

진동자극이 뇌졸중 환자의 얇은손가락굽힘근의 근전도 활동과 손 기민성에 미치는 영향

심선미*, 오덕원**, 기경일***, 박현주***, 차현규****, 조혁신*****

*유성웰니스병원 물리치료실

**청주대학교 보건의료대학 물리치료학과

***대전대학교 대학원 물리치료학과

****을지대학병원 물리치료실

*****원광보건대학교 물리치료과

국문초록

목적 : 본 연구의 목적은 뇌졸중 환자의 얇은손가락굽힘근에 진동자극을 적용하는 것이 손의 기민성을 향상시키고 얇은손가락굽힘근의 개시와 종료 시간을 단축시키는데 도움이 되는지를 알아보는 것이었다.

연구방법 : 본 연구는 개별실험연구방법 중 ABA 연구 설계를 이용하였다. 총 실험회기는 24회로 기초선 과정, 중재 과정, 기초선 회기 과정으로 나누어 각 8회기씩 진행하였다. 중재기간 동안 진동자극은 환측의 얇은손가락굽힘근에 적용되었다. 상자와 블록 검사(Box and Block Test; BBT), 그리고 컵을 쥐기 및 놓기 과제를 수행하는 동안 얇은손가락굽힘근의 개시시간과 종료시간을 측정하였다.

결과 : BBT 점수는 기초선 과정에 비교하였을 때 중재기간 동안 유의하게 증가되었으며($p < .05$), 과제 수행 동안 얇은손가락굽힘근의 개시시간과 종료시간은 중재 기간 동안 유의하게 단축되었다($p < .05$). 이러한 경향은 회기 과정 동안에도 긍정적으로 유지되었다.

결론 : 이러한 결과는 진동자극이 이환된 손의 기민성을 향상시키고 물건을 쥐고 놓는 동안 손과 얇은손가락굽힘근의 활성 형태를 향상시키는데 긍정적으로 사용될 수 있다는 것을 의미한다.

주제어 : 근수축 개시 및 종료 시간, 뇌졸중, 손 기민성, 진동 자극

I. 서론

뇌졸중은 환측 사지의 운동장애를 발생시키는 질환으로, 손상 정도에 따라 다양한 형태의 운동기능 마비를 나타낸다. 또한 경직(spasticity), 굽힘근과 펴는근의 경련, 근력 약화, 민첩성 소실, 작용근과 대항근의 동시수축, 근 피로도의 증가와 같은 다양한 증상을 보인다(Sheean,

2001). 뇌졸중 후 나타나는 환측 상지의 근 긴장도 증가와 운동조절 능력의 저하는 굽힘근과 펴는근의 근수축 개시와 종료에서의 지연 및 움직임 협응의 문제를 초래한다. 과도한 근긴장도는 불수의적 근수축을 유발하고 관절가동범위를 제한시키며 관절 구축을 초래한다. 이는 정상적인 사지의 움직임을 방해하고 일상생활수행능력에 부정적인 영향을 미친다. 결과적으로, 상지의 운동기능 회복

과 일상생활로의 복귀를 저해하는 요인으로 작용한다.

편마비 환자의 기능적인 상지의 움직임 위해서는 적절한 근육의 활성화와 협응이 필요하며, 협응을 통해 정확하고, 빠르게 운동과제를 수행하여야 한다(Carr & Shepherd, 2003). 협응을 위해서는 순서, 시간, 거리의 관점에서 적절히 근력을 조절할 수 있어야 하지만, 협응이 조화롭게 이루어지지 않을 경우 관절과 근육에 불필요하고 기능적이지 못한 비정상적인 공동운동(synergy)과 동시수축(cocontraction)이 나타나게 된다. 시간조절의 손상은 적절한 시간에 근육을 활성화시키지 못하는 경우를 의미하는 것으로, 뇌졸중 후 움직임 수행 시 근수축의 개시 지연, 느린 운동시간, 종료시간 지연 등의 시간조절 손상이 발생한다(Canning, Ada, & O'Dwyer, 2000).

Chae, Yang과 Park(2002)은 편마비 환자의 환측 상지가 건측이나 정상인의 상지에 비하여 근수축의 민첩성 저하와 작용근과 대항근의 동시수축 증가로 인해 개시와 종료 시간의 지연을 보인다고 보고하였다. Gemperline, Allen, Walk와 Rymer(1995)는 뇌졸중 환자의 건측과 환측의 운동단위 활성화 연구를 통해 환측에서의 평균단위 흥분율의 저하와 동원 형태의 변화로 근약화가 나타난다고 보고하였다. 최근 뇌졸중 환자들의 근수축의 민첩성을 평가하기 위해 근전도를 이용하여 손목관절에서의 근수축 개시 및 종료의 지연을 분석하는 연구들이 진행되었고, 이 연구들의 결과는 만성 편마비 환자들에서 손목관절을 움직일 때 작용근과 대항근에서의 강직과 연관된 동시수축이 발생하고 환측의 근수축 개시 및 종료가 지연되는 것으로 나타났다(Hemmond, Kraft, & Fitts, 1988). 이러한 편마비 환자의 운동 기능저하와 회복을 위해 여러 가지 중재 방법이 모색되어 왔고, 다양한 감각자극을 이용한 치료방법들이 제시되었다.

황성수 등(2011)은 편마비 환자의 상지 근 긴장도와 손의 기민성에 대한 연구에서 냉수와 온수의 적용이 손의 기민성에 영향을 주어 손의 대운동 검사에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였고, 배세현(2011)은 척수운동 신경원의 흥분성과 근 긴장도 및 기능적 움직임에 대한 진동감각과 신장자극의 효과를 비교한 연구에서 진동감각이 신장자극에 비해 흥분성 변화 시간과 상지기능 변화에 보다 효과적이라고 보고하였다. 진동자극은 환자에게 큰 부작용 없이 적용할 수 있고, 적용 방법을 익히기 위한 노력이 요구되지 않으며, 근육에 정량적 자극이 가능한

장점이 있는 것으로 알려져 있다(배세현, 2011). Griffin(2004)은 진동자극이 과긴장증, 과반사와 같은 비정상적인 근 긴장도를 가진 환자의 치료에 사용될 수 있으며, Noma, Matsumoto, Etoh, Shimodozono와 Kawahira(2009)는 뇌졸중 환자의 경직을 나타내는 상지에 진동자극 시 경직 감소와 기능적 움직임의 향상을 보고하였다.

이처럼 진동자극의 적용은 기능적인 활동 수행에 저해를 보이는 뇌졸중 환자의 상지에 효과적인 중재방법이다. 그러나 이러한 진동자극의 적용에 대한 만성 편마비 환자의 손의 기민성 향상과 근수축 개시와 지연시간에 대한 정량적 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 손의 기민성과 상지 기능의 저하를 보이는 만성 편마비 환자를 대상으로 환측에 진동자극을 적용하여 저하된 기민성과 근 수축 개시 및 종료 시간의 지연에 미치는 영향과 정량적인 평가를 제공하여 진동자극의 임상적 기초 자료로 제공하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대전의 Y병원에서 2011년 10월 4일부터 11월 28일까지 진행되었다. 본 연구의 대상자는 뇌졸중으로 진단을 받은 3명이었다. 2명은 우측 편마비 환자이며, 1명은 좌측 편마비 환자였다. 본 연구에 참여한 대상자들은 발병 후 6개월이 경과한 만성 뇌졸중 환자, 한국 어판 간이 정신상태 검사(Mini-Mental State Examination-Korean version; MMSE-K)에서 24점 이상인 자로 인지적 결함이 없는 자, 상지의 도수 근력 평가가 2등급(poor) 이상인 자, 수정된 Ashworth 척도(Modified Ashworth Scale; MAS)에서 2등급 이하인 자, 연구 참여에 자발적으로 동의한 자를 대상으로 하였다. 연구를 시작하기 전에 대상자에게 연구 목적 및 방법에 대하여 충분히 설명하였으며, 대상자들의 일반적 특징은 표 1과 같다(배세현, 2011; Folstein, Folstein, & McHugh, 1975).

대상자 1은 좌측 중대뇌동맥의 출혈로 인한 우측 편마비 환자다. 대상자 1의 브룬스트롬 단계(Brunnstrom

stage)는 3단계로 상지 움직임 수행 시 공동운동이 나타났으며, 심부건 반사가 환측 팔꿈관절 굽힘근에서 항진되어 있었다. 관절가동범위는 환측 팔꿈관절과 손목관절에서 근력약화로 인한 중등도의 제한을 보였고, 근력은 환측 상·하지에서 2등급과 건측 상·하지는 4등급 이상이었다. 환측 상지는 쥐기 등의 과제를 수행할 때 관절별 분리된 움직임보다는 상지 전체를 이용하는 굽힘운동 형태를 나타내었다. 대상자 2는 좌측 중대뇌동맥 경색으로 인한 우측 편마비 환자다. 대상자 2의 브룬스트롬 단계는 4단계로 상지 움직임 시 공동운동이 나타났으나, 대상자 1보다는 공동운동 양상이 적었으며, 병적반사와 심부건 반사의 항진은 보이지 않았다. 환측의 팔꿈관절에서 최소한의 관절가동범위의 제한을 보였고, 근력은 환측 상지는 2등급, 환측 하지에서는 3등급과 건측 상·하지는 5등급이었다. 대상자 3은 우측 중대뇌동맥과 후대뇌동맥의 경색으로 인한 우측 편마비 환자다. 대상자 3의 브룬스트롬 단계는 4단계로 공동운동이 많이 소멸되어 있어서 대상자들 중 상지 움직임에 대한 공동운동 양상이 가장 적게 나타났으며, 병적 반사와 심부건 반사의 항진은 보이지 않았다. 환측 어깨관절에서 최소한의 관절가동범위 제한을 보였고, 근력은 환측 상·하지에서 2등급과 건측 상·하지는 5등급이었다. 대상자 3명 모두 독립 보행이 가능하였으며, 건측의 상지를 이용하여 일상생활동작들을 독립적으로 수행할 수 있었다.

2. 연구 설계

본 연구는 개별실험 연구설계(single-subject research design)중 A-B-A 연구 설계를 이용하여 진행되었다. 총 실험회기는 24회로 기초선 과정, 중재 과정, 회귀 과정으로 나누어 진행하였으며, 각각의 회기는 8회기로 하

였다. 기초선 과정과 기초선 회귀 과정에서는 중재 방법을 적용하지 않고, 변수들을 측정하였다. 중재 과정에서는 하루 1회씩 총 8회 동안 얇은손가락굽힘근(flexor digitorum superficialis)에 진동 자극을 적용한 후 즉시 환측 손의 기민성과 물 컵을 쥐고 놓은 과제 수행 시 얇은손가락굽힘근의 개시 시간과 종료 시간을 측정하였다. 연구 대상자들의 훈련과 측정은 연구자에 의한 오염변인을 최소화하기 위해 제 1저자에 의해 시행되었다.

3. 연구 도구 및 측정 방법

1) 상자와 나무토막 검사

(Box and Block Test; BBT)

BBT는 손의 기민성을 측정하는 도구로 신체적으로 장애가 있는 환자를 평가하는데 사용된다. 1인치 크기의 블록을 한 쪽 상자에서 다른 쪽 상자로 옮기는 것으로 각각의 손이 1분 동안 옮긴 블록의 개수를 점수로 하였다(Trombly & Radomski, 2002). 검사-재검사 신뢰도는 왼손이 $r=.94$, 오른손이 $r=.98$ 이고(Cromwell, 1976), 검사자간 신뢰도는 왼손 $r=.99$, 오른손 $r=1.00$ 이다(Mathiowetz et al., 1985).

2) 근수축 개시시간 및 종료시간 측정

진동자극 적용 후 지름 6cm의 물 컵을 쥐고 놓는 과제를 수행하는 동안 얇은손가락굽힘근의 근활성도와 근수축의 개시 및 종료를 측정하기 위해 표면 근전도(QEMG-4 System, LXM 3204; Laxtha, Daejeon, Korea) 장비를 이용하였다. 표면 전극(Electrode 2237; 3M, Ontario, Canada)은 Ag/AgCl의 재질로 된 일회용 전극을 이용하였다. 표면 근전도 시스템에는 접지전극, 활성전극과 기준전극으로 구성된 바이폴라 스냅전극이 측정전극으로 연

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(N=3)

대상자	성별	나이(세)	체중(kg)	신장(cm)	MAS ^a	마비측	손상 형태	발병기간(개월)
1	남	57	65	175	G1+	우측	뇌출혈	13
2	남	44	60	173	G1	우측	뇌경색	26
3	남	67	62	170	G1	좌측	뇌경색	7

^a MAS: Modified Ashworth Scale

결되었다. 표면 근전도 시스템에서 디지털 처리된 근전도 신호는 개인용 컴퓨터에서 Telescan 2.89 소프트웨어 (Laxtha, Daejeon, Korea)를 이용하여 아날로그 신호를 디지털 신호로 전환하였다. 표면 근전도 측정을 위한 신호의 표본 수집률(sampling rate)은 1024Hz로 고정하였고, 잡음을 최소화하기 위해 통과대역(band-pass)필터는 20~450Hz로, 노치필터(notch filter)는 60Hz를 이용하였다. 개시와 종료의 지연시간을 구하기 위해 신호음을 기준으로 가장 안정된 5초를 기준선으로 설정하고 근전도 신호 진폭의 평균값과 표준편차를 구하였다. 근수축 개시 및 종료 시간은 Di Fabio(1987)의 결정법에 따라 신호음이 시작한 후 역치값(기초선 기간의 평균값+2SD) 이상이 되는 지점중에서 25ms 이상 지속되는 첫 번째 값과 신호음이 종료된 후에 마지막으로 역치값 이상이 지속된 값을 구하여 분석하였다(정이정, 조상현, 이정훈과 이상현, 2003). 대상자는 앉은 자세에서 환측 팔을 테이블 위에 편안하게 위치하고 측정하였다. 표면 근전도 전극 부착 시 피부저항을 최소화하기 위해 면도기로 털을 제거한 후 사포로 각질을 제거하였고, 알코올로 닦은 다음 전극을 해당 근육에 부착하였다. 실험은 조용한 방에서 실시되었으며 개인용 컴퓨터와, 스피커를 켜 후 실험실 내 전기 제품의 모든 전원을 차단하였다. 표면근전도의 전극 위치는 얇은손가락굴힘근의 자뼈의 붓돌기에서 위팔뼈의 안쪽위관절용기 사이의 1/2지점의 근복에 부착하였다(Basmajian & Blumenstein, 1989).

4. 연구 과정

기초선 과정은 중재를 적용하기 이전의 기초선을 조사하는 기간으로 초기 8회까지이며, 진동자극을 적용하지 않고 하루 1회씩 BBT와 표면 근전도의 전극을 사용하여 대상자의 환측 상지의 과제 수행시 얇은손가락굴힘근의 개시시간과 종료시간을 측정하였다.

중재과정 동안 진동자극은 매일 1회기씩 시행 되었으며, 연구자는 진동자극기(Thrive MD-01; Thrive Co., Ltd, Osaka, Japan)의 표면을 대상자의 얇은손가락굴힘근의 피부표면에 수직이 되도록 맞게 하여 진동자극기를 손에 쥐고 얇은손가락굴힘근의 주행방향에 따라 손가락의 지절에서 아래팔까지 쓸어내리듯이 90Hz의 진동자극을 10분 동안 반복하여 적용하였다(Conrad, Scheidt,

& Schmit, 2011). 대상자들은 진동자극 후에 얇은손가락굴힘근의 근수축력을 측정하기 위해 표면전극을 부착하고 수직방향으로 대상자 앞에 놓여있는 지름 6cm의 원통 모양의 컵을 쥐고 놓는 과제를 1번 수행하였다. 근수축력을 측정하기 위해 등반이가 있는 의자에 앉아 상지는 몸통과 팔꿈관절의 90° 굽힘 위치를 유지하였다. 대상자의 환측 손은 실험하는 동안 컵 옆에 편안하게 놓았다. 과제를 수행하기 전에 대상자들에게 손의 지절들을 이완하도록 하였다.

컴퓨터를 통해 쥐기 시간동안 시작과 끝의 시점을 알리는 청각적 자극을 제공하였으며, 대상자들은 최대 수축을 하고 청각 자극에 대해 가능한 빨리 반응하도록 요구되었다. 컵을 쥐는 과제의 총 소요 시간은 30초 이다. 과제의 시작 시점에서 5초 까지(0~5초)는 손을 컵의 옆에 놓고 지절들을 이완한 상태이고, 시작 지점에서 5초 후에 청각 자극을 통하여 컵을 쥐고 5초 동안 최대 힘으로 컵을 쥐도록 지시하였다(5~10초). 5초의 최대수축 시간 후에 다시 청각자극을 제시하여 컵을 놓는 종료시점을 알려주었다(10초가 되는 지점). 컵을 놓고 20초(10초~30초) 동안 이완하였다. 중재 효과의 지속 여부를 알아보기 위하여 회귀 과정은 중재 과정을 종료한 후 8회기 동안 이루어졌으며, 기초선 과정과 같은 조건으로 측정 자료는 1일 1회씩 총 8회에 걸쳐 자료를 수집되었다.

5. 분석 방법

본 연구에서 기초선 과정, 중재 과정, 회귀 과정 동안 나타나는 상지 기민성, 그리고 과제 수행 시 얇은손가락굴힘근의 개시 및 종료시간은 그래프를 사용하여 시각적으로 분석되었으며, 2배 표준편차 영역(2 standard deviation band) 방법을 사용하였다. 이 방법에서는 중재 과정 동안의 측정 자료점 중 2회 이상이 2배 표준편차 영역을 벗어나 있을 때 임상적인 유의성이 있는 것으로 평가된다(Ottenbacher, 1986). 또한 분석의 신뢰성을 높이기 위하여 각 과정 동안의 BBT, 근수축의 개시시간과 종료시간의 측정 자료는 프리드만 검정(Friedman test)을 이용하여 분석되었다. 검정 결과 유의성이 나타날 경우, 각 측정 변수들이 과정별 차이가 있는지를 검증하기 위하여 윌콕슨 부호 순위검정(Wilcoxon signed rank test)을 시행하였다. 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

기초선 과정, 중재 과정, 회귀 과정에서 BBT의 측정된 자료는 그림 1에 제시되었으며, 킥 쥐기 및 놓기 과제 수행 시 측정된 근 수축 개시시간과 종료시간은 그림 2와 3에 제시되었다. 표 2는 세 과정 동안에 측정된 자료의 프리드만 검정 결과를 설명하는 것이다. 모든 대상자들에서 중재 과정 동안 BBT 점수가 2회 이상 기초선 과정의 2배 표준편차 영역보다 높게 측정되었으므로 임상적으로 유의한 향상이 있는 것으로 나타났다. 이러한 향상은 회귀 과정에서도 유지되었다. 얇은손가락굽힘근의 근수축 개시시간은 중재 과정 동안 대상자 2와 대상자 3에서 임상적으로 유의한 효과가 있는 것으로 나타났으며, 회귀 과정에서는 모든 대상자들이 임상적 유의성이 있는 것으로 나타났다. 근수축 종료시간은 대상자 2에서만 중재 과정과 회귀과정 동안 임상적인 유의성이 있는 것으로 나타났다.

기초선 과정, 중재 과정, 회귀 과정 동안 BBT, 얇은손가락굽힘근의 수축 개시시간 및 종료시간의 측정값에 대한 프리드만 검정에서는 모든 대상자들에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 실험 과정별 측정결과와 비교에서 BBT와 얇은손가락굽힘근 수축 개시시간은 세 대상자 모두 기초선 과정과 중재 과정, 기초선 과정과 회귀 과정, 그리고 중재 과정과 회귀 과정 사이에 차이가 있는 것으로 나타났다. 얇은손가락굽힘근의 수축 종료시간에서 대상자 1은 기초선 과정과 중재 과정, 기초선 과정과 회귀 과정 사이에 차이가 있었고, 대상자 2는 기초선 과정과 중재 과정, 기초선 과정과 회귀 과정, 그리고 중재 과정과 회귀 과정 사이에 차이가 있었으며, 대상자 3은 기초선 과정과 중재 과정, 그리고 중재 과정과 회귀 과정 사이에 차이가 있었다.

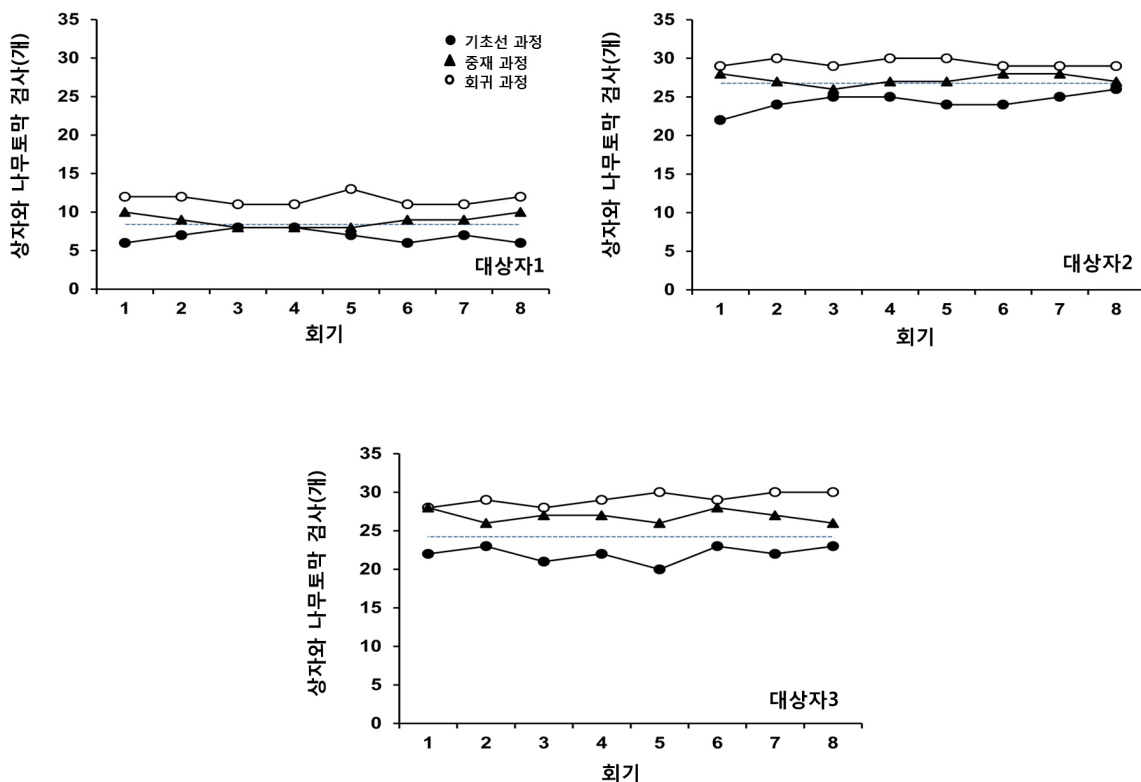


그림 1. 상자와 나무토막 검사 결과 비교
(점선은 기초선 과정 측정값에 대한 2배 표준편차 영역을 의미함)

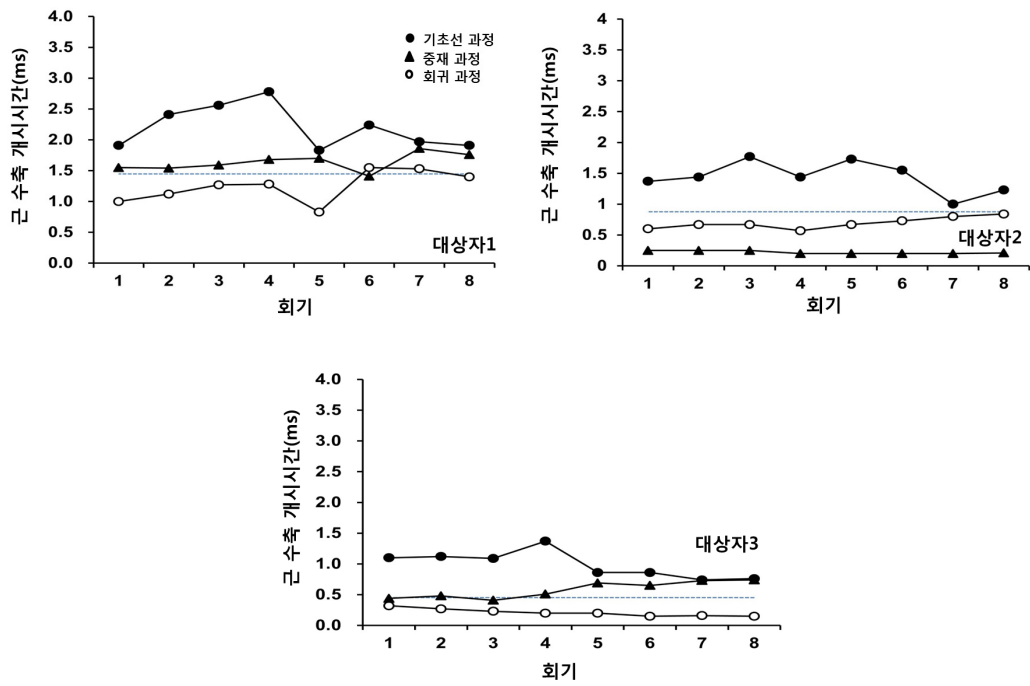


그림 2. 얇은손가락굽힘근 수축 개시 시간 비교
(점선은 기초선 과정 측정값에 대한 2배 표준편차 영역을 의미함)

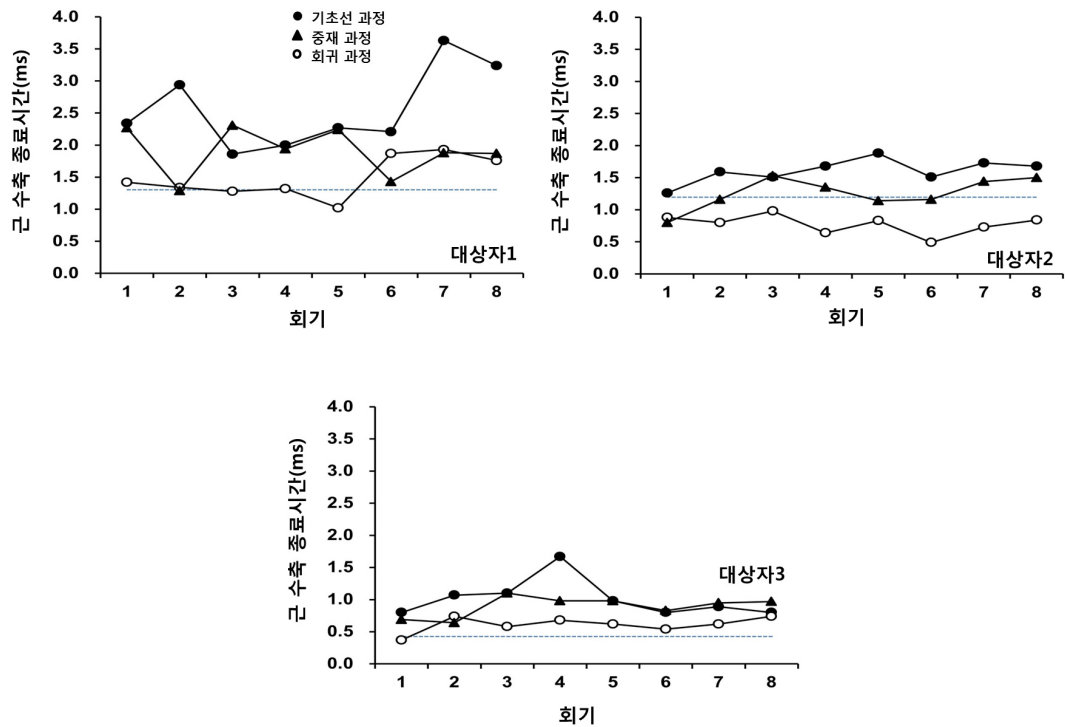


그림 3. 얇은손가락굽힘근 수축 종료 시간 비교
(점선은 기초선 과정 측정값에 대한 2배 표준편차 영역을 의미함)

표 2. 기초선 과정, 중재 과정, 회귀 과정 동안의 측정값에 대한 프리드만 검정 결과

	대상자1			대상자2			대상자3		
	중간수	사분위수	χ^2	중간수	사분위수	χ^2	중간수	사분위수	χ^2
BBT(개)									
기초선 과정	7.00	6.00- 7.75	15.20*	24.50	24.00-25.00	16.00**	22.00	21.25-23.00	15.55**
중재 과정	11.50	11.00-12.00		29.00	29.00-30.00		29.00	28.25-30.00	
회귀 과정	9.00	8.00- 9.75		27.00	27.00-28.00		27.00	26.00-27.75	
개시시간(ms)									
기초선 과정	2.11	1.91-2.52	14.25*	1.44	1.27-1.69	16.00**	0.98	0.79-1.12	16.00**
중재 과정	1.28	1.03-1.50		0.21	0.20-0.25		0.20	0.15-0.26	
회귀 과정	1.64	1.54-1.75		0.67	0.67-0.78		0.58	0.45-0.72	
종료시간(ms)									
기초선 과정	2.31	2.05-3.17	9.75*	1.64	1.51-1.72	12.25*	0.94	0.80-1.09	9.87*
중재 과정	1.38	1.29-1.84		0.82	0.66-0.87		0.62	0.55-0.73	
회귀 과정	1.91	1.54-2.26		1.26	1.15-1.49		0.96	0.73-0.98	

* $p<.01$, ** $p<.001$

IV. 고 찰

뇌졸중 후 발생하는 운동기능 장애는 환자의 기능적 회복을 방해하는 주요한 요인이다. 특히 상지의 기능회복이 비교적 느리게 진행되기 때문에 일상생활 수행에 제한점으로 작용하며, 나아가 사회참여에도 큰 제약을 받게 된다. 본 연구는 뇌졸중으로 인한 신경학적 손상으로 상지의 운동장애 및 기능장애를 나타내는 환자를 대상으로 진동자극을 적용하여 손의 기능적 움직임 수행 시 손의 기민성과 얇은손가락굽힘근의 개시 및 종료시간에 대해 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과는 진동자극이 손의 기민성을 향상시키고 얇은손가락굽힘근의 개시 및 종료시간을 단축시키는데 도움이 되는 것으로 나타났으며, 또한 이러한 효과는 중재를 적용하지 않았던 회귀과정 동안

에도 유지되는 것으로 나타났다.

이 연구에서 얇은손가락굽힘근의 움직임 개시 및 종료시간은 표면 근전도를 사용하여 측정되었다. 근수축 및 이완의 지연 양상은 근전도 신호를 분석함으로써 정량적으로 평가될 수 있다. 표면 근전도는 Seo, Rymer와 Kamper(2009)의 연구에서 얇은손가락굽힘근을 표적으로 손가락 굽힘근들의 등척성 활동에서 근수축의 개시와 종료에 대해 연구하였던 방법을 수정하여 적용하였다. 본 연구에서 얇은손가락굽힘근은 꼭잡기(power grip)를 수행하는 동안 작용근으로 작용하며, 천부 쪽에 위치하기 때문에 표면 근전도를 사용하여 전기적 신호를 얻기 용이하기 때문에 선택되었다(Kaufmann, Kozin, Mirarchi, Holland, & Porter, 2007; Perotto & Delagi, 1994).

상지의 기능 저하는 일상생활 동작 수행을 방해하는

주된 요인이다. 특히 손의 쥐기와 펴기 동작은 일상생활에서 적절한 기능을 수행하기 위한 필수 요소이지만, 대부분의 뇌졸중 환자의 상지 기능 회복은 원위부의 회복이 상대적으로 제한되거나 지연되는 양상을 보인다(Desrosiers, Bourbonnais, Bravo, Roy, & Guay, 1996). 또한 뇌졸중 후 손목과 손의 움직임을 담당하는 근육들의 수축 개시 및 종료시간이 지연되는 것으로 나타나고 있으며, 이러한 근육 활성화에 대한 시간 조절의 손상은 움직임 과제를 수행하는 능력에 중요한 영향을 미칠 수 있다(Canning et al., 2000; Chae et al., 2002). 근수축의 개시 및 종료시간 지연의 주된 원인으로 제시되는 경직은 뇌졸중 환자에서 신경학적 손상 후 이차적으로 발생하는 여러 장애요인 중 하나이며, 관절운동 범위 및 기능적 움직임의 감소, 근 수축 능력의 저하, 비정상적인 근긴장도와 근 탄성의 감소로 근섬유의 변화 등을 유발한다(Foran, Steinman, Barash, Chambers, & Lieber, 2005).

본 연구의 주된 결과는 손의 기민성을 측정한 BBT 점수가 중재 과정 동안 임상적으로 유의한 향상을 보였으며, 이러한 향상은 중재 이후 과정에서도 지속되었으며, 얇은 손가락굽힘근의 수축 개시시간 및 종료시간도 중재를 통해 단축되었다는 것이다. 손의 기민성을 유지하기 위하여 근육은 적절히 활성화되고, 협응적으로 조절되어야 한다(Carr & Shepherd, 2003). 빠른 근수축 시간은 움직이는 동안 방향과 위치를 바꾸며 조절하는 손의 기민성을 향상시키며 손의 협응 움직임을 증진시키는데 필수적인 요소이다(이택영, 오재근, 김혜영, 이규성과 김문희, 1999). 그러므로 본 연구의 결과는 진동자극이 일반적으로 식사하기, 세수하기, 옷 입고 벗기, 신변처리등과 같은 일상생활 수행 동안 지연된 움직임을 보이는 뇌졸중 환자들에게 효과적으로 사용될 수 있다는 것을 의미하는 것이다. 이러한 결과는 경직성 뇌졸중 환자에서 과긴장증 또는 과다반사를 보이는 손목 관절에 진동자극을 적용시켜 경직이 감소됨을 보고하였던 Ageranioti와 Hayes (1990)의 연구, 뇌졸중 환자에게 진동자극을 적용하여 마비측 어깨와 손가락의 기능 개선을 보고하였던 Shirahashi, Matsumoto, Shimodozono, Etoh와 Kawahira (2007)의 연구, 진동자극을 통해 손목관절의 운동기능 향상을 보고한 Cordo 등(2009)의 연구, 뇌졸중 환자의 경직을 나타내는 상지에 진동자극 시 경직 감소와 함께 기능적 움직

임이 향상되었음을 보고하였던 Noma 등(2009)의 연구, 그리고 진동자극을 통해 뇌졸중 환자의 경직의 감소 및 상지기능의 향상을 보고한 배세현과 김경윤(2011)의 연구 결과와 유사한 것이다.

인체에 적용된 진동자극은 뼈대근육의 활성화태 및 길이 변화를 발생시킬 수 있다. 이러한 변화는 긴장성 진동반사의 신경학적인 기전으로 설명될 수 있다. 진동자극은 긴장성 진동반사를 자극하여 근수축을 증가시키고, 비정상적인 근수축의 저하를 유도하는 것으로 알려져 있다(Noma et al., 2009; Roelants, Verschueren, Delecluse, Levin, & Stijnen, 2006). 진동자극은 신전반사에 영향을 미치고 골지힘줄기관의 흥분역치를 상승시키며, 협력근의 수축능력을 증가시키고, 대항근의 작용을 억제하는 능력을 향상시키는데 도움이 된다. 진동자극은 운동신경에 짧은 방추-운동신경 연결고리를 통해 자극의 흐름을 촉진하며, Ia 신경회로를 통해 α 운동신경을 조절하여 운동성 흥분의 감소 없이 근육의 힘을 생성한다(Lebedev & Poliakov, 1991). Kasai, Kawanishi와 Yahagi(1992)는 진동 자극으로 인해 야기된 근육방추 수용기의 활성화는 직접적으로 진동 자극을 받은 부위의 근육뿐만 아니라 주변의 근육에까지도 영향을 미친다고 하였다. 이는 본 연구에서 나타난 근 수축 개시시간과 종료시간의 단축에 대한 기전으로 설명될 수 있을 것이다. 또한 선행 연구들에서 진동자극의 적용은 근력(Issurin, Liebermann, & Tenenbaum, 1994) 및 관절 움직임 범위(Rees, Murphy, & Watsford, 2007)를 향상시키는 효율적인 중재 방법으로 보고되고 있다. 그러므로 진동 자극은 근육을 활성화시키고 주변 조직을 발달시켜 근 기능을 증진시킬 수 있는 효과적인 방법으로 여겨진다.

본 연구에서는 진동자극의 효과를 평가하기 위하여 A-B-A 단일 사례 연구방법을 사용하여 3명의 대상자를 연구에 포함시켰다. 단일 사례 연구방법이 임상적인 견지에서 대상자의 구체적인 반응을 체계적으로 연구할 수 있는 장점이 있다(Portney & Watkins, 2000). 하지만, 적은 수의 대상자가 포함되었기 때문에 본 연구의 결과를 전체 뇌졸중 환자군에 일반화시켜 이해하는데 제한점이 따른다. 본 연구에서 사용한 단일 사례 연구방법은 중재기간 동안 중재 과정을 반복하여 시행하고 이에 따른 효과를 비교하기 위하여 동일한 평가 절차를 전체 기간 동안 반복 적용하는 것을 통해 결과를 도출하는 것이다.

그러므로 실험 기간 동안 반복된 중재 및 평가가 연구 결과에 영향을 미쳤을 가능성을 전적으로 배제할 수 없을 것이다. 또한 본 연구에서 사용된 표면근전도의 특성상 근활성도 측정 동안 인접 근육들에 의한 잡신호(crosstalk)가 전체 신호에 포함되었을 수도 있을 것이므로, 근전도 측정에서의 정확도에 대한 문제가 제기될 수도 있을 것이다. 그러므로 향후의 연구는 이러한 점을 보완하여 더 많은 대상을 포함시키고, 보다 오랜 기간 동안 진동자극을 적용한 연구가 계속적으로 시행되어야 할 것이다.

V. 결 론

일상생활 동작 수행에 있어서 상지의 움직임 조절은 매우 중요한 요소이다. 그러므로 상지 움직임의 저하와 지연된 움직임은 일상생활 수행에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 뇌졸중 환자는 신경학적 손상으로 운동장애 및 감각장애가 발생하고, 상지와 손의 지연된 회복으로 인해 다양한 환경에 적응하고 과제를 수행하는 일상생활에서 많은 어려움을 나타낸다. 본 연구는 손의 기민성과 근수축의 개시 및 종료에서 지연시간을 나타내는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 진동자극이 상지기능에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였고, 연구 결과 진동자극이 뇌졸중 환자의 손의 기민성을 향상시키고 과제 수행 시 얇은손가락굴힘근의 움직임의 개시와 종료 시간 지연을 감소시키는 데 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 진동자극을 통해 손의 근육 활성화 형태를 변화시킬 수 있으며, 결과적으로 과제 수행 동안 손의 기민성 또한 향상될 수 있다는 것을 의미한다. 진동자극은 임상적 적용이 쉽고 부작용이 적은 장점이 있으므로 임상 현장에서 뇌졸중 환자들의 치료 효율성을 높일 수 있는 유용한 방안으로 여겨질 수 있다.

참 고 문 헌

배세현. (2011). 상지경직에서 신장자극 및 진동자극이 척수운동신경원의 흥분성 변화에 미치는 영향(석사

학위논문). 동신대학교, 나주.

- 배세현, 김경윤. (2011). 진동자극 방식이 뇌병변 환자의 상지경직에 미치는 영향. *한국산학기술학회지*, 12, 3109-3116. doi:10.5762/KAIS.2011.12.7.3109
- 이택영, 오재근, 김혜영, 이규성, 김문희. (1999). 뇌졸중 환자의 환측 상지 기능이 건측 손의 기민성에 미치는 영향. *대한작업치료학회지*, 7(1), 56-67.
- 정이정, 조상현, 이정훈, 이상현. (2003). 최대 등척성 수축 시 표면 근전도에서 근수축 개시점 결정을 위한 기법들의 신뢰도. *한국전문물리치료학회지*, 10(1), 51-62.
- 황성수, 조은숙, 고지영, 장은정, 주재욱, 손정일, ... 이종현. (2011). 냉·온수적용이 편마비 환자의 손기민성에 미치는 영향. *대한고유수용성신경근촉진법학회지*, 9(1), 65-73.

- Ageranoti, S. A., & Hayes, K. C. (1990). Effects of vibration on hypertonia and hyperreflexia in the wrist joint of patients with spastic hemiparesis. *Physiotherapy Canada*, 42(1), 24-33.
- Basmajian, J. V., & Blumenstein, R. (1989). Electrode placement in electromyographic biofeedback. In J. V. Basmajian (Ed.), *Biofeedback: Principles and Practice for Clinicians* (3rd ed., pp. 369-382). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.
- Canning, C. G., Ada, L., & O'Dwyer, N. J. (2000). Abnormal muscle activation characteristics associated with loss of dexterity after stroke. *Journal of the Neurological Sciences*, 176(1), 45-56. doi:10.1016/S0022-510X(00)00305-1
- Carr, J. H., & Shepherd, R. B. (2003). *Stroke rehabilitation*. Philadelphia, PA: Elsevier.
- Chae, J., Yang, G., & Park, B. K. (2002). Delay in initiation and termination of muscle contraction, motor impairment, and physical disability in upper limb hemiparesis. *Muscle & Nerve*, 25, 568-575. doi:10.1002/mus.10061
- Conrad, M. O., Scheidt, R. A., & Schmit, B. D. (2011). Effects of wrist tendon vibration on targeted upper-arm movements in poststroke hemiparesis. *Neurorehabilitation and Neural*

- Repair*, 25(1), 61–70. doi:10.1177/1545968310378507
- Cordo, P., Lutsep, H., Cordo, L., Wrigth, W. G., Cacciatore, T., & Skoss, R. (2009). Assisted Movement with Enhanced Sensation (AMES): Coupling motor and sensory to remediate motor deficits in chronic stroke patients. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23(1), 67–77. doi:10.1177/1545968308317437
- Cromwell, F. S. (1976). *Occupational therapist manual for basic skill assessment: Primary prevocational evaluation*. Altadena, CA: Fair Oaks Printing.
- Desrosiers, J., Bourbonnais, D., Bravo, G., Roy, P. M., & Guay, M. (1996). Performance of the unaffected upper extremity of elderly stroke patients. *Stroke*, 27, 1564–1570. doi:10.1161/01.STR.27.9.1564
- Di Fabio, R. P. (1987). Reliability of computerized surface electromyography for determining the onset of muscle activity. *Physical Therapy*, 67(1), 43–48.
- Foran, J. R., Steinman, S., Barash, I., Chambers, H. G., & Lieber, R. L. (2005). Structural and mechanical alterations in spastic skeletal muscle. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47, 713–717. doi:10.1111/j.1469-8749.2005.tb01062.x
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). 'Minimental state': A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198. doi:10.1016/0022-3956(75)90026-6
- Gemperline, J. J., Allen, S., Walk, D., & Rymer, W. Z. (1995). Characteristics of motor unit discharge in subjects with hemiparesis. *Muscle & Nerve*, 18, 1101–1114. doi:10.1002/mus.880181006
- Griffin, M. J. (2004). *Handbook of human vibration* (3rd ed., pp. 171–220). London, UK: Elsevier.
- Hammond, M. C., Kratt, G. H., & Fitts, S. S. (1988). Recruitment and termination of electromyographic activity in the hemiparetic forearm. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 69(2), 106–110.
- Issurin, V. B., Liebermann, D. G., & Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation on maximal force and flexibility. *Journal of Sports Sciences*, 12(6), 561–566. doi:10.1080/02640419408732206
- Kasai, T., Kawanishi, M., & Yahagi, S. (1992). The effects of wrist muscle vibration on human voluntary elbow flexion–extension movements. *Experimental Brain Research*, 90(1), 217–220. doi:10.1007/BF00229274
- Kaufmann, R. A., Kozin, S. H., Mirarchi, A., Holland, B., & Porter, S. (2007). Biomechanical analysis of flexor digitorum profundus and superficialis in grip strength generation. *American Journal of Orthopedics*, 36(9), 128–132.
- Lebedev, M. A., & Poliakov, A. V. (1991). Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration. *Neirofiziologiya*, 23(1), 57–65. doi:10.1007/BF01052289
- Mathiowetz, V., Kashman, N., Volland, G., Weber, K., Dowe, M., & Rogers, S. (1985). Grip and pinch strength: Normative data for adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 66(2), 69–74.
- Noma, T. S., Matsumoto, S., Etoh, M., Shimodozono, M., & Kawahira, K. (2009). Anti-spastic effects of the direct application of vibratory stimuli to the spastic muscles of hemiplegic limbs in post-stroke patients. *Brain Injury*, 23(7), 623–631. doi:10.1080/02699050902997896
- Ottenbacher, K. J. (1986). *Evaluating clinical change: Strategies for occupational and physical therapists* (pp. 117–119). Baltimore,

- MD: Lippincott Williams & Wilkins.
- Perotto, A. O., & Delagi, E. F. (1994). *Anatomical guide for the electromyographer: The limbs and trunk*. Springfield, IL: Charles C Thomas.
- Portney, L., & Watkins, M. (2000). *Foundations of clinical research: Applications to practice* (2nd ed., pp. 223–264). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Rees, S., Murphy, A., & Watsford, M. (2007). Effects of vibration exercise on muscle performance and mobility in an older population. *Journal of Aging and Physical Activity*, 15(4), 367–381.
- Roelants, M., Verschueren, S. M., Delecluse, C., Levin, O., & Stijnen, V. (2006). Whole body vibration induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(1), 124–129.
- Seo, N. J., Rymer, W. Z., & Kamper, D. G. (2009). Delays in grip initiation and termination in persons with stroke: Effects of arm support and active muscle stretch exercise. *Journal of Neurophysiology*, 101, 3108–3115. doi:10.1152/jn.91108
- Sheean, G. (2001). *Upper motor neurone syndrome and spasticity: Clinical management and neurophysiology* (pp. 12–78). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Shirahashi, I., Matsumoto, S., Shimodozono, M., Etoh, S., & Kawahira, K. (2007). Functional vibratory stimulation on the hand facilitates voluntary movements of a hemiplegic upper limb in a patient with stroke. *International Journal of Rehabilitation Research*, 30(3), 227–230. doi:10.1097/MRR.0b013e32829fa4b6
- Trombly, C. A., & Radomski, M. V. (2002). *Occupational therapy for physical dysfunction* (5th ed.). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.

Abstract

Effects of Vibration Stimulation on Electromyographic Activity of Flexor Digitorum Superficialis and Hand Dexterity in Patients After a Chronic Stroke

Sim, Sun-Mi^{*}, M.Sc., P.T., Oh, Duck-Won^{**}, Ph.D., P.T.,
Ki, Kyoung-Il^{***}, M.Sc., P.T., Park, Hyun-Ju^{***}, M.Sc., P.T.,
Cha, Hyun-Ku^{****}, M.Sc., P.T., Cho, Hyuk-Shin^{*****}, M.Sc., P.T.

^{*}Dept. of Rehabilitation Center, Youseong Wellness Hospital

^{**}Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Cheongju University

^{***}Dept. of Physical therapy, The Graduate School, Daejeon University

^{****}Dept. of Physical Therapy, Daejeon Eulji University Hospital

^{*****}Dept. of Physical Therapy, Wonkwang Health Science University

Objective : This study aimed at determining whether the application of vibration stimulation over the flexor digitorum superficialis can be helpful in improving the hand dexterity and reducing the onset and end times of the muscle contraction.

Methods : We used a single-subject experimental A-B-A design. The experimental sessions were divided into three phases: baseline, intervention, and withdrawal, with eight sessions in each phase. In the intervention phase, the vibration stimulation was applied over the flexor digitorum superficialis muscle of the affected side. Measurements included a box and block test (BBT), and the onset and end times of the muscle while gripping and releasing a cup.

Results : During the intervention phase, the BBT score was clinically and significantly increased when compared to the baseline ($p<.05$), and this improvement was maintained during the withdrawal phase with no intervention. Further, there were significant decreases for the delay in the onset and end times of the flexor digitorum superficialis ($p<.05$), and these trends were favorably maintained during the withdrawal phase.

Conclusion : Our findings suggest that vibration stimulation may be helpful in enhancing the dexterity of the affected hand post stroke, and optimizing the activation patterns of flexor muscles of the wrist and hand while grasping and releasing objects.

Key words : Hand dexterity, Onset and end times, Stroke, Vibration