



장 노년층에서의 운동 연상 및 관찰에 따른 피질척수로 변화에 대한 근신경 역학적 연구

A Neuromuscular Biomechanic Study of the Modulation of Corticospinal Excitability by Observation and/or Imagery of Action in Older Adults

최은희*(한림대학교)

Choi, Eun Hi*(Hallym University College of Medicine)

국문요약

본 연구는 22명의 오른손 잡이로 신경학적 이상이 없는 장노년층을 대상으로 경두개 자기자극 후 우측 단무지 외전근에서 운동 유발 전위를 측정함으로써 빠르고 느린 동작에 대한 수동적 혹은 능동적 운동 관찰과 연상을 시행할 때 피질척수로의 흥분도에 있어 변화가 일어나는지 알아보고자 시행되었다. 대상자에게 빠르고 느린 무지의 외전 운동을 수동적으로 관찰하거나(수동관찰), 연상하거나(운동 연상), 능동적으로 따라하려는 마음으로 관찰하도록 한 상태(능동 관찰)에서 각각 운동 유발 전위의 진폭과 잠시를 측정하였고 안정 시에 측정된 값과 비교하였다. 수동관찰, 운동연상, 능동 관찰법에 따른 운동 유발 전위의 차이와 느리고 빠른 운동 속도에 따른 운동 유발 전위의 차이를 비교 분석하였다. 분석 결과 안정 시 보다 수동 관찰, 운동 연상 혹은 능동 관찰 모두에서 운동 유발 전위의 촉발이 일어나며, 능동적 관찰은 수동적 관찰에 비해 유의하게 높은 운동유발전위를 촉발이 일어나, 빠르고 느린 동작에 있어 유의한 차이를 보이지 않음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

E. H. CHOI, A Neuromuscular Biomechanic Study of the Modulation of Corticospinal Excitability by Observation and/or Imagery of Action in Older Adults. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 4, pp. 681-688, 2009. To better delineate the changes in corticospinal excitability when older adults are asked to observe and/or imagine actions, 22 right-handed older adults without neurological abnormalities were included in this study. The amplitude and latency of motor evoked potentials (MEPs) by transcranial magnetic stimulation were recorded in the abductor pollicis brevis of the dominant hand during passive observation/imagery/active observation of slow/fast action of abduction of right thumb and also at resting state. Thus, active observation showed better changes than passive, but slow and fast action revealed no difference at all.

KEYWORDS : TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION, CORTICOSPINAL TRACT, OBSERVATION, IMAGERY

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2006-331-E00274).

*Corresponding Author : 최은희

강원도 춘천시 교동 134 한림대학교 의과대학 춘천성심병원 재활의학과

Tel : 033-240-5299 / Fax : 033-241-8063

E-mail : ceh@hallym.or.kr

I. 서론

숙달된 운동 동작에 대한 관찰은 실제 운동을 시행하여 활성화되는 뇌 영역의 흥분도를 증가시킨다고 알려져 있다. 실제로, 영장류와 인간에 대한 실험에서 실제 동작을 시행할 때와, 같은 동작을 관찰할 때 활성화되는 뇌의 부위가 상당부분 일치하는 양상을 보인다(Decety & Grezes, 1999; Grezes, Costes & Decety, 1999). Grezes와 Decety(2001)는 목적 지향적인 수부의 운동 관찰 동안 전운동피질(premotor cortex), 중 측두회(middle temporal gyrus), 하, 중 전두회(inferior and middle frontal gyrus), 그리고 두정엽 부위 뇌혈류의 증가를 관찰하였으며, Maeda, Kleiner-Fisman와 Pascual-Leone(2002)은 수부의 운동관찰에 의한 대뇌척수 활성화도 연구에서 수부의 자연스러운 운동과 덜 익숙한 운동의 관찰 모두에서 대뇌피질의 활성화도가 더욱 증가하는 것을 확인하였다.

이런 운동의 관찰 외에 운동의 연상만으로도 뇌 운동 영역의 활성화가 일어나며, Fadiga et al.(1999)의 연구에서는 운동연상이 피질 척수로의 활성화도를 증가시키며, 특히 연상된 운동에 따라 활성화 되는 근육군이 정해진다 하였다. 즉 주관절의 굴곡을 연상할 경우 주동근으로 작용하는 이두박근의 운동유발전위의 진폭이 증가하나, 주관절의 신전을 연상할 경우 이두박근이 길항근으로 작용하므로 진폭이 감소한 양상을 보이게 된다는 것이다.

이후 운동의 복잡성에 따른 피질 척수로의 흥분도 변화에 대한 연구 또한 진행되어 왔는데, 수부의 단순한 운동보다 복잡한 운동을 시행한 경우 운동유발전위의 진폭이 증가한 양상을 보인다(Brighina, La Bua, Oliveri, Piazza & Fierro, 2000; Kutz-Buschbeck et al., 2003). 건강한 젊은 성인을 대상으로 한 최은희 등(2008)의 연구에서도 빠른 수부의 운동과 느린 운동의 관찰과 운동연상, 능동적 관찰 시의 운동유발전위를 측정하여 느린 운동 보다는 빠른 운동이, 수동적 관찰, 운동연상 보다는 능동적 관찰이 뇌척수로의 활성화를 더욱 일으킨다고 하였다. 이와 같이 운동의 관찰, 연상으로 뇌운동 영역이 활성화가 가능하고 관찰되거나 연상되는 동작의 부위나 강도 등에 따라 활성화도에 차이가 있음이 밝혀지면서 이러한 방법들을 이용한 뇌척수로의 활성화가 뇌손

상 환자에서 새로운 훈련 방법으로서의 가능성이 제시되었다.

그러나 이들 연구들은 대부분 청년층을 대상으로 한 것으로, 뇌 손상과 이로 인한 피질척수로의 활성화 훈련의 필요성이 더욱 절실한 장년, 노년층에 대한 연구는 많지 않은 실정이다. 실제 대뇌피질의 활성화도는 나이가 들에 따라 변화될 수 있어서 실제 노인에서 섬세한 협동 운동이 어렵고(Cole, Rotella & Harper, 1999; Hackel, Wolfe, Bang & CanWeld, 1992; Smith et al., 1999; Williams, Hadler & Earp, 1982) 손가락의 외전과 내전 동작, 완관절의 굴곡과 신전과 같은 반복적인 동작을 시행할 경우 젊은 성인에서는 반대측 일차운동영역(primary motor cortex)과 전운동영역이 활성화되나, 노인에게서는 보조운동영역(supplementary motor area)과 동측 감각운동 피질이 활성화 되는 양상으로 나타나기도한다(Hutchinson et al., 2002). 또한 경두개 자기자극을 이용한 연구에서 손의 등척성 운동을 시행할 경우 노인에게서 운동유발전위가 감소하는 것으로 보아 나이가 들에 따라 피질척수로의 기능이 저하된다고 보고되어 지기도 하였다(Sale & Semmler, 2005).

따라서 이 연구에서는 운동 수행 능력의 향상을 위한 훈련방법의 하나로 여겨지는 운동 관찰법과 연상법을 장년 및 노년층에게 적용하여 피질척수로의 흥분도에 변화를 일으킬 수 있는지 알아보고, 관찰이나 연상에 이용된 운동의 속도가 흥분도의 변화에 영향을 미치는지 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

신경학적 이상 소견을 보이지 않는 건강한 장년 혹은 노년층 성인 22명(남자13명, 여자9명)을 대상으로 하였다. 평균연령은 58.5세(51-67세)로 Edinburg handedness test(Oldfield, 1971)상 모두 오른손잡이에 해당되었다. 대상자 모두 경두개 자기자극에 대한 금기사항 및 신경학적 질환의 과거력이 없으며, 이학적 검사 상 신경학적 이상소견은 보이지 않음을 확인하였다. 대상자들은

검사 방법 및 경두개 자기자극에 대한 충분한 설명을 들었다. 이 연구는 본원의 임상시험심사위원회의 승인을 얻어 시행하였고, 모든 대상자에게서 임상연구에 대한 사전 동의를 받았다.

2 연구 설계

1) 경두개 자기자극과 운동 유발전위의 측정

경두개 자기자극은 최대 자장강도가 2T(tesla)인 Magstim Rapid(Magstim Co.LTD, Wales, UK)와 외측 반경 50mm 내측반경 20mm 크기의 8자형 코일을 이용하여 시행하였다. 운동유발전위의 측정은 근전도기기 Viking IV(Nicolet, Madison, USA) (sensitivity; 100 μ V to 1mV/division, filters; 10 to 2000 Hz, sweep speed; 10ms)를 사용하였다.

좌우 20cm, 전후10cm 의 사각형 천을 천의 중앙으로부터 1cm 간격으로 바둑판 모양 선을 그은 후 이를 두 건 형태로 만들어 천의 중심을 대상자의 Cz(비근점(nasion)에서 뒤통수점(inion)을 연결한 선과 양이간선과의 교차점)에 맞춘 후 천이 움직이지 않도록 대상자의 머리에 착용하도록 하였다. 대상자는 머리까지 지지할 수 있는 의자에 앉은 후 양 팔을 편안하게 무릎 위의 베게 위에 위치시켜 충분히 이완할 수 있는 자세를 취하였으며, 운동유발전위는 우측 단무지 외전근의 근복과 건에 각각 활동전극과 기준전극을 부착하여 측정하였다.

2) 경두개 자기자극의 위치와 흥분역치의 측정

대뇌의 좌측 수부운동영역 중 경두개 자기자극에 대한 흥분역치가 가장 낮은 지점을 자극점으로 하고 이를 알아내기 위해 최대 자기자극 강도의 50%의 강도를 설정한 상태에서 코일의 방향은 두부의 정중선에서 약 45도 방향을 향하도록 한 채로 코일의 중심부분을 천의 좌표를 따라 움직여가며 운동유발전위의 발생 여부를 관찰하였다. 각 지점에서 5회 자극하여 3회 이상 100 μ V 이상의 정점 간 진폭을 보이는 운동유발전위를 발생시킨 지점을 찾고 이를 찾지 못한 경우 5% 씩 자기 자극 강도를 증가하면서 각 강도별로 5회씩 자극한 후 3

회 이상 100 μ V 이상 진폭의 운동유발전위를 발생시킨 지점을 찾아 이를 자극점으로 하고 이 때 자극강도를 흥분 역치로 하였다.

3) 우측 무지의 빠른 외전 운동과 느린 외전운동에 대한 수동적 관찰, 운동연상, 그리고 능동적 관찰 시 운동유발 전위의 측정

느린 속도(1Hz)와 빠른 속도(약 4Hz)로 실시한 우측 무지의 외전 및 내전운동을 각각 비디오로 촬영한 후 대상자들에게 이를 관찰하거나 연상하도록 하여 다음 7가지 과제를 무작위의 순서로 수행하게 하였으며, 각 단계별로 5분간의 휴식기를 두었다. 다음 과제 진행 전 경두부 자기자극의 활동전위를 측정하여 흥분 역치를 각각의 과제를 수행시킬 때 마다 각자 측정된 경두개 자기 자극점에 흥분 역치의 120%에 해당하는 강도의 자기자극을 15회에 걸쳐 실시하였으며, 이에 유발된 활동전위를 기록하여 각 활동전위의 잠시와 정점 간 진폭 값들의 평균치를 구하였다.

- (1) 편안하게 이완된 상태
- (2) 1 Hz의 느린 속도로 움직이는 우측 무지 외전 및 내전 운동을 녹화한 비디오를 보지만, 이를 연상하거나 운동하지 않는 상태(느린 운동에 대한 수동적 관찰)
- (3) 이완 상태에서 우측 무지의 1Hz 외전 및 내전 운동의 연상(느린 운동에 대한 운동 연상)
- (4) 느린 운동에 대한 비디오를 보면서 동시에 이를 연상(느린 운동에 대한 능동적 관찰)
- (5) 약 4Hz의 빠른 속도로 움직이는 우측 무지 외전 및 내전 운동을 녹화한 비디오를 보지만, 이를 연상하거나 운동하지 않는 상태(빠른 운동에 대한 수동적 관찰)
- (6) 이완 상태에서 우측 무지의 4Hz 외전 및 내전 운동의 연상(빠른 운동에 대한 운동 연상)
- (7) 빠른 운동에 대한 비디오를 보면서 동시에 이를 연상(빠른 운동에 대한 능동적 관찰)

검사 중에는 단무지 외전근의 수축으로 인한 운동유발전위의 축통(facilitation)을 배제하기 위하여 각 7가지

의 상태 및 휴식기에서 표면근전도 신호를 측정하였고, 근수축이 일어나지 않음을 확인하였다.

3. 자료 통계 분석

안정 시와 과제 수행방법과 운동 속도별 총 7가지 경우의 경두개 자극에 의한 운동유발전위의 잠시, 진폭 평균값에 유의한 차이 여부를 확인하고자 반복 측정 분산분석법(repeated measure ANOVA)를 이용하였고, test of within-Subjects Contrasts를 이용하여 이들 각각의 평균값을 비교하였다. 또한 수행 방법과 운동 속도를 반복 요인으로 고려한 반복 측정 분산분석법 (repeated measure ANOVA)를 통하여 과제수행 방법에 의해 평균값에 유의한 차이를 보이는지 운동 속도에 의해 평균값에 유의한 차이를 보이는지 확인하였고 test of within-Subjects Contrasts를 이용하여 개개의 평균값들을 비교하였다. 자료 분석은 SPSS (version 12.0)를 이용하였으며, 통계적 유의성은 .05를 기준으로 하였다.

III. 결 과

1. 운동유발전위의 진폭변화

장년과 노년층 성인에서 좌측 일차운동영역의 자기 자극으로 얻어진 운동유발전위의 진폭은 이완된 상태와 비교할 때 느리고 빠른 수부 운동에 대한 수동적 관찰, 운동연상, 능동적 연상 등 모든 경우에서 의미 있게 증가하였다($F=5.41, p=.00$)(표 1).

이러한 진폭에 있어서의 변화 정도는 과제수행 방법에 의해 유의한 정도의 영향이 있었음을 알 수 있었지만($F=3.93, p=.04$), 운동 속도 별 차이는 볼 수 없었으며($F=.15, p=.70$), 수행과제와 운동 속도 모두를 고려한 경우도 유의한 차이를 볼 수 없었다($F=.51, p=.61$). 결과적으로 빠른 운동과 느린 운동 모두에서 능동적 관찰과 수동적 관찰 사이에서만 유의한 진폭의 차이가 있음을 확인 할 수 있었다($p=.01$)(그림 1).

표 1. 경두개 자기 자극에 의한 운동 유발 전위의 진폭

	진폭 (mV) (Mean±SD)	P 값
안정시	1.23±1.14	
느린 운동† 수동 관찰	1.67±1.47	0.01
느린 운동† 연상	1.91±1.40	0.02
느린 운동† 능동 관찰	2.21±1.41	0.00
빠른 운동+ 수동 관찰	1.78±1.28	0.02
빠른 운동+ 연상	2.00±1.39	0.00
빠른 운동+ 능동 관찰	2.17±1.52	0.01

† 느린 운동: 1Hz 우측 엄지 외전운동
+빠른 운동: 4Hz 우측 엄지 외전운동

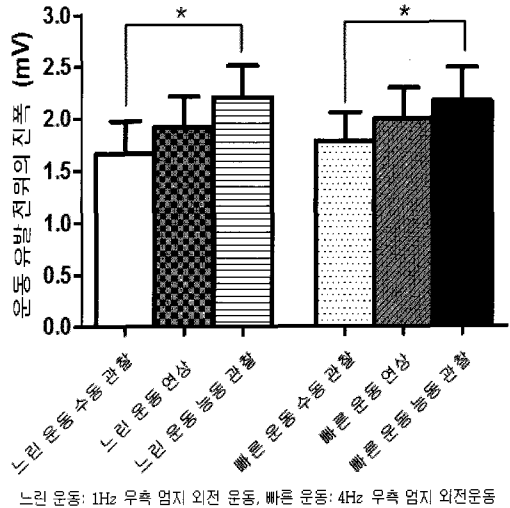


그림 1. 느린 운동과 빠른 운동 모든 경우에 수동적 관찰에 비해 능동적 관찰에서 운동 유발 전위의 진폭이 유의하게 증가 한다 (* $p<.05$).

이와는 달리 운동의 수동적 관찰, 연상 및 능동적 관찰 모두에서 빠른 운동과 느린 운동을 비교할 때 이들 간에 유의한 진폭의 차이를 보이지 않았다($F=.15, p=.70$)(그림 2).

IV. 논의

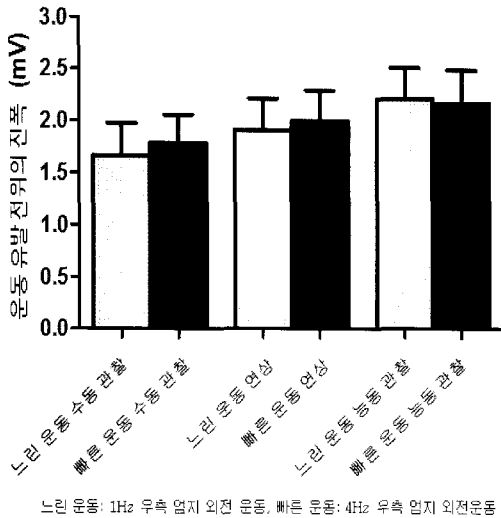


그림 2. 수동적 관찰, 운동 연상, 능동적 관찰 모든 경우에 느린 운동과 빠른 운동 간에 운동 유발 전위의 진폭에 있어 유의한 차이가 없었다($p > .05$).

2. 운동유발전위의 잠시변화

운동유발전위의 잠시는 이완된 상태와 비교할 때 느리고 빠른 수부 운동에 대한 수동적 관찰, 운동연상, 능동적 연상 등 모든 경우와의 비교에서 운동유발전위의 잠시의 유의한 차이를 보이지 않았다($F = .87, p = .52$) (표 2).

표 2. 경두개 자기 자극에 의한 운동 유발 전위의 잠시

	잠시 (ms) (Mean±SD)	p 값
안정시	22.25±2.26	
느린 운동† 수동 관찰	22.38±2.25	0.50
느린 운동† 연상	22.25±2.18	0.72
느린 운동† 능동 관찰	22.07±2.05	0.99
빠른 운동+ 수동 관찰	22.32±2.16	0.29
빠른 운동+ 연상	22.04±1.98	0.34
빠른 운동+ 능동 관찰	22.17±2.07	0.59

† 느린 운동: 1Hz 우측 엄지 외전운동

+ 빠른 운동: 4Hz 우측 엄지 외전운동

이미 여러 연구에 의해 운동의 관찰이나 연상만으로 운동유발전위가 활성화 되는 것이 밝혀져 왔다. 특히 관찰하는 동작에 따라 관련된 근육으로의 피질 척수로가 선택적으로 활성화되며(Rossini, Rossi, Pasqualetti & Tecchio, 1999), 우세와 비우세 수부간의차이는 보이지 않지만(Clark, Tremblay & Ste-Marie, 2004), 동작의 어려움과 친숙함에 따라 정도가 달라져, 익숙하지 않은 동작을 관찰할 경우 더욱 강한 활성화를 보인다(Maeda, Chang, Mazziotta & Iacoboni, 2001)는 것을 알 수 있다. 본 연구에서도 이러한 결과들과 같이 안정 시에 비해 운동에 대한 수동적인 관찰, 연상, 능동적 관찰 모두에서 유의한 피질 척수로의 활성화를 관찰 할 수 있었고, 운동에 대한 관찰이나 연상을 동시에 시행하는 능동적인 관찰을 할 경우 수동적 관찰보다 더욱 유의한 운동유발전위의 진폭 증가를 볼 수 있었다. 이는 운동의 단순한 관찰만이 아니라, 관찰과 함께 적극적인 모방을 위해 운동 동작의 계획이나 준비를 위한 정신적 각성도의 증가하고 손 근육으로의 피질-척수로가 내부적으로 조정 되는 과정을 거쳐 활성화가 촉발되는 것으로 보인다(Rossini et al., 1999). 실제로 따라 하려는 목적으로 관찰할 경우, 뇌 영상 연구에서도 운동의 준비와 프로그래밍과 관련된 운동피질인 보조운동영역과 대상회전(cingulate gyrus) 부위가 추가적으로 활성화 되는 것이 관찰할 수 있다(Clark et al., 2004; Decety et al., 1997).

Leonard와 Tremblay(2007)는 연령에 따른 운동 연상과 관찰의 비교에서 노인의 운동 관찰 및 연상에 의한 운동유발전위의 촉통(facilitation)이 젊은 성인과 동일한 양상을 보여 노인에서 운동의 관찰과 연상에 의한 피질 척수로의 활성화 되는 능력은 보존되어있으나, 이 활성도가 젊은 성인에 비해 비 선택적이며, 활성화 정도가 저하되어있다고 보고한 바 있는데, 장년과 노년층 성인을 대상으로 한 본 연구에서도 앞선 저자의 젊은 정상 성인을 대상으로 한 연구 결과와 달리, 운동 연상법이나 운동의 빠른 속도로 효과적인 피질 척수로 활성화를 얻지 못했다.

운동의 연상은 운동 재현(motor representation)의 일 부분으로, 운동의 계획, 예측과 연관 있는 중추신경계의 고위 중추와 연관이 있다. 특히 작동 기억(working memory)에 중요한 역할을 하는 전두엽과 전전두엽(prefrontal lobe) 부위가 운동의 연상 작용 시 활성화 되는 것을 알 수 있고(Jeanerod, 2001), 기능적 자기공명영상을 이용한 여러 연구에서 실제 운동을 시행할 경우 일차운동영역, 일차 감각영역, 전운동영역, 상 두정 소엽(superior parietal lobule), 그리고 소뇌 부위를 포함하는 넓은 영역의 망(network)이 활성화되며, 운동의 연상시에도 이들 활성화 부위 중 일차 감각영역과 소뇌를 제외한 동일한 영역에서의 활성화가 일어남을 관찰할 수 있다(Nair, Purcott, Fuchs, Steinberg & Kelso, 2003). 그러나 노인에서는 집중력과 시뮬레이션 능력이 저하 되어 있어 이에 대한 보상작용으로 기억과 연관된 인지 동작을 시행할 때 젊은 성인에 비해 더욱 넓은 영역의 전두엽 부위 대뇌피질이나 피질 하 영역이 활성화 되는 양상을 보이며(Personnier, Paizis, Ballay & Papaxanthis: 2008), 최근 연구에서는 연령이 높아짐에 따라 실제 집중력과 운동의 시뮬레이션(simulation) 능력이 저하됨을 보고하고 있다(Skoura, Personnier, Vinter, Pozzo & Papaxanthis, 2008). 노인과 젊은 성인(평균연령 63세, 25세)을 대상으로 운동의 습득을 위한 연상능력을 비교한 Stoter, Scherder, Kamsma와 Mulder(2008)의 연구에서도 두 그룹 간에 작동 기억 능력은 차이가 나지 않으며 운동 자체의 연상 능력이 떨어지는 것이 아니라 정신적으로 운동을 표현하는 것과 새로운 정보를 이런 운동의 표현으로 정신적인 처리를 하는 능력이 저하되어서 노인에게서 운동 연상에 의한 운동습득능력이 떨어진다고 보고하고 있다. 이를 근거로 하여 볼 때, 운동 연상이 피질 척수로의 활성화 할 수 있는 방법이지만 본 연구 결과처럼 연상 능력이 젊은 층에 비해 저하되어 있는 중년 노년층의 성인에서는 피질 척수로의 효과적으로 활성화하는 방법으로 보기 어려울 수 있다는 것이다. 또한 과거 많은 연구에서 보고한 바와 같이 나이가 들에 따라 미세동작이나 빠른 운동의 시행이 어려워지게 되는데, 이는 연령과 관련된 해부학적인 변화양상의 하나인 피질 척수로의 기능적 변화와 하행로(descending tract)의 숫자가 감소에 의한

피질척수로의 질적, 양적인 저하에 기인한다고 하였고(Terao, Sobue, Hashizume, Shimada & Mitsuma, 1994), 이러한 변화는 노인에서의 빠른 운동에 대한 관찰이나 연상이 피질 척수로의 활성화에 많은 영향을 미치지 못하는 이유로 생각할 수 있겠다.

이와 같이 현재까지 운동연상이나 관찰로 인한 대뇌 피질의 활성화에 대한 많은 연구가 진행되었지만, 대부분의 동작이 간단한 동작의 반복이나 예를 들면 OK 손 기호(sign)와 같은 의미를 포함하는 몸짓에 국한되었다. 그러나 일상생활에서는 도구를 이용하는 복잡한 동작이 대부분을 차지한다. 또한, 손 근육에 대한 피질 척수로의 활성화는 매우 과제에 의존적인 특징을 보인다(Flament, Goldsmith, Buckley & Lemon 1993). Sale와 Semmler(2005)에 의하면 단순히 원주(cylinder)를 강하게 쥐는 동작이나 손가락의 반복적인 움직임만을 시행하는 것 보다는 가위질과 같은 도구를 이용한 일상생활 동작을 시행한 경우에서 젊은 성인과 노인 모두에서 제 1 배측 골간근의 운동유발전위가 더욱 활성화되는 양상을 보였다. 따라서 향후 도구를 이용한, 일상생활과 직접적으로 연관된 여러 동작들의 관찰, 운동연상 등에 의한 피질 척수로의 활성화를 연구하는 것이 뇌손상환자들의 운동능력향상 훈련 개발에 도움이 될 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 장년과 노년층을 대상으로 엄지손가락 외전 운동의 속도에 따른 수동적 관찰, 운동 연상, 능동적 관찰이 피질 척수로의 활성화 정도를 경두개 자기자극을 통해 알아보았고 그 결과 안정 시 상태보다 수동적 관찰, 연상, 능동적 관찰법 모두에서 피질척수로의 활성화를 보였다. 또한 수동적 관찰과 능동적 관찰 사이에서는 유의한 차이를 확인 할 수 있었으나, 연상법은 이러한 차이를 보이지 않았고, 빠른 운동과 느린 운동 간에도 피질척수로 활성화 정도에는 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과를 근거로 장년 및 노년층 성인의 뇌손상 후의 근력저하에 대한 재활 훈련의 방법으로 운동의 수동적 관찰, 운동연상 및 능동적 관찰을 시행

할 수 있겠으며, 특히 운동의 능동적 관찰이 가장 효과적인 피질 척수로의 활성화를 유도하는 치료법으로 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 최은희, 유우경, 정광익, 박동식, 남희승, 전아영(2008). 운동관찰 및 연상에 의한 대뇌피질의 활성도의 변화. *대한재활의학회지*, 32, 388-393.
- Brighina, F., La Bua, V., Oliveri, M., Piazza, A., & Fierro, B.(2000). Magnetic stimulation study during observation of motor tasks. *Journal of the Neurological Sciences*, 174, 122-126.
- Clark, S., Tremblay, F., & Ste-Marie, D.(2004). Differential modulation of corticospinal excitability during observation, mental imagery and imitation of hand actions. *Neuropsychologia*, 42, 105-112.
- Cole, K. J., Rotella, D. L., & Harper, J. G.(1999). Mechanisms for age-related changes of Wngertip forces during precision gripping and lifting in adults. *Journal of the Neurological Sciences*, 19, 3238-3247.
- Decety, J., & Grezes, J.(1999). Neural mechanisms subserving the perception of human actions. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 172-178.
- Decety, J., Grezes, J., Costes, N., Perani, D., Jeannerod, M., Procyk, E., Grassi, F., & Fazio, F.(1997). Brain activity during observation of actions. Influence of action content and subject's strategy. *Brain*, 120, 1763-1777.
- Fadiga, L., Buccino, G., Craighero, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Pavesi, G.(1999). Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study. *Neuropsychologia*, 37, 147-158.
- Flament, D., Goldsmith, P., Buckley, C. J., & Lemon, R. N.(1993). Task dependence of responses in first dorsal interosseous muscle to magnetic brain stimulation in man. *Journal Physiol*, 464, 361-378.
- Grezes, J., Costes, N., & Decety, J.(1999). The effects of learning and intention on the neural network involved in the perception of meaningless actions. *Brain*, 122, 1875-1887.
- Grezes, J., & Decety, J.(2001). Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: a meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 12, 1-19.
- Hackel, M. E., Wolfe, G. A., Bang, S. M., & CanWeld, J. S. (1992). Changes in hand function in the aging adult as determined by the Jebsen Test of Hand Function. *Physical Therapy*, 72, 373-377.
- Hutchinson, S., Kobayashi, M., Horkan, C. M., Pascual-Leone, A., Alexander, M. P., & Schlaug, G.(2002). Age-related differences in movement representation. *Neuroimage*, 17, 1720-1728.
- Jeannerod, M.(2001). Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage*, 14, S103-109.
- Kuhtz-Buschbeck, J. P., Mahnkopf, C., Holzknacht, C., Iebner, H., Ulmer, S., & Jansen, O.(2003). Effector-independent representations of simple and complex imagined finger movements: a combined fMRI and TMS study. *European Journal of Neuroscience*, 18, 3375-3387.
- Leonard, G., & Tremblay, F.(2007). Corticomotor facilitation associated with observation, imagery and imitation of hand actions: a comparative study in young and old adults. *Experimental Brain Research*, 177, 167-175.
- Maeda, F., Kleiner-Fisman, G., & Pascual-Leone, A.(2002). Motor facilitation while observing hand actions: specificity of the effect and role of observer's orientation. *Journal Neurophysiol*, 87, 1329-1335.
- Nair, D. G., Purcott, K. L., Fuchs, A., Steinberg, F., & Kelso, J. A.(2003). Cortical and cerebellar activity of the human brain during imagined

- and executed unimanual and bimanual action sequences: a functional MRI study. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 15, 250-260.
- Oldfield, R. C.(1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Personnier, P., Paizis, C., Ballay, Y., & Papaxanthis, C.(2008). Mentally represented motor actions in normal aging II. The influence of the gravito-inertial context on the duration of overt and covert arm movements. *Behavioural Brain Research*, 186, 273-283.
- Rossini, P. M., Rossi, S., Pascualetti, P., & Tecchio, F.(1999). Corticospinal excitability modulation to hand muscles during movement imagery. *Cerebral Cortex*, 9, 161-167.
- Sale, M. V., & Semmler, J. G.(2005). Age-related differences in corticospinal control during functional isometric contractions in left and right hands. *Journal of Applied Physiology*, 99, 1483-1493.
- Skoura, X., Personnier, P., Vinter, A., Pozzo, T., & Papaxanthis, C.(2008). Decline in motor prediction in elderly subjects: right versus left arm differences in mentally simulated motor actions. *Cerebral Cortex*, 44, 1271-1278.
- Smith, C. D., Umberger, G. H., Manning, E. L., Slevin, J. T., Wekstein, D. R., Schmitt, F. A., Markesbery, W. R., Zhang, Z., Gerhardt, G. A., Kryscio, R. J., & Gash, D. M.(1999). Critical decline in Wne motor hand movements in human aging. *Neurology*, 53, 1458-1461.
- Stoter, A. J., Scherder, E. J., Kamsma, Y. P., & Mulder, T. (2008). Rehearsal strategies during motor-sequence learning in old age: execution vs motor imagery. *Perceptual & Motor Skills*, 106, 967-978.
- Terao, S., Sobue, G., Hashizume, Y., Shimada, N., & Mitsuma, T.(1994). Age-related changes of the myelinated fibers in the human corticospinal tract: a quantitative analysis. *Acta Neuropathol*, 88, 137-142.
- Williams, M. E., Hadler, N. M., & Earp, J. A.(1982). Manual ability as a marker of dependency in geriatric women. *Journal Chronic Disease*, 35, 115-122.

투 고 일 : 04월 30일

심 사 일 : 05월 12일

심사완료일 : 11월 05일