

The influence of coupled rTMS and prism illusion on motor cortical activity and motor function recovery in stroke: A case study

Seung-Min Lee*¹ & Jong-Seong An²

¹Chungnam National University & ²Seoul National University

[Purpose] The purpose of this study was to investigate the effects of coupled high frequency rTMS and prism illusion in elderly stroke patients, based on the result of previous studies which discovered the effect of bilateral training, mirror rehabilitation treatment, and rTMS. **[Methods]** This is a case study of 4 stroke patients who were homogeneous on the basis of selection criteria such as brain injury area, duration of onset, degree of upper limb movement function. A total of 24 rehabilitation sessions were conducted three times a week during the training period, and TMS(transcranial magnetic stimulator), EMG, motion analysis system, and prism optical glasses were used for apparatus. **[Results]** The results of the study were as follows: Combined rehabilitation exercises were found to be beneficial to restore upper limb function in stroke patients. Particularly, the maximum speed of stretching and JTT(Jebesen-taylor Test) performance showed improvement after training. The amount of total map volume and MEP(magnetic evoked potential) increased in evaluation of neurophysiology. **[Conclusion]** The upper limb dysfunction of stroke patients could be restored by combine rehabilitation exercises.

Key words: Stroke, bilateral training, rTMS, Mirror therapy, MEP

서론

뇌졸중은 뇌신경세포로 산소와 글로코스의 공급 통로인 뇌혈관이 막히거나 터져서 뇌 신경세포로의 산소공급이 중단되고 이로 인해 뇌세포가 괴사되어 발생되며, 손상측 운동기능 상실의 주요 원인이 된다(Kolb & Gibb, 2007). 뇌졸중 환자는 근육의 약화, 운동기능의 마비, 협응의 어려움을 겪는다(Shumway-Cook & Wollacott, 2007). 또한 뇌졸중으로 인해 야기된 운동기능의 저하는 일상생활뿐만 아니라 사회적 능력의 감소로 이어지기

때문에 결국 환자의 삶의 질 저하와 직접적인 관련이 있으며, 뇌졸중 환자의 삶의 질을 높이기 위해서는 운동기능 회복을 촉진시킬 수 있는 효과적인 재활 프로그램의 개발이 절실히 요구된다(Lee, 2008). 운동기능을 회복 하거나 새로운 운동기능을 습득하기 위해서는 운동기능에 관여하는 뇌신경망의 가소적 변화가 필수적이다. 뇌신경망의 가소성은 신경계의 회복뿐만 아니라 학습과 기억력의 기반이 되는 매우 중요한 현상이기도 하다(Shimizu et al., 2002). 운동기능의 회복과 뇌신경 가소성을 촉진하기 위해서는 운동중재와 더불어 시각 정보, 청각 정보, 촉각 정보, 그리고 고유수용 정보 등을 적절히 활용하는 것이 재활 훈련의 효율성을 증가시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다(Kolb & Gibb, 2007).

거울 치료는 뇌신경이 구조적, 기능적으로 변화되고 재조직화될 수 있다는 뇌 가소성 원리에 기반 한 인지 치

논문 투고일 : 2016. 12. 29.

논문 수정일 : 2017. 03. 14.

게재 확정일 : 2017. 03. 29.

* 교신저자 : 이승민(seungmin@cnu.ac.kr).

* 이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2013S1A5A8024706).

료 기법으로 활동관찰(action observation)과 운동심상(motor imagery)을 통해 스포츠 선수나 일반인의 운동기술향상과 학습을 위해 적용되고 있는 인지적 중재 기법과 유사한 신경생리적 측면에 근거를 두고 있다 (Leonard & Tremblay, 2007).

자기공명영상(fMRI)을 활용한 선행연구(Dechent et al., 2004; Grezes & Decety, 2001)에서는 운동심상, 활동관찰, 그리고 실제 움직임 수행 동안 전운동피질(premotor cortex), 마루소엽(pariteal lobule), 기저핵(basal ganglia), 대상엽(congulate cortex), 그리고 소뇌(cerebellum)에서 유사한 수준의 활성화가 나타났다고 보고되고 있다. Crosbie et al.(2004), Page et al.(2005) 등의 선행연구에서도 운동심상과 활동관찰이 운동수행과 관련된 대뇌의 활성화를 유도하고 뇌손상 환자의 재활훈련에 긍정적인 영향을 주는 것으로 제시되고 있다. 그러나 뇌졸중 노인들은 뇌의 손상과 노화로 인해 인지 기능이 감소하기 때문에, 스포츠 선수나 정상인에게 적용되는 운동심상과 활동관찰과 같은 인지 중재 기법이 뇌졸중 환자의 운동기능회복에 큰 영향을 주지 못한다는 연구결과들이 제시되고 있다 (Vries & Mulder, 2007). Malouin et al.(2007)의 건강한 성인, 노인, 뇌졸중 환자를 대상으로 운동심상질문지(KVIQ)로 심상능력을 분석한 연구에서는 뇌졸중 환자의 운동심상 능력이 건강한 노인에 비해 현저히 떨어지는 것으로 보고하고 있다. 성인과 노인을 대상으로 활동관찰과 운동심상 과제에서 운동유발전위(motor evoked potential)의 차이를 살펴본 Leonard & Tremblay (2007)의 연구에서도 노인은 성인에 비해 운동유발전위 증가폭이 낮은 것으로 나타났으며, 활동관찰과 운동심상에서 차이가 없는 것으로 나타났다. Ehrsson et al.(2004)의 연구에서는 거울을 활용한 시각적 착시가 뇌손상 환자의 운동기능회복에 도움을 줄 수 있는 인지적 중재 기법임을 제시하고 있다. 뇌졸중 환자를 대상으로 한 Stevens & Stoykow(2003)의 연구에서도 4주간의 거울 치료가 손상측 상지의 운동기능회복에 긍정적인 효과를 보고하고 있다. 정상 성인과 뇌졸중 환자를 대상으로 운동피질의 활성화를 살펴본 Park et al.(2009)의 연구에서도 거울착시 조건이 활동관찰과 운동심상 조건보다 운동유발전위가 더 큰 것으로 나타났다.

위와 같이 뇌졸중 환자를 대상으로 한 거울 착시의 효과에 대한 연구가 최근 국내외에서 강조되고 있는 추세이다. 그러나, 전반적인 거울 치료의 효과에 대한 평가를 포함하여 체계적인 연구는 부족한 실정이다. 뇌졸중 환자에게 거울 치료를 적용한 선행연구(Bultitude & Rafal, 2010)에서 치료 초기에는 거울에 반사된 정상측 사지의 움직임을 보고 손상측 사지가 정성적으로 움직이는 착시를 보이지만, 치료 후기에서는 시각적 착시 효과가 크지 않고, 기능회복 효과도 낮은 것으로 제시하고 있다.

최근에는 거울 치료의 제한점을 보완한 프리즘 착시 기법이 뇌졸중 환자의 운동기능회복에 효과가 큰 것으로 제시하고 있다(Michielsen et al., 2011). Lamont et al.(2011)의 연구에서도 거울 치료의 효과를 높이기 위해 사용된 프리즘 착시가 뇌졸중 환자, 사지절단 환자, 가상 통증 환자의 재활에 긍정적 효과를 보고하고 있다. 또한 2004년 Teasell & Kalra(2004)는 'what's new in stroke rehabilitation'이라는 주제의 리뷰논문에서 운동심상과 같은 인지적 중재 기법의 효과를 높일 수 있는 재활 훈련 기법 개발의 필요성을 언급하고 있다.

거울 치료에서는 뇌졸중 환자의 정상측 사지만을 움직이게 하여 거울에 반사된 정상측 사지의 움직임으로 인해 손상측 사지가 정상측 사지처럼 움직이는 것처럼 보이는 시각적 착시를 기본 원리로 하고 있다.

본 연구에서는 양측성 프리즘 기법과 동시에 정상측과 손상측 사지 모두를 대칭적으로 움직이게 하는 운동행동분야의 양측성 협응 운동의 원리를 적용하고자 하였다. 운동제어의 원리를 기반으로 한 양측성 협응 운동은 전통적으로 사용되어져 온 재활훈련기법에서 탈피하여 새로운 방향과 접근방법을 제시하고 있다. 양측성 협응 운동의 원리는 뇌졸중 환자의 손상측과 정상측 사지의 대칭적인 양측성 협응 움직임(symmetrical bilateral movement)동안 양쪽 사지의 상동 근육군이 하나의 협응구조(coordination structure)로 결속되는 현상을 기본 가정으로 하고 있다. 양측성 협응 운동의 신경생리적 기전은 신경신호교차 모델(neural cross-talk model)에 의해 설명하고 있다(Lee, 2008). 뇌졸중으로 인해 뇌신경 조직이 손상을 입게 되면, 신경망과 관련된 개별 신경들의 손상에 의해 신경망의 연결구조가 부분적인 손상을 입게 되며 따라서 대칭적인 양측성 움직임은 손상

측 뇌 반구 영역의 활성화를 위해 정상 측 반구를 활성화 하면서 손상 측 반구의 운동제어를 촉진한다는 가정이다 (Mudie & Matyas, 2000). 최근 들어, 양측성 협응 운동이 뇌졸중 환자의 기능회복에 긍정적 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며 (Lee et al., 2009; Cauraugh et al., 2007, Lin et al., 2010), 특히, 양측성 대칭적 움직임이 비대칭 움직임보다 그 효과가 더 큰 것으로 제시되고 있다 (Kim et al., 2011).

더불어, rTMS는 다양한 학문분야에서 연구와 치료를 목적으로 사용되고 있으며, 5-10Hz의 고빈도 rTMS는 직접적으로 피질척수로의 기능을 증진시켜 운동학습을 촉진시키는 것으로 보고되고 있다 (Kim et al., 2004). 뇌졸중 환자는 손상된 대뇌반구의 가소성이 특히 증가되기 때문에 이러한 가소성을 운동회복과 효과적으로 연결시키는 훈련 및 재활기법의 개발이 매우 중요하다.

뇌졸중 환자에서 운동기능의 회복은 기능증진에 매우 중요하며, 특히 상지 기능은 일상생활과 직업에의 복귀에 필수적이다. 최근 rTMS를 이용한 운동 촉진 기능이 보고되면서 뇌졸중 환자들에서 운동기능 증진을 위한 사용이 시도되고 있으며 (Takeuchi et al., 2005), 뇌졸중 환자에서 rTMS의 적용에 따른 하지 기능 증진이 보고되어 있다 (Uy et al., 2003). 뇌졸중 환자는 손상된 대뇌반구의 가소성이 특히 증가되어 있기 때문에 이러한 가소성을 운동회복과 효과적으로 연결시키는 치료 및 재활기법들이 중요하다.

본 연구의 목적은 편마비 뇌졸중 환자의 기능회복과 뇌신경 재조직화를 극대화하기 위해 양측성 프리즘 착시와 고빈도 rTMS를 결합한 복합 훈련 프로토콜을 개발 및 적용하여 그 효과를 살펴보는 데 있다. 국내에서는 운동 제어의 행동학적, 신경생리적 원리를 뇌졸중 환자의 운동기능회복에 적용하고자 하는 연구가 양적·질적으로 매우 부족한 실정이다. 또한 국내 몇몇 재활의학과에서는 뇌졸중 환자들에게 뇌신경 가소성 유도를 통해 운동기능회복을 촉진하기 위해 고빈도 rTMS를 임상적으로 사용하여 운동피질의 흥분성과 운동기능회복에 긍정적인 효과가 있는 것으로 보고하고 있지만, 새로운 복합 훈련 프로토콜을 개발하여 적용하기 위한 연구나 치료는 아직 미비한 실정이다.

본 연구를 통해 재활훈련의 새로운 방향과 접근방법

이라 할 수 있는 양측성 프리즘 착시와 고빈도 rTMS를 조합하여 복합 훈련 프로토콜을 개발하고 적용하여 뇌졸중 환자의 운동기능회복에 미치는 영향과 신경생리적 기전에 대해 사례연구를 통해 살펴보고자 하였다. 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구는 환자들의 병변, 손상위치, 손상정도, 손상기간, 운동기능정도, 편마비 여부, 운동 유발전위 유발 유무 등에 따라 회복 정도가 상이하게 나타난다. 이러한 이유로 뇌졸중 환자를 대상으로 한 많은 선행연구 (Oh et al., 2015, Stevens & Stoykov, 2004 등)가 뇌졸중 환자의 동질성을 확보한 사례연구로 진행되었다. 본 연구에서도 뇌졸중 환자의 운동기능회복을 극대화할 수 있는 양측성 협응 운동을 기반으로 새로운 조합의 복합 훈련 기법을 개발하기 위해서, 실험에 참여한 뇌졸중 환자들의 동질성을 확보하여 4명의 피험자가 참여한 사례연구로 진행하였다.

이러한 주제는 최근에 주요 관심 주제로 부각되고 있는 운동기능의 회복과 뇌신경 가소성의 연관성을 밝히는데 매우 중요한 의미를 가질 수 있다. 또한 운동제어와 신경생리학의 이론적 원리를 실제 재활현장에 적용하여 이루어지는 연구라는 측면에서 그 의의가 더욱 크다 하겠다.

연구방법

연구대상

뇌졸중 환자들을 대상으로 한 연구 (Lee, 2008, 2015; Lee et al., 2009; Cauraugh et al., 2007, Lin et al., 2010)와 같이, 뇌손상 영역과 회복정도에 따라 개인차가 많고, 개인별로 전혀 다른 운동회복 양상을 보이기 때문에 본 연구에서는 사례연구를 통해 연구를 진행하였다. 사례연구에 참여할 피험자 선정기준은 허혈성 또는 출혈성 뇌졸중을 처음으로 경험한 환자, 편측 운동장애 동반 되어 있으며, 손목관절 신전 20도, 중수지절관절 굴곡 20도 이상 자의적 움직임이 가능한 환자로 선정하였다. 제외 기준은 인공심박기 사용자, 머리에 금속물을 삽입한 환자, 조절되지 않는 심한 고혈압 또는 저혈압 환자, MRI 촬영의 금기가 있는 환자, 동측 내경동

맥 완전 폐색증 환자는 선정기준에서 제외되었다.

실험에 참여한 뇌졸중 환자들은 D지역에 있는 C 대학 재활의학과의와 연계하여 모집하였으며, 지역사회 노인 복지관을 통해서도 모집하였다(Table 1). 모든 피험자는 본 연구에 대한 목적과 절차에 관하여 서면 동의서를 작성하였다. 또한 피험자의 동질성을 확보하기 위해 전체 50명의 환자들 중 4명의 환자를 선정기준에 의해 모집하였으며, 병변은 중대뇌동맥손상(MCA infarction)으로 전두엽과 두정엽에 혈류를 공급하는 동맥 폐색으로 편마비가 있는 환자들로 구성되었다. 비교대상으로 선정된 정상노인 2명은 신체적으로 정상기능을 갖고 있으며, 일상생활을 수행하는데 전혀 문제가 없는 60세와 63세 남자 노인들로 구성하였다.

Table 1. Participants

subject	age	sex	affected type	affected side
1	60	male	Lt. MCA inf	right
2	66	male	Lt. MCA inf	right
3	55	male	Lt. MCA inf	right
4	61	male	Lt. MCA inf	right

실험과제 및 도구

피험자들은 손상측 운동 피질부에 자극 빈도 10Hz, 자극수는 하나의 rTMS 당 50회씩 자극하고 1Hz 메트로놈 청각신호에 따라 60초 동안 프리즘 안경을 착용하고 양측성 협응 운동을 반복하는 방법으로 총 10분간 실시하고, 5분 휴식 후 같은 방법으로 총 3회를 반복하였다. 이때 한 세션당 총 rTMS 자극 수는 1000회가 되도록 하였다. 10Hz rTMS 자극 사이에 60초간 프리즘 착시 상황에서 양측성 협응 운동은 손상측과 정상측 상지의 움직임을 대칭적으로 반복해서 실시하였다. 프리즘 착시 운동은 기본적으로 정상측 사지의 움직임을 통해 손상측 사지의 착시를 유도하는 훈련으로 양측성 운동을 기본으로 하고 있다. 따라서 프리즘 안경을 착용하고 손상측 사지에 대한 운동을 실시하게 되면 양측이 손상된 사지처럼 움직이는 착시를 유도한다. 이때 양측성 협응

운동은 제작된 양측성 협응 운동 기구와 세라밴드볼 잡기 과제로 구분하였다.

실험 도구는 운동학적 평가에 필요한 동작분석 시스템, 신경생리적 변화를 측정하기 위한 TMS와 근전도 시스템, 거울 치료에 사용하기 위한 프리즘 안경, 재활 훈련에 사용하기 위한 운동 훈련 도구, 그리고 기능적 상지기능 평가도구를 사용하였다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

경두개자기자극기(TMS)

TMS는 MagStim 200 자기자극기(MagStim Company, Wales, UK)를 사용하였다. 8자형 코일(지름 70mm)을 이용하여 두부에 자기자극을 시행하였으며 정중시상선과 이간선의 교차점을 Cz로 정하여, Cz를 기준점으로 양이간선을 X축, 정중시상선을 Y축으로 정의하였다. 본 실험에서는 복합훈련에 고빈도 rTMS와 신경생리적 변화를 측정하기 위해 단일 펄스의 TMS를 사용하였다(Fig. 1).

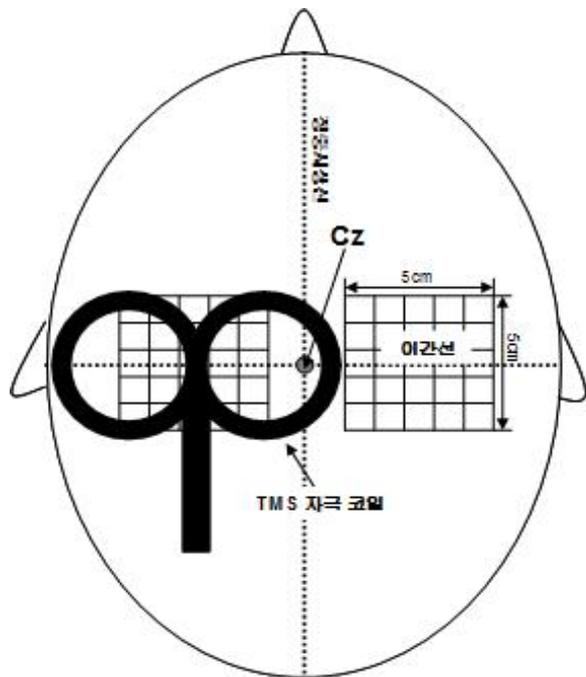


Fig. 1. Measurement of resting motion threshold and MEP (motor evoked potential) through TMS(transcranial magnetic stimulator)

근전도 시스템(EMG)

TMS로 휴지기 운동유발전위를 측정하기 위해 사용할 근전도기기는 Cambridge Electronics사의 1902 모델(band-pass filters, 2 to 2000Hz)과 데이터 분석을 위해 Power1401 분석 시스템, 그리고 Signal 3.0 소프트웨어를 사용하였다.

동작 분석 시스템

3차원 동작 분석을 위해 Pheonix사의 영상분석 장비를 사용하였다. 이 시스템은 3대의 카메라로 구성된 위치 센서 2대, 시스템 본체, 그리고 데이터 분석을 위한 컴퓨터로 구성되어 있다. 위치센서는 광학 카메라로 구성되어 있으며 본 실험의 뺑기 동작을 분석하기 위한 카메라 촬영 속도는 100frames/sec로 설정하였다. 시스템 본체는 위치센서와 발광 자외선 센서, 그리고 컴퓨터와 연결되어 있으며, 마커의 움직임을 기록하고 자료를 전송한다. 컴퓨터 시스템은 IBM호환 기종의 PentiumIV-400으로 윈도우 XP로 구성되어 있으며 컴퓨터를 동작 분석 시스템에 연결하여 모든 변인들에 대한 자료를 산출한다.

프리즘 거울 안경

거울 치료의 효과를 높이기 위해 본 연구에서 사용될 프리즘 착시 안경은 Assistive Technology사의 prism glasses를 사용할 것이다. 피험자가 착용하게 될 프리즘 안경은 정상측 상지 움직임에서 나온 빛은 프리즘의 앞면에 부딪칠 때 기저 쪽으로 굴절되고, 빛이 프리즘의 다른 쪽 면에서 나올 때 빛은 다시 기저 쪽으로 굴절되는 현상을 원리로 하고 있다. 따라서 정상측 상지와 손상측 상지가 동시에 움직일 때 손상측 상지의 움직임은 보지 못하고, 정상측 상지의 움직임이 반사되어 양측 상지가 정상적으로 움직이는 시각적 착시를 일으키게 된다. 특히, 프리즘 착시 안경은 거울 치료의 효과를 높이기 위한 대안으로 본 연구에서 사용되었다. 많은 선행연구에서 거울착시가 뇌졸중 환자의 운동기능회복에 긍정적 효과를 보고하고 있으나, 장기간 사용시에 피험자가 느끼는 착시 효과가 떨어진다는 문제점이 있었다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고자 프리즘 착시 안경을 사용하였다.

양측성 훈련 기구

양측성 협응 운동은 두 가지 운동과제로 구성하였다(Fig. 2). 첫 번째 운동 도구는 Lee(2008)의 연구에서 사용했던 훈련도구와 같은 형태로 제작하였다. 이 훈련 도구는 양쪽 상지가 각기 독립적으로 움직일 수 있도록 두 개의 기구로 구성하여 피험자의 신체적 특성에 따라 위치 조절이 가능하도록 제작하였다. 피험자는 양쪽 손으로 손잡이를 잡고 대칭적으로 앞으로 밀고 당기는 동작을 수행하도록 하였다. 두 번째 운동 도구는 저항운동 기구인 의료용 탄력 고무공(세라밴드 볼)을 사용하였다. 본 연구에서는 세 가지 강도(빨강색, 녹색, 파란색)의 탄력 고무공을 사용하였다.



Fig. 2. bilateral training equipment

연구절차

본 실험에 들어가기 앞서 모든 피험자들에게 본 연구의 실험에서 수행해야 하는 재활훈련 과제에 대한 설명과 함께 충분한 시범을 보여주었다. 전체 실험은 이중 맹검법(double blind)으로 진행하여 피험자들도 재활훈련의 효과에 대해서 알지 못하도록 하였다. 또한 연구 참여 도중에 본인이 원하는 경우 참여 중지가 가능함을 열렸으며, 이와 관련된 모든 내용에 동의하는 동의서를 작성하도록 하였다.

뇌졸중 환자 4명과 비교대상으로 선정한 정상노인 2명은 재활훈련이 시작되기 전에 실험실을 방문하여 운동학적, 신경생리적, 기능적 변인에 대한 사전검사를 실시하였으며, 1시간이 소요되었다. 신경생리적 평가는 TMS를 사용하여 운동유발전위를 측정하였다. 운동유발전위는 머리의 비근점(nasion)에서 외후두용기정점(inion)까지 연결한 정중시상선과 양이간선의 교차점을

Cz로 정하였고, 1cm간격으로 표시한 천을 두피에 고정시키고 운동역치를 측정하였다. 양측성 복합 재활훈련은 10Hz 고빈도 rTMS를 5초간 자극 후 시각적 착시를 일으키는 프리즘 안경을 착용하고 1Hz 메트로놈 신호에 따라 60초 동안 양측성 운동을 수행하였으며, 두 가지 훈련과제(세라밴드 볼 과제와 양측성 훈련기구)를 교차하여 실시하였다. 세라밴드 볼 과제는 1Hz 메트로놈 신호에 따라 손가락으로 세라밴드 볼을 잡는 것이었다. 양측성 협응 기구는 양손으로 바(bar)를 잡고 양쪽 상지를 동시에 대칭적으로 위아래로 움직이는 과제이다. 한 세션당 10회의 훈련 후 5분간 휴식하는 형태로 진행하여 피험자가 느끼는 피로를 최소화하였다. 과제당 하루 5세션으로 1시간이 소요되었다.

자료 분석

본 연구의 종속 변인은 크게 운동학적, 신경생리적, 기능적 변인으로 측정하였으며, 이에 대한 산출 방법은 다음과 같다.

기능적 변인

Jebsen-taylor 검사 도구는 총 7가지 항목으로 구성되었다(글씨쓰기, 카드 뒤집기, 장미 말 쌓기, 크고 작은 물건 옮기기, 스푼으로 씨앗 옮기기, 가벼운 통 옮기기, 무거운 통 옮기기) 평가는 6가지 과제의 수행을 완료한 총 시간(초)을 측정하여 전체 항목의 평균 시간과 각 항목별 수행 완료 시간을 구분하여 분석하였다.

신경생리적 변인

TMS와 EMG장비를 사용하여 손상 측 대뇌피질에서 손상 측 사지로, 정상 측에서 정상 측 사지로의 대칭측 운동신경경로의 활성화를 살펴보았다. 측정변인은 휴지기 운동유발전위(MEP), 운동역치(MT), map volume을 측정하였다. 변인의 측정을 위해 Cz를 기준으로 양측 대뇌반구에 1cm 간격으로 25개의 격자가 그려진 고무로 된 두건을 머리에 착용시킨 후 1cm 간격으로 역치상 자극강도로 자극하기 시작하여 1%씩 자극 강도를 줄여가면서 가장 낮은 자극강도에서 정점간 진폭이 50 μ V 이상의 크기로 10회에서 5회 이상 얻어지는 위치를 자극의 최적 위치로 정하고 이때 얻어지는 자극강도를 운동

역치로 설정하여 분석하였다. M1의 흥분성의 변화는 map volume으로 측정하였다. Cz를 중심으로 양측 대뇌반구에 1cm 간격으로 25개의 격자가 그려진 위치에서 운동역치 120%의 강도로 5초 이상의 간격을 두고 5회 간 반복 측정하여 총 25개 위치에서 훈련 전, 후, 그리고 파지단계에서 운동유발전위의 크기를 통해 흥분성의 변화를 측정하였다(Fig. 1). MEP는 단일 자극으로 120% rMT로 자극하여 얻은 값을 통해 분석하였다.

운동학적 변인

손상측 상지의 운동기능회복 정도는 상지의 뻗기(reaching) 동작으로 분석하였다. 분석을 위해 사용된 종속변인은 속도프로파일이다. 변인의 측정을 위해 전후 방향을 x축, 상하 방향을 y, 축 좌우 방향을 z축으로 설정하고 신체 관절의 좌표화는 신체의 끝점에 해당하는 손끝에 적외선 발광 다이오드(infrared emitting diodes, IRED)를 부착하였다. 동작의 분석은 준비 위치에서 청각 신호음과 함께 가능한 한 정확하고 빠르게 목표물에 팔을 뻗어 움직임이 종료되는 시점까지를 동작 분석 시스템을 이용하여 분석하였다(Fig. 3).

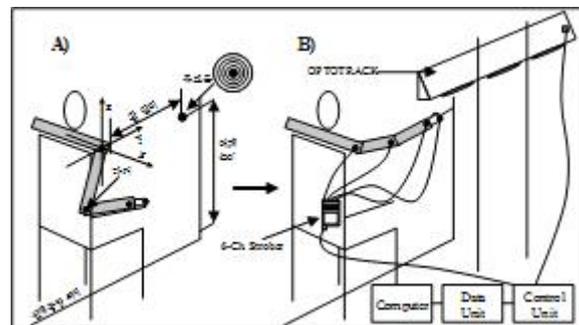


Fig. 3. Placement and situation of experimental equipment for kinematic evaluation (reaching motion)

연구결과

뻗기 동작에 대한 결과(운동학적 변인: 속도 프로파일)

뻗기 동작에 대한 결과는 속도 프로파일 변인으로 하여 분석하였다. 뻗기 동작은 준비위치에서 청각 신호음

과 함께 가능한 한 정확하고 빠르게 목표물에 팔을 뻗어 움직임이 종료되는 시점까지의 시간으로 측정하였다. 속도 프로파일은 뺨기 동작에서 동작의 시작과 완료시점에서 속도의 프로파일을 생성하였다. 정상 노인의 경우 종형(bell shape)의 좌우대칭의 부드러운 속도 프로파일이 나타났다(Fig. 4). 그러나 뇌졸중 환자의 경우에는 피험자에 따라 상이한 속도 프로파일의 형태에 나타났다. 피험자 1은 뺨기동작 과정에서 20~60msec와 160~200msec사이에 동작속도의 정체가 나타났으나 훈련 후 정상성인과 유사한 완만한 종 형태(bell shape)의 속도프로파일이 나타났다(Fig. 5).

피험자 2는 뺨기 동작의 시작과 완료과정에서 속도의 증가가 보이지 않고 불규칙한 움직임이 빈번하게 나타났으나, 훈련 후 동작의 떨림과 불규칙성이 완화된 것으로 나타났다(Fig. 6). 피험자 3은 뺨기 동작 시 손상측 상지 움직임의 떨림과 흔들림이 매우 심하고, 동작의 감속 구간에서 목표물에 접근할 수록 흔들림이 더 많아지는 불안정성을 보였으나, 훈련 후 상지의 흔들림이 완화된 고 안정성이 향상된 것으로 나타났다(Fig. 7).

피험자 4는 동작의 갑작스러운 증가와 감소가 나타났으나 훈련 후 일정한 형태의 속도 프로파일로 안정성이 향상된 것으로 나타났다(Fig. 8).

젍슨-테일러 검사에 대한 결과(기능적 변인)

상지 기능 평가는 Jebseon-Taylor 평가 도구를 사용하였다. 본 연구에서는 팔꿈치, 어깨의 근위관절

(proximal joint)의 운동능력과 관련된 씨앗 옮기기, 가벼운 큰 통 옮기기, 그리고 무거운 큰 통 옮기기 과제와 손목, 손가락의 원위관절(distal joint)의 운동능력과 관련된 카드 뒤집기, 작은 물건 옮기기, 블록 쌓기 총 6개의 하위항목에 대한 평가를 하였다(Table 2).

카드 뒤집기와 작은 물건 옮기기 과제

카드 뒤집기는 총 5개의 카드를 뒤집기 한 시간으로 측정하였다. 실험에 참여한 피험자 모두 훈련 후 수행시간이 감소한 것으로 나타났다. 훈련 전에 피험자 4명 모두 20초~25초의 수행시간이 소요되었으나 훈련 후 16초~18초의 수행시간으로 감소하였다. 작은 물건 옮기기 과제에서도 피험자 4명 모두 수행시간이 감소한 것으로 나타났다. 대부분의 피험자가 훈련 후 약 4초 정도 수행시간이 단축된 것으로 나타났다.

씨앗 옮기기와 블록 쌓기 과제

씨앗 옮기기는 스푼을 사용하여 5개의 씨앗을 통에 넣는 과제로 수행시간을 측정하였다. 피험자 4명 모두 수행시간이 감소한 것으로 나타났다. 특히 피험자 2는 20.01초에서 15.37초로 피험자 4는 22.54초에서 16.91로 크게 감소한 것으로 나타났다. 블록 쌓기 과제는 동그란 블록 5개를 차례대로 쌓는 과제로 수행시간을 측정하였다. 피험자 1은 12.60초에서 9.82초로, 피험자 2는 13.68초에서 8.96초로, 피험자 3은 16.54초에서 13.24초로, 피험자 4는 13.23초에서 10.56초로 수행시간이 감소한 것으로 나타났다.

Table 2. Mean of Jebseon Taylor hand functional assessment

Unit: sec

subjects	TEST	Jebseon-Taylor Hand Function Test (affected hand)						Total
		card turning	picking up small objects	simulated feeding	stacking checkers	lifting large, light object	lifting large, heavy object	
subject 1	PRE	22.29±4.65	24.06±2.52	19.29±2.21	12.60±2.52	12.50±1.58	12.58±1.52	103.32±15
	POST	17.61±2.35	20.40±1.89	14.98±1.65	9.82±1.68	8.50± 1.20	8.58±1.68	79.89±10.45
subject 2	PRE	21.33±5.41	22.54±2.31	20.01±2.45	13.68±1.98	12.87±1.65	11.88±1.85	102.31±15.65
	POST	17.30±2.48	21.47±2.10	15.37±2.21	8.96±1.65	9.92± 1.85	8.85±1.68	81.87±11.97
subject 3	PRE	23.45±3.59	25.23±1.89	18.79±1.89	16.54±1.81	14.65±1.20	15.32±1.98	113.98±12.36
	POST	16.43±1.28	20.76±1.52	15.32±1.85	13.24±2.26	9.56±0.98	10.87±2.10	86.18±9.99
subject 4	PRE	24.10±2.59	23.89±2.96	22.54±2.65	13.23±1.59	13.45±1.35	15.64±1.77	112.85±12.91
	POST	18.54±2.54	19.98±2.21	16.91±2.54	10.56±1.10	8.63±0.84	10.27±1.80	84.89±11.03

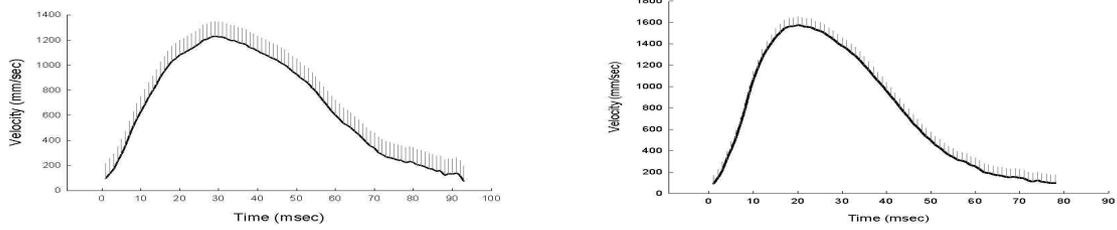


Fig. 4. The velocity profile in the reaching motion of normal elderly subjects(subjects 1, 2)

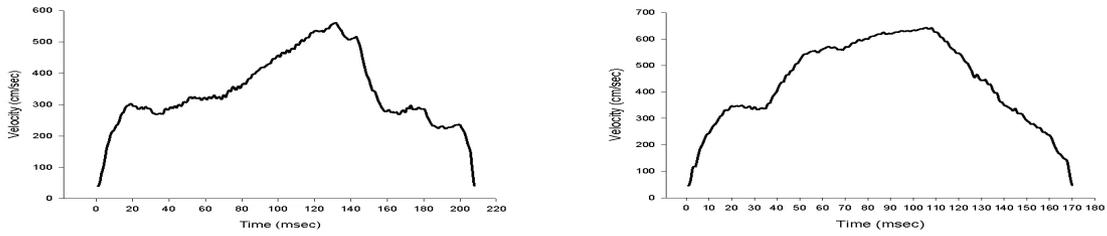


Fig. 5. Pre & post-training velocity profile of stroke patient 1

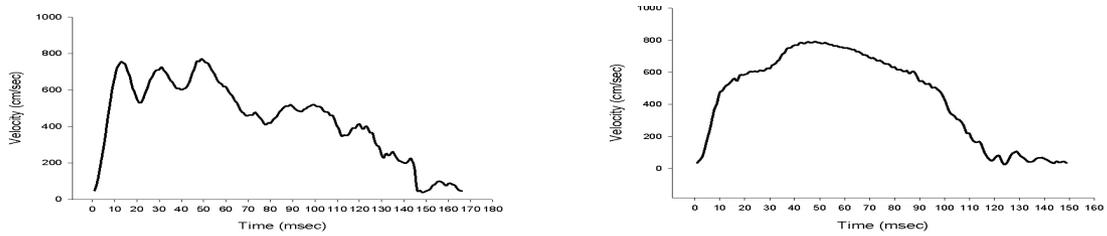


Fig. 6. Pre & post-training velocity profile of stroke patient 2

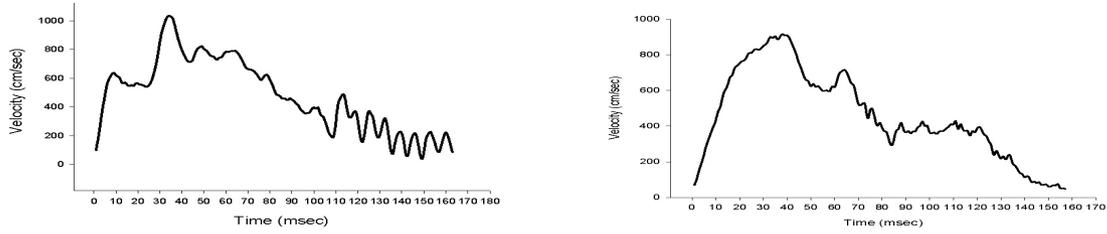


Fig. 7. Pre & post-training velocity profile of stroke patient 3

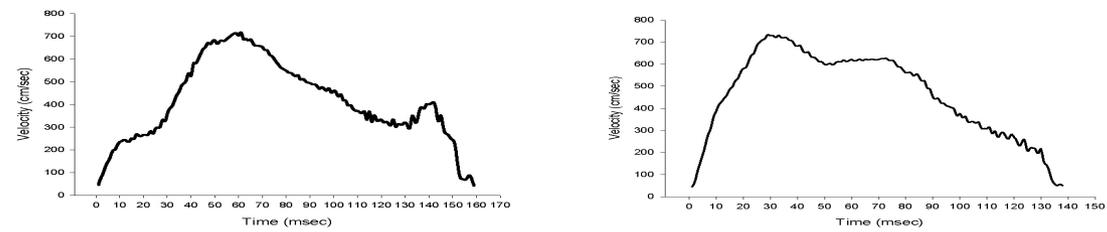


Fig. 8. Pre & post-training velocity profile of stroke patient 4

가벼운, 무거운 통 옮기기 과제

가벼운 그리고 무거운 통 옮기기는 통 5개를 과제로 수행을 완료한 시간으로 측정하였다. 피험자 4명 모두 가벼운 통 옮기기 과제에서 수행시간이 감소한 것으로 나타났다. 특히 피험자 1은 12.50초에서 8.50초로 수행시간의 감소가 크게 나타났다. 무거운 통 옮기기 과제에 대한 결과에서도 피험자 4명 모두 수행시간의 감소가 나타났다. 피험자 1은 12.58초에서 8.58초로, 피험자 2는 11.88초에서 8.85초로, 피험자 3은 15.32초에서 10.87초로, 피험자 4는 15.64초에서 10.27초로 수행시간의 감소가 나타났다. 이러한 결과는 훈련을 통해 근위관절과 원위관절 모두 운동기능의 회복이 나타났다는 것을 알 수 있다.

운동유발전위(MEP)와 Map volume에 대한 결과 (신경학적 변인)

복합 훈련에 따른 MEP에 대한 결과에서 피험자 4명 모두 훈련전에 비해 훈련 후 운동유발전위가 증가한 것으로 나타났다(Table 3). 피험자 1은 0.65에서 1.56uV로 가장 크게 운동유발전위의 활성화가 증가한 것으로 나타났다. 피험자 2는 1.82에서 1.64uV로, 피험자 3은 0.12에서 0.56uV로 증가하였으며, 피험자 4는 0.94에서 1.25uV로 운동유발전위가 증가하였다. Map volume에 대한 결과에서 피험자 모두 25개 격자점에서 도출한 운동유발전위의 전체 크기가 훈련 전에 비해 훈련 후 증가한 것으로 나타났다. map volume의 크기 증가는 손상측 대뇌에서의 신경활성화가 증가한 것으로 볼 수 있다. 피험자 1은 전체 1761.4uV에서 2172.8uV로 전체 대뇌의 활성화가 증가한 것으로 나타났으며, 피험자 2는 1342.5uV에서 1570.3uV로 증가하였으며,

피험자 3은 3119.9uV에서 3213.8uV로 증가한 것으로 나타났다. 피험자 4는 1349uV에서 1635uV로 map volume이 증가하였다. 이러한 결과는 복합운동이 손상측 대뇌의 활성화에 긍정적으로 작용한 것으로 해석할 수 있다.

논 의

본 연구의 목적은 심상훈련의 효과를 극대화하기 위해 프리즘 착시 기법과 양측성 협응 운동 그리고 rTMS 훈련을 복합적으로 적용한 재활운동프로그램을 통해 뇌졸중 환자의 상지기능향상 정도를 운동기능적 및 신경생리학적으로 규명하고, 이를 바탕으로 뇌졸중환자 운동기능회복을 극대화할 수 있는 재활운동 프로그램을 개발하는데 중요한 정보를 제공하는 것이다. 뇌졸중 환자의 운동기능회복을 위해 재활의학과, 물리치료분야, 운동제어 분야에서는 다양한 재활훈련 기법들이 적용되고 있다. 본 연구에서는 단일 훈련으로 진행되고 있는 거울치료, 양측성 협응 운동 치료, rTMS 처치를 복합적으로 적용하여 그 효과를 살펴보고자 하였다. 서문에서도 언급하였지만, Abbot(2004)는 다양한 재활 처치기법들 간의 조합에 의한 새로운 시도를 제안하였는데, 두 가지 재활처치 기법을 복합하여 사용, 두 재활기법의 상호작용 효과가 개별적으로 사용된 기법의 주 효과 보다 더 큰 효과를 나타낼 수 있다고 제안하였다. 따라서 양측성 협응 운동에 관한 연구(Lee, 2008; Lee et al., 2009), 거울치료에 관한 연구(Park et al., 2009; Dechent et al., 2004) 연구, rTMS 처치 연구를 바탕으로 복합 훈련을 적용하여 4명의 뇌졸중 환자를 대상으로 사례연구를 통해 그 효과를 살펴보았다. 복합 훈련을 통해 살펴본 결과 4명의 피험자 모두 운동기능회복과 뇌신경활성화에 긍정적으로 작용한 것으로 나타났다. 본 연구결과를 큰 틀에서 살펴보면, 뺨기 동작의 속도 프로파일에 대한 결과에서 복합훈련을 통해 속도 프로파일이 부드러워지고, 보다 안정적이며 상지 움직임의 떨림이 향상된 것으로 나타났다. JTT 기능적 평가에서 세부 6가지 원위관절과 근위관절에 대한 훈련 효과가 크게 나타났다. TMS로 평가한 신경생리학적 평가 결과에서도 훈련 전에

Table 3. Mean of neuro-physiological assessment

Subject	MEP(%)		Map Volume(uV)	
	pre	post	pre	post
1	0.6596	1.5615	1761.4	2172.8
2	1.8265	1.642	1342	1570.3
3	0.12	0.56	3119.9	3613.8
4	0.94	1.25	1349.9	1635.1

비해 훈련 후 MEP, Map volume이 증가한 것으로 나타났다.

뻗기 동작의 속도 프로파일에 대한 결과를 구체적으로 살펴보면, 정상노인의 조준운동의 시작과 끝은 속도 곡선의 패턴에서 볼 때, 좌우 대칭된 중형으로 정상분포 곡선을 보이지만, 뇌졸중 환자의 경우, 조정국면에서 나타나는 동작 패턴의 불연속성은 조준동작을 수행하는 팔을 목표지점에 정지시키기 위한 신경계의 억제(inhibition) 기전이 간헐적이고, 반복적으로 활성화되어 나타나는 것으로 사료된다(Elliott et al., 2001). 본 연구에서 복합훈련을 통해 뇌졸중 환자들은 뻗기 동작의 조준운동에서의 조정국면을 타나내는 감속패턴의 지속시간이 감소한 것으로 나타났다. 이는 재활훈련 후 조준운동을 할 때, 목표 근처에서의 조절국면 시 길항근(antagonist)을 활성화 시키는 능력의 향상에 기인한 것으로 사료된다. JTT 세부평가는 원위관절과 근위관절에 대한 평가를 모두 포함하고 있어서 재활훈련의 형태에 따라 세부항목 평가 결과에 차이가 있으나, 본 연구에서는 피험자 4명 모두 재활 훈련 후 6가지 세부항목에서 수행시간이 감소한 것으로 나타났다. rTMS와 양측성운동을 복합적으로 적용한 Lee(2015)의 연구에서 JTT 전체 항목에서 수행시간이 줄어든 것으로 나타났다. 본 연구도 rTMS를 포함한 복합운동이 손상측 상지의 원위와 근위관절의 움직임 개선에 긍정적으로 작용한 것으로 사료된다.

양손 협응 과제에서 양손이 동시적으로 움직일 때, 양손은 동일위상과 반대위상의 두 가지 협응 형태로 이끌리게 되며 대칭적인 움직임에서 양측 사지 움직임의 속도와 국면이 하나의 협응 구조로 결속되는 현상이 나타난다는 것은 잘 알려진 사실이다. 이러한 양손 협응의 원리를 뇌졸중 환자의 운동기능회복을 위한 재활훈련에 적용한 양측성 협응 운동이 효과적인 재활치료 기법으로 활용될 수 있다는 것을 의미한다.

연구의 서론에서 언급한 것처럼 rTMS가 뇌졸중 환자의 운동기능회복에 효과가 있는 것으로 많은 선행연구에서 제시하고 있으며, 본 연구에서는 복합처치를 통한 재활훈련이 보다 환자들의 운동기능회복에 도움을 주었을 것으로 생각된다.

또한 재활훈련 과정에 활용한 동일 위상으로 움직이는 대칭적인 움직임이 양측성 협응 운동을 구성하는 필

수 요인으로 작용했을 것이다. 양측성 협응 운동은 대칭적인 양측성 움직임동안 양측 상동 근육군이 하나의 협응 구조로 결속되는 현상을 기본 전제로 하고 있다.

Volman et al.(2002)의 연구에서 경련성 반심마비가 있는 아동의 경우 원 그리기 과제에서 동일 위상 상태에서 시간적 가변성이 감소하고 손상측 사지의 관절 움직임이 보다 부드러운 운동패턴을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 반대 위상에서는 손상측 사지의 움직임에 변화가 나타나지 않았다. 양손 협응과 관련된 많은 선행연구들에서 양측 사지의 동일 위상의 움직임 동안 결속이 강화되고 안정성이 증가하는 것으로 보고하고 있다. 뇌졸중 환자의 운동기능회복을 보고한 목표지향적 뻗기(Summers et al., 2007; Mudie & Matyas, 2000), 능동적 신경근 전기자극(Cauraugh & Kim, 2002) 등의 대부분의 선행연구들(Summers et al., 2007a,b; Cauraugh & Kim, 2002; Mudie & Matyas, 2000)이 동일 위상의 양측성 움직임을 적용한 연구에서 보고되고 있다.

복합재활 훈련이 뇌졸중 환자의 손상측 대뇌피질에서의 운동신경 활성화를 살펴본 결과에서도 map volume의 크기가 증가한 것으로 나타났다. Map volume의 증가는 운동재활처치가 뇌신경의 활성화를 유도 했을 것으로 사료된다. Lee(2015)의 연구에서도 양측성 복합 운동집단의 운동기능회복과 함께 map volume의 활성화가 증가한 것으로 제시되었다. 또한 Summers et al.(2007)의 연구에서도 양측성 운동이 단측성 운동보다 map volume의 활성화에 보다 큰 영향을 준 것으로 보고 있다.

결론 및 제언

본 연구의 결과에서는 동질성이 확보된 4명의 뇌졸중 노인을 대상으로 거울치료, 양측성 협응운동 그리고 rTMS 처치를 복합적으로 적용한 훈련기법을 적용하여 그 효과를 살펴보았다. 본 연구에서 적용한 복합운동은 뇌졸중 환자의 운동기능회복과 뇌신경 활성화에 도움이 된 것으로 나타났다. 기능적 뻗기 동작의 조준운동의 속도 곡선에서 훈련 후 불안정성이 감소하고, 조정국면에

서 나타나는 속도의 감소가 향상된 것으로 나타났다. 그리고 JTT 기능적 평가에서도 하위 6가지 항목에서 4명의 피험자 모두 수행시간이 감소하였다. 신경생리적 평가에서 MEP가 증가하였고, 손상측 대뇌반구 25개 격자점에서 유발되는 전위를 측정할 map volume의 양도 크게 증가한 것으로 나타났다.

본 연구는 시각적 착시를 활용한 양측성 운동, rTMS의 복합훈련의 효과를 검증하고자 수행되었다. 하지만, 동질성을 확보한 4명의 뇌졸중 환자들을 대상으로 진행된 사례연구이기 때문에 연구결과를 일반화하기에는 다소간의 제한이 따른다고 생각되며, 추후 연구에서는 본 연구결과를 바탕으로 새로운 훈련 프로토콜을 후속연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 또한 뇌졸중 환자의 운동기능회복의 효과를 극대화하기 위해 다양한 복합운동기법을 적용한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- Kim, S. B., Lee, S. M., & Park, S. H. (2011). Is There a Difference between Symmetric and Asymmetric Bilateral Training on Motor Function Recovery for Stroke Patient? *Korean Journal of Sport Psychology*, 22(4), 143-156.
- Park, S. H., Lee, S. M., & Kim, S. B.(2009). The Influence of Motor Cortical Excitability on Visual Illusion Using Mirror, Motor Imagery and Action Observation. *Korean Journal of Sport Psychology*, 20(4), 211-222.
- Lee, S. M. (2008). *The Effects of Bilateral Coordination Training on Cortical Reorganization and Upper-limb Motor Function Recovery of Chronic Stroke Patients*. Doctoral dissertation, Department of Physical Education Graduate School Seoul National University.
- Lee, S. M. (2015). The effect of motor function recovery by bilateral coordination training with rTMS for chronic stroke patients. *Korean Journal of Sport Psychology*, 26, 3, 125-138.
- Lee, S. M., Kim, S. J., & Kim, S. B. (2009). The Effects of Motor Cortical Excitability and Upper-limb Recovery of Chronic Stroke Older on Bilateral Single Movement Training. *Korean Journal of Sport Psychology*, 20(1), 1-14.
- Tae, K. S., Choi, H. S., Song, S. J., & Kim, Y. H. (2005). Effects of the Symmetric Upper Extremity Motion Trainer on the Motor Function Recovery after Brain Injury: An fMRI Study. *Korean Journal of Medical Physics*, 16(1), 1-9.
- Abbott, A. (2004). Striking back. *Nature*, 429, 338-339.
- Bultitude, J. H., & Rafal, R. D. (2010). Derangement of body representation in complex regional pain syndrome: report of a case treated with mirror and prisms. *Experimental Brain Research*, 204, 409-418.
- Cauraugh, J. H., & Kim, S. (2002). Two coupled motor recovery protocols are better than one electromyogram-triggered neuromuscular stimulation and bilateral movements. *Stroke*, 33(6), 1589-1594.
- Cauraugh, J. H., & Summers, J. J. (2005). Neural plasticity and bilateral movements: a rehabilitation approach for chronic stroke. *Progress in neurobiology*, 75(5), 309-320.
- Cauraugh, J. H., Coombes, S. A., & Summers, J. J. (2007). *Stroke motor recovery evidence: bilateral coordination training with an extra load on the unimpaired hand*. NASPSA Conference, s60.
- Crosbie, J. H., McDonough, S. M., Gilmore, D. H., & Wiggam, M. I. (2004). The adjunctive role of mental practice in the rehabilitation of the upper limb after hemiplegic stroke: a pilot study. *Clinical Rehabilitation*, 18, 60-68.
- Dechent, P., Merboldt, K. D., & Frahm, J. (2004). Is the human primary motor cortex involved in motor imagery? *Brain research: Cognitive Brain Research*, 19, 138-144.
- Ehrsson, H. H., Spence, C., Passingham, R. E. (2004). That's my hand! activity in premotor cortex reflects feeling of ownership of a limb. *Science*, 305, 875-877.
- Grezes, J., & Decety, J. (2001). Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of action: a meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 12, 1-19.
- Kagerer, F. A., Summers, J. J., & Semjen, A. (2003). Instabilities during antiphase bimanual movements: are ipsilateral pathways involved?. *Experimental Brain Research*, 151(4), 489-500.
- Kim, Y. H., Park, J. W., Ko, M. H., Jang, S. H., & Lee, P. K. (2004). Facilitative effect of high frequency subthreshold repetitive transcranial magnetic stimulation on complex sequential motor learning in humans. *Neuroscience Letter* 367, 181-185.
- Kolb, B., & Gibb, R. (2007). Brain plasticity and recovery from early cortical injury. *Developmental Psychology*, 49, 107-118.

- Lamont, K., Chin, M., & Kogan, M. (2011). Mirror box therapy –seeing is believing. *Explore: The Journal of Science and Healing*, 7(6), 369-372.
- Leonard, G., & Tremblay, F. (2007). Corticomotor facilitation associated with observation, imagery and imitation of hand actions: a comparative study of young and old adults. *Experimental Brain Research*, 177, 167-175.
- Lin, K., Chen, Y., Chen, C., & Wu, C. (2010). The effects of bilateral arm training on motor control and functional performance in chronic stroke: a randomized controlled study. *Neurorehabilitation & Neural Repair*, 42-51.
- Mudie, M. H., & Matyas, T. A. (2000). Can simultaneous bilateral movement involve the undamaged hemisphere in reconstruction of neural networks damaged by stroke? *Disability rehabilitation*, 22, 23-37.
- Malouin, F., Richards, C. L., Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Durand, A., & Doyon, J. (2007). The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for assessing motor imagery in persons with physical disabilities: a reliability and construct validity study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 31(1), 20-29.
- Michielsen, M. E., Selles, R. W., van der Geest, J. N., Eckhardt, M., Yavuzer, G., Stam, H. J., Smits, M., Ribbers, G. M., Bussmann, J. B. (2011). Motor recovery and cortical reorganization after mirror therapy in chronic stroke patients: a phase II randomized controlled trial. *Neurorehabilitation Neural Repair*. 223-233.
- Oh, Y., Song, Y. W., & Lee, J. S. (2015). The effect of driving simulator training to visual and physical response speed in patients of strokes: a single case study. *Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 23, 4, 75-86.
- Page, S. J., Levine, P., & Leonard, A. C. (2005). Effects of mental practice on affected limb use and function in chronic stroke. *Archives of physical Medicine and Rehabilitation*, 86, 399-402.
- Ridding, M. C., & Rothwell, J. C. (1999). Afferent input and cortical organisation: a study with magnetic stimulation. *Experimental brain research*, 126(4), 536-544.
- Shumway-Cook, A., & Wollacott, M. H. (2007). *Motor control: translating research into clinical practice*. 3th (Eds.), Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Shimizu, T., Hosaki, A., Hino, T., Sato, M., Komori, T., Hiraie, S., & Rossini, P. G. (2002). Motor cortical disinhibition in the unaffected hemisphere after unilateral cortical stroke. *Brain*, 125, 1896-1907.
- Stevens, J. A., & Stoykov, M. E. (2003). Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 7, 1090-1092.
- Summers, J. J., Kagerer, F. A., Garry, M. I., Hiraga, C. Y., Loftus, A., & Cauraugh, J. H. (2007b). Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: a TMS study. *Journal of the neurological sciences*, 252(1), 76-82.
- Summers, J. J., Garry, M. I., Dicker, W., & Cauraugh, J. H. (2007a). Effects of EMG-triggered neuromuscular stimulation on motor function and cortical excitability in chronic stroke. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29.
- Teasell, R. W., & Kalra, L. (2004). What's new in stroke rehabilitation. *Stroke*, 383-385.
- Takeuchi, N., Chuma, T., Matsuo, Y., Watanabe, I., & Ikoma, K. (2005). Repetitive transcranial magnetic stimulation of contralesional primary motor cortex. *Stroke*, 2681-2686.
- Uy, J., Ridding, M. C., Hillier, S., Thompson, P. D., & Miles, T. S. (2003). Does induction of plastic change in motor cortex improve leg function after stroke? *Neurology* 61, 982-984.
- Volman, M. C. J., Wijnroks, A. L., & Vermeer, A. (2002). Effect of task context on reaching performance in children with spastic hemiparesis. *Clinical Rehabilitation*, 16(6), 684-692.
- Vries, S., & Mulder, T. (2007). Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion. *Journal of Rehabilitation*, 39, 5-13.
- Statistics Korea (2006). *2014 Life Tables for Korea*
- Ziemann, U. L. F., Rothwell, J. C., & Ridding, M. C. (1996). Interaction between intracortical inhibition and facilitation in human motor cortex. *The Journal of physiology*, 496(Pt 3), 873.
- Ziemann, U., Muellbacher, W., Hallett, M., & Cohen, L. G. (2001). Modulation of practice-dependent plasticity in human motor cortex. *Brain*, 124(6), 1171-1181.

프리즘 착시와 경두개자기자극의 복합 훈련이 뇌졸중 노인의 운동기능회복과 뇌신경 활성화에 미치는 영향: 사례연구

이승민(충남대학교), 안종성(서울대학교)

【목적】 본 연구의 목적은 본 연구는 거울재활치료(박승하, 이승민, 김상범, 2009)와 경두개자기자극과 양측성(bilateral) 운동의 효과를 밝힌 연구(이승민, 2011, 2015)를 바탕으로 양측성 프리즘 착시와 고빈도 반복적 경두개자기자극(TMS)의 복합 운동이 뇌졸중 노인의 운동기능회복과 뇌신경 재조직화에 미치는 영향을 살펴보았다. **【방법】** 연구에 참여한 뇌졸중 환자들의 뇌손상 영역, 발병기간, 상지운동기능정도, 운동유발전위 유발유무 등의 선정기준을 근거로 하여 동질성이 확보된 4명의 뇌졸중 환자를 대상으로 한 사례연구이다. 훈련기간은 주3회 총 24회의 재활훈련이 이루어졌으며, 경두개자기자극기, EMG, 동작분석시스템, 프리즘 착시 안경이 사용되었다. **【결과】** 연구결과를 살펴보면 다음과 같다. 복합재활 운동이 뇌졸중 환자들의 상지 기능회복에 도움이 되는 것으로 나타났다. 특히, 뺨기 동작의 최대속도와 JTT 평가에서 훈련 후 향상된 양상을 보였다. 신경생리적 평가에서 전체 map volume의 양과 MEP가 증가한 것으로 나타났다. **【결론】** 본 연구를 통하여 프리즘 착시와 경두개자기자극의 복합 훈련이 뇌졸중 환자의 상지기능 회복에 도움이 되는 것으로 나타났다.

주요어 : 뇌졸중, 경두개자기자극, 양측성 운동, 거울치료, 운동유발전위.