의 효과크기를 나타냈다. (Table 2 참조)

4. 고찰

본 연구에서는 뇌졸중 환자에게 과제 지향적 훈련과 진동 자극을 결합한 중재에 추가적으로 tDCS를 융합했을 때 손의 기민성과 상지 기능의 회복에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과, tDCS를 융합한 과제지향적 훈련과 진동 자극의 결합중재가 과제 지향적 훈련과 진동자극을 실시한 중재보다 손의 기민성과 전반적인 상지 기능 회복에 더 효과적인 것으로 나타났다. 또한, 효과크기에서 tDCS를 융합한 과제 지향적 훈련과 진동 자극의 결합 중재가 뇌졸중 환자의 기능 향상을 위해 긍정적으로 적용될 수 있음을 보여주고 있다.

본 연구의 두 그룹에서 공통적으로 과제 지향적 훈련과 진동자극이 동시에 적용되었다. 과제 지향적 훈련은 기능적 운동의 반복적인 훈련을 통해 운동학습과 관련된 피질의 재 조직화를 만들어내어 뇌졸중 환자의 운동기술 회복과 기능적 수행력을 최대화로 유도해 낸다[17]. 또한, 진동 자극은 체성감각의 반복적 입력을 통해 운동피질과 감각피질의 변화를 유도하여, 척수운동 신경원의 흥분성 감소와 강직 및 상지 기능 개선에 대해 효과가 있는 것으로 나타났다[18,19]. 이들 각 중재는 뇌졸중 환자들의 환측 상지의 기능 향상을 위해 흔히 사용되는 중재로 반복적인 움직임 또는 자극을 통해 말초 신경의 자극을 유도하여 대뇌피질의 흥분성 변화에 영향을 주는 신경학적 원리를 바탕으로 하고 있으며[7],특히, 함께 사용되었을 때 더욱 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.

Casale 등은 진동 자극과 재활훈련의 융합 중재가 재활 훈련만 실시하는 것보다 강직 감소를 통한 과제 수행 시간의 단축에 대한 유의한 효과를 보고하였으며[20], Kim 은 진동과 과제 지향적 훈련을 동시 적용하여 과제 훈련만 실시하는 것보다 환측 사용량과 기민성 및 상지 기능 개선에 효과를 보였으며, 이에 임상에서의 효과적인 중재 적용을 제언하였다[6]. 이는 본 연구의 실험군과 대조군 내 결과와 일치하는 것으로 진동자극의 강직에 대한 연합반응 감소효과가 과제 지향적 훈련을 통해 얻을 수 있는 운동조절능력 개선을 촉진 시킨 것으로 판단된다.

본 연구 결과, 집기(pinch) 항목에서만 그룹 간내 차이를 나타내지 않았다. 집기는 손가락의 미세동작이 필요한 동작으로 특히 엄지손가락의 움직임이 요구된다. 본 연구에서는 진동자극을 엄지손가락의 움직임과는 연관성이 적었던 손가락 폄근에 자극 했던 점, 적용된 과제 훈

련 또한 엄지손가락의 움직임과 관련된 훈련이 거의 없었다는 점, 중재기간이 4주로 짧았다는 점 등으로 인해 집기 동작의 개선을 촉진시키기에 부족했던 것으로 판단된다.

tDCS는 과제 지향적 훈련과 진동자극과 같이 반복적인 자극을 통해 간접적인 대뇌운동 피질의 활성화를 유도하는 체계와는 다르게, 직접적으로 신경계의 분극 효과를 유발하지는 않지만 중추신경계의 비 침습적 직접 자극으로 NMDA 수용체의 활성화를 촉진 시키고 두 개의 반복적인 전기 자극에 의해 장기적 강화와 억제를 발생시켜 운동피질의 활성화를 조절하게 된다[21]. 또한, tDCS는 대뇌피질 활성화를 돕는 치료법을 동시에 적용하였을 때 그 효과가 더욱 상승된다고 알려져 있다[22]. Takebayashi 등은 tDCS를 말초감각신경자극과 CIMT의 결합 중재와 융합하여 CIMT만 적용한 대조군 보다 상지기능개선에 더 효과적임을 보고하였으며[23], Celnik 등은 tDCS를 융합한 말초감각신경자극과 손가락 움직임 훈련의 결합 중재를 통해 손가락 움직임의 속도와 정확성의 증가를 보고하였다[24]. 이는 본 연구 와 유사한 결과라 할 수 있으며, tDCS가 과제 지향적 훈련과 진동 자극의 결합 중재의 효과를 촉진 시킨 것으로 생각 할 수 있다. 또한, 대뇌피질의 활성화를 유도하는 중재들을 융합한 적용은 운동과 연관된 신경연접의 연결 강화와 수상돌기 가지의 성장 증가 과정을 유도하여 뇌 가소성을 발생시킨다는 Hebbian principle를 뒷받침 하는 결과라 할 수 있다.

본 연구는 뇌졸중 환자의 재활 치료를 실시하는데 있어 보다 효과적이고 효율적인 치료에 대한 가능성 제시 측면에서 그 의미가 있다고 할 수 있다. 본 연구에서의 과제 지향적 훈련과 진동자극의 결합 중재는 국내 임상 환경에서 적용이 용이하며, tDCS 또한, 휴대성이 좋고 사용이 어렵지 않기 때문에 임상에서 재활훈련 이전 치료로 사용이 가능하다. 본 연구를 근거로 하여 뇌졸중 환자들의 기능 개선을 위해 tDCS를 융합한 과제 지향적 훈련과 진동 자극의 결합 중재를 임상에서 효과적으로 시행 할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점은 연구대상자의 수가 적고 연구 기간이 짧아 효과에 대한 일반화가 어려웠다는 점이다. 또한, 객관적인 데이터를 얻을 수 있는 평가 도구의 사용이 없어 좀 더 구체적인 변화를 확인하기 어려웠다. 추후 연구를 통해 보다 많은 연구대상자의 모집을 통해 중재기간의 다양화와 중재 이후 후 효과를 알아보는 연구가 필요할 것으로 사료되며, 가속도계나 기능적 자기 공명 영상 촬영 등과 같은 보다 구체적인 데이터를 얻을 수 있은 평가를 통해 중재에 대한 근거를 확립해야 할 것으로 생각된다.

5. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자 20명을 각10명씩 두 그룹으로 나누어 진행한 결과, tDCS를 융합한 과제 지향적 훈련과 진동자극의 결합중재를 시행한 그룹이 과제 지향적 훈련과 진동자극을 실시한 그룹보다 손의 기민성 및 전반적인 상지 기능에 회복에 더 효과적임을 확인하였다. 추후 임상 적용에 있어 근거 자료로 제공될 수 있을 것이라 사료된다.

REFERENCES

[1] M. Monaco, M. Trucco, R. Monaco, R. Tappero & A. Cavanna. (2010). The relationship between initial trunk control or postural balance and inpatient rehabilitation outcome after stroke: a prospective comparative study. *Clinical Rehabilitation, 24(6),* 543-554. DOI:10.1177/0269215509353265

[2] A. Pollock, B. Durward, P. Rowe & J. Paul. (2002). The effect of independent practice of motor tasks by stroke patients: A pilot randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation, 16(5),* 473-480. DOI:10.1191/0269215502cr520oa

[3] S. H. Jang, Y. H. Kim. S. H. Cho J. H. Lee, J. W. Park & Y. H. Kwon. (2003). Cortical reorganization induced by task-oriented training in chronic hemiplegic stroke patients. *Neuroreport, 14(1),* 137-141. DOI: 10.1097/00001756-200301200-00025

[4] A. Kusoffsky, I. Apel & H. Hirschfeld. (2001). Reaching-lifting-placing task during standing after stroke: Coordination among ground forces, ankle muscle activity, and hand movement. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 82(5),* 650-660. DOI:10.1053/apmr.2001.22611

[5] M. Roelants, S. M. P. Verschueren C. Delecluse, O. Levin & V. Stijnen. (2006). Whole body vibration induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research, 20(1),* 124-129. DOI:10.1519/R-16674.1

[6] S. H. Kim. (2019). Effects of simultaneous application of focal vibration stimulation and task-oriented training in the improvement of upper extremity motor function after stroke. *Journal of Korean Society*

of Integrative Medicine, 7(3), 117-125. DOI:10.15268/ksim.2017.7.3.117

[7] A. S. Merians, E. Tunik & S. V, Adamovich. (2009). Virtual reality to maximize function for hand and arm rehabilitation: exploration of neural mechanisms. *Studies in Health Technology and Informatics, 145,* 109-125.

[8] W. R. Koo, B. H. Jang & C. R. Kim, (2018). Effects of anodal transcranial direct current stimulation on somatosensory recovery after stroke: a randomized controlled trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 197(7),* 507-513. DOI:10.1097/PHM.0000000000000910

[9] N. Bolognini et al. (2011). Neurophysiological and behavioral effects of tDCS combined With constraint-induced movement therapy in poststroke patients. *Neurorehabilitation and Neural Repair, 25(9),* 819-829. DOI: 10.1177/1545968311411056.

[10] P. Celnik, N. J. Paik, Y. Vandermeeren, M. Dimyan & L. G. Cohen (2009). Effects of combined peripheral nerve stimulation and brain polarization on performance of a motor sequence task after chronic stroke. *Stroke, 40(5),* 1764-1771. DOI:10.1161/STROKEAHA.108.540500

[11] S. H. Kim, J. H. Park, M. Y. Jung & E. Y. Yoo. (2016). Effects of task-oriented training as an added treatment to electromyogram-triggered neuromuscular stimulation on upper extremity function in chronic stroke patients. *Occupational Therapy International, 23(2),* 165-174. DOI: 10.1002/oti.1421

[12] C. Costantino, L. Galuppo & D. Romiti. (2017). Short-term effect of local muscle vibration treatment versus sham therapy on upper limb in chronic post-stroke patients: a randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 53(1),* 32-40. DOI:10.23736/S1973-9087.16.04211-8

[13] V. Mathiowetz, G. Volland, N. Kashman & K. Weber. (1985). Adult norms for the box and block test of manual dexterity. *American Journal of Occupational Therapy, 39(6),* 386-391. DOI:10.5014/ajot.39.6.386

[14] C. E. Lang, J. M. Wagner, A. W. Dromerick & D. F. Edwards. (2006). Measurement of upper-extremity function early after stroke: Properties of the action research arm test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 87(12),* 1605-1610. DOI:10.1016/j.apmr.2006.09.003

[15] D. J. Gladstone, C. J. Danells & S. E. Black. (2002). The Fugl-Meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties. *Neurorehabilitation and Neural Repair, 16(3),* 232-240. DOI:10.1177/154596802401105171.

[16] J. Cohen. (2005). *Statistical power analysis for the behavioral science.* 2nd ed, New York : Routledge Academic.

[17] R. B. Shepherd, (2001). Exercise and training to optimize functional motor performance in stroke: Driving neural reorganization? *Neural Plasticity, 8(1),* 121-129. DOI:10.1155/NP.2001.121

[18] S. H. Bae & K. Y. Kim. (2011). Effects of vibration stimulation method on upper limbs spasticity in patients with brain lesion. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, 12(7),* 3109-3116. DOI:10.5762/KAIS.2011.12.7.3109

[19] C. Pietro et al. (2012). Focal muscle vibration in the treatment of upper limb spasticity: A pilot randomized controlled trial in patients with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 93(9),* 1656-1661. DOI:10.1016/j.apmr.2012.04.002

[20] R. Casale, C. Damiani, R. Maestri, C. Fundarò, P. Chimento & C. Foti. (2014). Localized 100 Hz vibration improves function and reduces upper limb spasticity: a double-blind controlled study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 50(5),* 495-504.

[21] S. Mazzoleni, V. D. Tran, P. Dario & F. Posteraro, (2019). Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with wrist robot-assisted rehabilitation on motor recovery in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 27(7),* 1458-1466. DOI:10.1109/TNSRE.2019.2920576

[22] G. Schlaug, V. Renga & D. Nair. (2008). Transcranial direct current stimulation in stroke recovery. *Archives of neurology, 65(12),* 1571-1576. DOI:10.1001/archneur.65.12.1571

[23] T. Takebayashi, K. Takahashi, M. Moriwaki, T. Sakamoto & K. Domen. (2017). Improvement of upper extremity deficit after constraint-induced movement therapy combined with and without preconditioning stimulation using dual-hemisphere transcranial direct current stimulation and peripheral neuromuscular stimulation in chronic stroke patients: a pilot randomized controlled trial. *Frontiers in Neurology, 8(568),* 1-8. DOI:10.3389/fneur.2017.00568.

[24] P. Celnik, N. J. Paik, Y. Vandermeeren, M. Dimyan, L. & G. Cohen. (2009). Effects of combined peripheral nerve stimulation and brain polarization on performance of a motor sequence task after chronic stroke. *Stroke, 40(5),* 1764-1771. DOI:10.1161/STROKEAHA.108.540500

김 선 호(Sun-Ho Kim) [정회원]

· 2013년 8월 : 연세대학교 작업치료학 (이학석사)
· 2018년 8월 : 연세대학교 작업치료학 (이학박사)
· 2011년 2월 ~ 현재 : 영광병원 작업치료실장
· 관심분야 : 근거기반, 작업기반, 뇌졸중, 신경계작업치료
· E-Mail : sunho175@naver.com