

편마비 환자의 강제유도운동치료가 편측 상지의 운동 형상학적 변수에 미치는 효과 분석

정민예*, 전혜선**, 박홍석***, 최문석***, 김정란***, 유은영*

*연세대학교 보건과학대학 작업치료학과

**연세대학교 보건과학대학 물리치료학과

***연세대학교 대학원 재활학과

국문초록

목적 : 뇌졸중 환자를 대상으로 실시한 강제유도운동치료(Constraint-Induced Movement Therapy)가 환측 상지의 운동 형상학적 변화를 유발하는 지 알아보기 위하여 수행되었다.

연구방법 : 8명의 편마비 환자들이 주 5회의 강제유도운동치료를 2주 동안 참여하였다. 훈련에 의한 상지의 운동 수행동안의 운동 형상학적 변수들의 변화를 평가하기 위하여 대상자들이 컵 옮기기과 연필 옮기기 과제를 수행하는 동안 삼차원 동작분석 시스템 (CMS-HS Zebris uMedizintechnik GmbH, Isny, Germany)을 이용하여 어깨, 팔굽, 손목 관절에서 움직임의 분석하였다. 운동 형상학적 변수들인 동작의 순발력과 부드러움, 그리고 이동거리의 효율성을 측정하였다. 순발력은 컵(또는 연필)을 잡는 동작과 내려놓는 동작 두 구간에서 최대 속도 도달시간으로 측정하였고, 움직임의 부드러움을 평가하기 위하여 각 관절 움직임의 속도반전의 횟수로 움직임의 변동(fluctuation)정도를 측정하였다. 또한 이동거리의 효율성은 실제 관절별 움직임 궤도의 변화량을 측정하였다.

결과 : 1) 관절별 최대 속도 도달시간은 컵 옮기기 과제 중 컵을 잡는 동작과 내려놓는 동작 두 구간에서 어깨 관절, 팔굽 관절, 손목 관절 모두 치료 전·후로 유의하게 감소하였다($p<.05$). 반면에 연필 옮기기 과제에서는 내려놓는 동작에서 어깨 관절에서만 유의한 감소를 보였다($p=.05$). 2) 속도반전 횟수는 컵 옮기기 과제에서 모든 측정 관절의 전후 방향에서 유의미한 감소를 보였으며($p<.05$), 어깨 관절에서는 수평 방향과 수직 방향에서 역시 유의미한 감소를 보였다($p<.05$). 또한 연필 옮기기 과제에서 손목 관절의 전후, 수평 요인을 제외한 전 관절의 측 방향에서 유의미한 감소를 보였다. 3) 관절별 움직임 궤도의 변화량은 컵 옮기기 과제에서 어깨 관절과 팔굽 관절에서 유의미한 감소를 보였으며($p<.05$), 연필 옮기기 과제에서는 전 관절에서 유의미한 감소를 보였다($p<.05$).

결론 : 본 연구에서 강제유도운동치료를 삼차원 동작분석 평가를 통하여 환측 상지의 다양한 관절에서 순발력과 부드러움, 효율성의 향상을 보였다. 본 연구의 결과는 편마비 측 상지의 운동역학적 변수들의 향상을 객관적으로 보임으로서 상지 강제유도운동치료의 치료적 활용에 대한 근거를 제시한다.

주제어 : 강제유도운동치료, 뇌졸중, 동작분석

본 연구는 매지학술 연구비 지원으로 이루어짐

교신저자 : 전혜선(hyeseonj@yonsei.ac.kr)

|| 접수일: 2007. 4. 16

|| 게재승인일: 2007. 5. 16

I. 서론

심리학자인 Taub 등(1993)에 의해 소개된 강제유도운동치료는 최근 10년간 재활 연구에서 가장 독창적인 개념 중 하나로 여겨지고 있다(Smania, 2006). 강제유도운동치료는 학습된 비사용에 의한 다양한 과다 운동 장애(excess motor disability)에 대한 치료로써 다양한 질병군(뇌졸중, 불완전 척수손상, 뇌성마비, 고관절 골절, 외상성 뇌손상, 실어증, 환상통 등)에 사용되고 있다(Taub, Uswatte, Mark, & Morris, 2006).

강제유도운동치료에 대한 연구는 뇌졸중 성인 환자를 대상으로 가장 많이 이뤄지고 있으며, 대부분의 연구는 만성 뇌졸중 성인 환자를 대상으로 시행되었다(Dettmers et al., 2005; Miltner, Bauder, Sommer, Dettmers, & Taub, 1999). 최근에는 아급성기 뇌졸중 환자에게까지 그 효과가 입증되고 있다. Blanton과 Wolf(1999)는 뇌졸중 발생 후 4개월이 지난 여성 한명에게 강제유도 운동치료를 적용 후 상지 운동 기능과 일상생활에서 사용빈도 및 질의 향상을 보고 하였으며, 뇌졸중 발병 후 14일 미만의 대상자들을 대조군과 비교한 Dromerick, Edwards, & Hahn(2000)의 연구에서도 Action Research Arm Test의 전체 점수와 집기(pinch) 점수가 치료 후 향상되었다. 보다 최근에 경두개적 자기자극(Transcranial Magnetic stimulation)을 도입한 연구에서는 상지 기능의 향상과 함께 대뇌 피질, 피질하 부위의 뇌활성도의 증가가 밝혀져 이를 통해 아급성기 뇌졸중 환자에게 적용된 강제유도운동치료의 안정성과 적합성에 대한 근거를 제시하고 있다(Boake et al., 2007; Ro et al., 2006).

편마비 환자는 처음 환측의 상지로 움직임을 시도하려고 할 때 실패와 좌절감을 반복적으로 경험하게 되면서, 건측 사지나 몸통을 이용하여 부족한 움직임을 보상하는 방법을 배우게 된다. 이러한 보상 전략은 습관이 되고(Taub, Uswatte, & Pidikiti 1999) 결국은 신경학적으로 회복이 이루어짐에도 불구하고 환측 상지를 사용하지 않으려는 경향을 계속적으로 보이게 되는데 이를 '학습된 무사용 증후군(learned nonuse syndrome)'이라고 부른다(Lassek, 1953; Taub, 1976; Taub 1980). 강제유도운동치료는 학습된 비사용 이론에 행동수정적인 기법이 포함되어 건측 상지를 제한한 상태에서 환측 상지에 구체화(shaping) 기법과 반복적인 과제 중심 훈련을 통하

여 학습된 비사용을 극복하는 치료 방법이다. 간략하게 강제운동치료에는 세 가지 요인을 포함하는데 1) 환측 상지의 집중적인 훈련, 2) 실험실 환경에서 실제 생활환경으로 치료 효과의 전이를 촉진하는 전이 패키지(transfer package: 지속적인 감독 없이 실제 생활환경에서 환측 상지의 사용을 촉진하는 방법으로 점검하기(monitoring), 문제 해결하기(problem-solving), 행동 계약하기(behavioral contracting)가 있다), 3) 치료 기간 전체 동안 건측 상지의 사용을 제한하는 것이 포함된다. 최근에는 환측의 사용을 무조건 제한하는 것만으로는 치료 결과에 미치는 영향이 적고, 구체화 기법을 가미된 집중적인 훈련과 실제 환경으로의 촉진하는 전이 패키지가 포함될 때 더욱 효과적인 것으로 보고되었다(Smania, 2006).

강제유도운동치료는 Taub 등(1993)에 의해 개발되었으며, 14일 동안 건측 상지를 깨어있는 시간의 90% 동안 건측 상지에 슬링을 착용하도록 하여 건측 상지의 운동을 제한시키는 동시에, 14일 중 10일은 하루 6시간의 집중적으로 환측 상지 훈련을 실시하는 상지 운동치료 방법이다. 이러한 전통적인 강제유도운동치료에서 적용한 하루 6시간의 장시간 집중적인 치료 활동은 환자 뿐 만 아니라 치료사에게 부담을 가중시켜(Johnston, 2002; Page, Levine, Sisto, & Bond) 시간적 비용적인 측면에서 임상적 적용이 어렵다는 제한점을 가지고 있다.

강제유도운동치료의 효과를 측정하기 위해 실험실내에서 측정된 운동 기능 평가를 통한 동작의 질과 속도, 그리고 실제 생활환경에서 손상된 상지를 자발적으로 사용하는 정도 등이 주로 사용되어왔다(Taub et al., 2006). 실험실 상황에서 흔히 사용되어 온 운동기능의 평가도구로는 울프운동기능평가(Woelf Motor Function Test; WFMT)와 퓨글마이어운동평가(Fugl-Meyer Motor Assessment; FMA)가 있다. 울프운동기능평가는 강제유도운동치료의 효과를 측정하기 위해 Taub와 그의 동료에 의해 개발되어 수정된 바 있고(Morris, Uswatte, Crago, Cook, & Taub, 2001; Taub et al., 1993; Wolf, Lecraw, Barton, & Jann, 1989), 환측 상지의 움직임의 질을 평가하기 위해 훈련된 평가자에 의해 평가(6점 척도)되지만 주관적인 평가라는 제한점을 가진다(Brogardh, & Sjölund, 2006). 또한 퓨글마이어운동평가 역시 관찰적인 수단을 사용하여 여러 가지 운동 과제 수행을 설명할 수 있지만, 포함된 과제들이 일상생활에서 사용되는 기능적

인 동작이 아니며, 과제를 구성하는 움직임의 질을 정확히 분석하지 못한다는 단점을 가지고 있다(Fugl-Meyer, Jääskö, Leyman, Olsson, & Steglind, 1975).

강제유도운동치료가 실제 일상생활에 미치는 효과를 가장 잘 보여줄 수 있는 평가도구로는 운동활동측정표(Motor Activity Log; MAL)를 들 수 있다. 이 평가도구에는 환측 상지의 실제 생활환경에서 사용빈도의 측정이 포함되어 있어(Taub et al., 2006) 환측 상지제한훈련이 실제 생활환경에서의 기능 변화에 미치는 효과에 대하여 좋은 정보들을 제공할 수 있다. 최근 강제유도운동치료에 대한 연구에서 많은 부분이 실제 환경에서 환측 상지의 사용빈도의 증가에 중점을 두고 있으며 사용빈도의 증가를 보고하고 있다. 그러나 환측 상지의 기능적인 향상이 손상된 환측 상지의 운동능력의 진정한 회복에 의한 것인지 기타 기능적 대상작용에 의한 것인지 또는 환측 상지 능력이 치료 전부터 너무 좋은 연구대상자들이 포함되어서 나타난 것인지에 대한 정확한 정보를 알 수 없다는 것은 상지의 실제 생활환경내에서의 기능을 평가하는 검사도구들의 간과할 수 없는 제한점이라 생각된다. 즉, 환측 상지의 기능적인 향상이 실제로 그 환측 상지의 손상된 운동기능 자체의 회복(recovery)에 의해 기인한 것인지를 확인하는 것은 어렵다(Krakauer, 2006).

그러므로 강제유도운동치료의 효과가 보상적 움직임의 강화에 의한 것인지, 실제 회복에 의한 것인지 상세한 분석이 필요하다(Lindeman & Wright, 1998). 최근 과학기술의 발달에 따라 동작 분석을 통한 움직임의 질적 변화를 측정하는 것이 가능해 졌고 다양한 질병 군에서 유용하게 사용되고 있다(박지혁, 2005; Kamper et al., 2002; Robert & Andreas, 1997; Trombly, 1992). 또한 삼차원 동작분석은 복잡하고 다양한 상지 수행능력 평가에 있어서 각 지절과 관절의 운동형상학적 변수들의 특성에 대한 자료를 제공함으로써 다양한 운동장애 환자들의 특성을 평가하는데 효과적이라고 보고되었다(Gentilucci, Benuzzi, Gangitano, & Grimaldi, 2001; Paulignan, MacKenzie, Marteniuk, & Jeannerod, 1990). 강제운동치료의 한 형태로 정상 대상군에 비우세 손으로 글쓰기를 연습하게 한 후 운동 역학적인 변화를 본 선행 연구가 있었지만 편마비 환자를 대상으로 동작분석을 적용을 시도한 연구들이 부족한 현실이다(Lindeman & Wright, 1998).

정민예와 김정란(2006)은 26세 편마비 환자 1명을 대상으로 강제유도 운동치료효과를 동작분석을 통하여 운동의 질이 향상됨을 보고하였지만 대상자가 1명뿐이었으며 젊은 편마비 환자라는 제한점을 가졌다. 이에 본 연구에서는 보다 많은 대상자들에게 강제유도운동치료를 시행하였으며 그 효과를 삼차원 동작 분석 장치를 이용하여 과제수행의 질적 변화를 운동 형상학적 변수들의 세부적 분석을 통해 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 W시 보건소 “뇌졸중 교실” 프로그램에 참가한 편마비 환자 8명을 대상으로 실시하였다. 자연적 신경학적 회복에 의한 치료효과를 배제하기 위해 초기 기능적 회복 기간인 6개월이 지난 자를 대상으로 선정하였다(Duncan, Goldstein, Matchar, Divine, & Feussner, 1992; Miltner, Bauder, Sommer, Dettmers, & Taub, 1998). 구체적인 연구 대상 선정기준은 ① 뇌졸중으로 인한 편마비로 진단을 받은 자, ② 마비된 손으로 물체를 잡고 놓기가 가능한 자(손목을 내전, 굴곡 시킨 상태에서 손목을 최소 20° 신전, 중수수지관절(metacarpophalangeal joint)과 수근골관절(interphalangeal joint)을 최소 10° 신전시킬 수 있는 자), ③ 한국판 간이 정신상태 검사(Mini-Mental Status Examination: MMSE) 25점 이상으로 인지 손상이 없는 자, ④ 유병 기간이 6개월 이상인 자, ⑤ 독립적으로 보행이 가능한 자, ⑥ 본 연구방법에 대한 경험한 적이 없는 자로 하였다(Miltner et al., 1999).

본 연구에 참여한 대상자의 일반적 특성은 표 1과 같다.

2. 측정도구 및 방법

1) 동작분석

(1) 동작분석 자료 수집 및 분석시스템

훈련 전·후 환측 상지 동작의 운동 역학적 변화를 비교하기 위하여 실시간 삼차원 동작분석 장치인 CMS-HS(Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Germany)를 사용하였다. 이 장비는 개인용 컴퓨터, 초음파 신호를 내보내는 직경 1cm의 능동 표식자(active marker), 초음파

표 1. 대상자의 일반적 특성

대상자	연령(세)	성별	유병기간(월)	환측	진단명
1	63	여	6	우측	뇌출혈
2	68	남	144	우측	뇌경색
3	68	남	48	우측	뇌경색
4	67	남	60	좌측	뇌경색
5	71	남	24	우측	뇌경색
6	38	남	33	좌측	뇌경색
7	65	여	24	좌측	뇌경색
8	65	남	48	좌측	뇌경색

신호를 인식하는 측정감지기, 24개의 능동 표식자의 정보를 전달할 수 있는 케이블어댑터, CMS-HS 기본장비로 구성되어있다.

환측 상지의 움직임을 분석하기 위해 3개의 삼자 표식자(triple marker)를 대상자의 환측 상지에 부착하였으며 1번은 유두골(capitate), 2번은 팔꿈치 관절의 외측상과(lateral epicondyle) 3cm 아래, 그리고 3번은 견봉돌기(acromion process)와 팔꿈치 관절의 외측 중심선의 연결선상에 부착하였다(그림 1). 삼자 표식자는 수평 요인(X축), 전후방 요인(Y축), 수직 요인(Z축)에 대한 측정 및 분석이 가능하다. 표본 추출률(sampling rate)은 15 Hz이었다. 각 표식자들의 위치정보를 수집, 분석하기 위하여 Windata 2.19 프로그램(Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Germany)이 사용되었다.

실험 시작자세는 대상자가 무릎 관절 90 °굴곡, 팔꿈

관절 90°굴곡을 유지할 수 있는 높이의 책상에 앉아서, 차렷 자세를 유지하도록 하고, 대상자의 체간은 10cm 넓이의 체간벨트를 이용하여 의자 등받이에 고정시켰다.

(2) 측정 과정

본 연구에서 환측 상지의 동작 수행 능력을 평가하기 위한 과제로 컵 옮기기와 연필 옮기기 두 가지 동작을 선택하였다. 쥐기와 옮기기는 상지 동작 중 가장 기본적인 동작이며(Shumway-Cook & Woollacott, 2007), 정상적인 쥐기와 옮기기 동작의 특성은 잘 알려져 있다(Utley, Steenbergen, & Sugden, 2005; Volman, Wijnroks, & Vermeer, 2002). 따라서 본 실험에서는 정상동작의 특성과 방법론에 비교적 잘 연구되어 있는 물체를 쥐고 옮기는 동작을 선택하였다. 또한 강제유도운동 훈련에 의한 편마비 환자의 상지 동작의 변화를 크기



그림 1. 동작분석 측정 자세

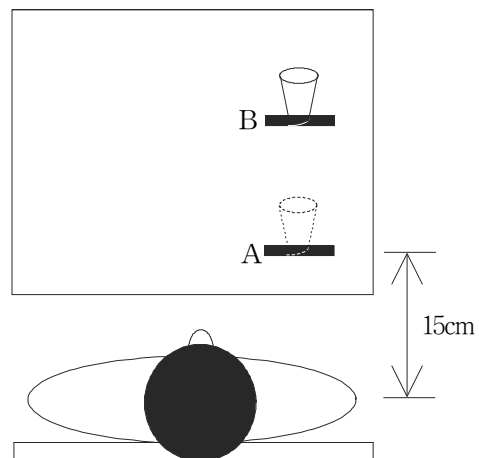


그림 2. 동작 분석을 위한 상지과제

와 쥐는 방법이 다른 두 물체를 쥐고 옮기는 능력을 통해 측정하기 위해 정교한 맞잡기(opposition) 쥐기 동작이 필요한 연필 옮기기와 원통 쥐기(cylindric grip)가 필요한 컵 옮기기를 선정하였다. 컵 옮기기 과제는 차렷 자세에서 A 지점에 놓인 지름 6cm 컵을 원통 쥐기로 잡아, 잡은 물체를 B지점에 놓은 후, 다시 차렷 자세로 위치하도록 하였으며, 연필 옮기기 과제 수행 역시 차렷 자세에서 시작하여 A 지점에 놓인 지름 0.8cm 연필을 집어 쥐기(pinch grip)를 사용하여 잡아, 잡은 물체를 B 지점에 놓은 후, 다시 차렷 자세로 돌아오도록 지시하였다. 과제는 3회 반복 수행되었고 각 수행 사이에는 2분간의 휴식시간이 주어졌다.

대상자의 체간 움직임으로 인한 영향을 최소화하기 위해 B 지점까지의 거리는 대상자 팔 길이(액와에서 손목까지 거리)의 70% 거리로 하였다(유원규, 박지혁, 유은영, 신혜경과 최종덕, 2004). 과제 시작 시 물체가 놓인 지점(A)은 환측 상지의 견관절 0도와 주관절을 90도 굴곡 시킨 자세에서 체간과 책상과의 거리가 15cm가 되도록 하여 정하였다(그림 2). A 지점과 B 지점은 모두 환측 액와와 평행선상에 위치하도록 하였다.

(3) 측정 변수

수집된 표식자 데이터는 3DAWIN 1.02 삼차원 동작 분석 프로그램을 이용하여 분석하였다(Marquardt, 2001). 강제유도운동 치료에 의한 대상자들의 상지 동작의 변화를 측정하기 위해 치료 전·후의 각 관절별 움직임의 순발력, 부드러움, 이동거리의 효율성을 측정하였다. 움직임의 순발력은 컵과 연필 옮기기 과제 수행 시 컵과 연필을 쥐는 구간과 내려놓는 구간에서 최대 속도까지의 소요시간이며 시간이 짧을수록 순발력이 좋음을 의미한다. 움직임의 부드러움은 과제 수행 동안에 움직임의 변동 정도를 대변하는 속도반전의 수(number of inversion velocity)로 정의하였다. 이러한 속도반전은 대상자가 과제 수행 동안에 궤도를 수정하기 위한 머뭇거릴 때 나타나므로 속도 반전 수의 감소는 움직임이 보다 매끄러워 졌음을 의미한다. 그리고 관절별 이동거리의 효율성은 관절별 움직임 궤적의 총 변화량으로 정의하였는데, 총 변화량이 감소할수록 이동거리의 효율성이 향상되었음을 시사한다.

3. 실험과정

1) 교육

대상자에게 강제유도운동치료에 대한 이해를 돕고 실제 생활환경에서 환측 사용을 촉진시키기 위하여 본 치료 방법의 목적, 환측 사용의 중요성, 병어리 장갑 착용의 의미 및 건축 제한 시간을 지켜야 하는 이유 등을 환자가 이해하고 동의할 수 있도록 상세하게 교육하였다.

2) 강제유도운동치료

본 실험에서는 비용부담이 적고, 적은 수의 치료사들로 운영이 가능한 지역사회 집단 프로그램으로 활용 가능한 강제유도운동치료를 개발하기 위해, 2주간 주 5회, 하루 두시간의 환측 상지의 집중훈련을 제공하였고, 모든 대상자들은 깨어있는 시간의 90% 동안 건축 상지에 병어리 장갑을 착용하도록 하였다. 건축의 제한은 잠자기, 목욕하기 및 안전을 위협하는 활동 등을 제외하고 대부분의 활동에서 적용하였다. 또한 환측 상지의 집중 치료는 소동작 운동, 대동작 운동, 그리고 일상생활 연습에 해당되는 다양한 과제들을 실시하였으며, 대상자의 상지 기능에 따라 난이도를 적합하게 조절하여 제시하였다. 50분 동안 훈련 후 10분의 휴식을 갖도록 하였고 휴식시간에는 고정했던 팔을 풀어주었으며, 이 과정을 2회 반복하였다.

4. 분석방법

본 연구에서는 실험군의 실험 전·후 변인의 차이를 검증하기 위하여 윌콕슨 쌍대비교(Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test)를 이용하였다. 자료의 통계처리를 위해 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) 12.0 프로그램을 사용하였고, 통계학적 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 관절별 움직임의 순발력

치료 전·후 컵 잡기 동작구간에서 어깨 관절, 팔굽

관절, 손목 관절 모두 다 최대 속도 도달시간의 유의미한 감소를 보였으며($p=.01$, $p=.01$, $p=.05$), 컵 놓기 동작 구간 역시 전 관절에서 최대 속도 도달시간의 유의미한 감소를 보여 순발력이 향상됨을 알 수 있다($p=.05$, $p=.03$, $p=.03$)(표 2).

연필 잡기 동작구간의 전체 관절에서 모두 통계적으로 유의미한 감소를 보이지 않았으며, 내려놓기 동작의 어깨 관절에서만 유일하게 유의미한 감소를 보였다($p=.05$)(표 2).

2. 관절별 움직임의 부드러움

연필 옮기기 과제 수행에서는 어깨 관절과 팔굽 관절의 모든 축 방향에서 유의미한 감소를 보여 움직임이 부드러워 졌으며($p<.05$), 손목 관절에서는 수직에서만 속도 반전의 수가 통계적으로 유의미한 감소를 보였다($p=.03$)(표 3). 자세한 내용은 표.3에 제시되어있다.

3. 관절별 이동거리의 효율성

관절별 이동거리의 효율성은 실제 움직임 궤적의 변화량을 통하여 측정하였으며, 컵 옮기기 과제에서 어깨 관절과 팔굽 관절에서 유의미한 감소를 나타내었으며($p=.025$, $p=.012$), 연필 옮기기 과제에서는 전 관절에서 유의미한 감소를 보여 이동거리의 효율성이 높아졌음을 알 수 있다($p=.012$, $p=.012$, $p=.024$)(표. 4).

표 2. 관절별 최대 속도 도달시간

(단위: ms)

변 수			치료 전(M±SD)	치료 후(M±SD)	Z	p
컵 옮기기	잡기 구간	어깨 관절	807.50±113.58	633.33±131.65	-2.52	.01*
		팔굽 관절	770.22±119.61	632.41±126.08	-2.38	.01*
		손목 관절	757.11±157.68	671.94±142.37	-1.96	.05**
	놓기 구간	어깨 관절	758.27±67.71	549.98±193.80	-1.96	.05**
		팔굽 관절	756.31±75.37	528.08±190.84	-2.10	.03**
		손목 관절	769.58±71.74	525.74±189.17	-2.10	.03**
연필 옮기기	잡기 구간	어깨 관절	817.15±120.69	697.56±78.84	-1.54	.12
		팔굽 관절	748.17±118.52	663.51±146.97	-.98	.32
		손목 관절	754.16±128.27	663.51±146.87	-.98	.32
	놓기 구간	어깨 관절	605.38±244.24	541.44±171.71	-.42	.67
		팔굽 관절	635.02±204.26	607.62±122.68	-.98	.32
		어깨 관절	688.32±133.14	599.81±109.99	-1.96	.05*

* $p<.01$, ** $p<.05$

표 3. 관절별 속도 반전의 수

(단위: n)

변 수			치료 전(M±SD)	치료 후(M±SD)	Z	p
컵 웁기기	어깨 관절	수평축	32.87±18.24	14±4.84	-2.11	.03**
		전후축	35.37±22.65	11.62±4.49	-2.36	.01*
		수직축	38.37±29.07	12.75±2.81	-1.18	.02**
	팔굽 관절	수평축	31.12±20.5	12.5±4.76	-1.68	.09
		전후축	36.37±20.91	12.75±6.49	-2.19	.02**
		수직축	36.25±29.50	30.25±49.51	-1.12	.26
	손목 관절	수평축	37.87±24.03	16±6.16	-1.60	.10
		전후축	37±24.70	13.62±5.76	-2.19	.02**
		수직축	38.87±27.96	13.5±3.20	-1.69	.09
연필 웁기기	어깨 관절	수평축	18.62±7.33	10.25±5.40	-2.20	.02**
		전후축	16.87±11.37	10.37±7.29	-2.20	.03**
		수직축	19.62±14.67	16.37±12.63	-1.70	.02**
	팔굽 관절	수평축	18.62±8.91	12.75±5.53	-2.13	.02**
		전후축	16.5±10.59	10.12±7.63	-2.20	.02**
		수직축	18.12±15.93	13.37±9.86	-1.52	.01*
	손목 관절	수평축	19.75±10.77	14.75±11.11	-2.20	.08
		전후축	17.75±11.00	11.12±9.46	-2.37	.12
		수직축	21.75±14.30	15.25±13.24	-2.12	.03**

X축: 수평 요인; Y축: 전후방 요인; Z축: 수직 요인

*p<.01, **p<.05

표 4. 관절별 움직임 궤적의 총 변화량

(단위: mm)

			치료 전(M±SD)	치료 후(M±SD)	Z	p
컵 웁기기	어깨 관절		645.87±199.39	483.12±247.68	-2.240	.025**
	팔굽 관절		915.98±655.34	479.91±240.74	-2.521	.012**
	손목 관절		902.53±174.59	1680.35±2809.85	-1.400	.161
연필 웁기기	어깨 관절		756.27±149.06	596.77±146.70	-2.521	.012**
	팔굽 관절		939.61±498.45	575.22±132.10	-2.521	.012**
	손목 관절		1121.62±339.47	817.87±205.13	-2.240	.025**

**p<.05

IV. 고 찰

본 연구는 강제유도운동치료에 의한 움직임의 질의 변화를 삼차원 동작 분석을 통하여 각 관절별로 움직임의 순발력, 부드러움, 효율성을 보고자 하였다. Taub 등에 의해 소개된 전통적인 강제유도운동치료 프로그램이 사용되었으며 삼차원 동작 분석 과제로 컵과 연필 옮기기를 선택하여 움직임을 역학적으로 분석하였다(박지혁, 2005; 유원규, 박지혁과 김민희, 2005; 정민예와 김정란, 2006; Taub et al., 1993).

본 연구에서는 두 가지 과제(컵, 연필 옮기기)에서 3가지의 변인을 측정하였다. 첫 번째, 움직임의 순발력으로 최대 속도 도달시간, 두 번째로 움직임의 부드러움으로 속도 반전의 수, 마지막으로 움직임의 효율성으로 움직인 궤적의 총 변화량이다. 동작 분석 시스템을 이용한 선행 연구들에서는 최고 각속도, 최고 각속도 도달 시간, 각가속도, 각가속도 변화, 수행시간, 움직인 각의 합 등이 사용되었다(Gasser-Wieland & Rice, 2002; Maitra et al., 2003; Rice, Almo, & Cook, 1999). 본 연구는 Kamper et al.(2002)와 박지혁(2005)의 연구에 기초하여 뇌졸중 환자의 편측 마비로 인한 움직임의 질적 변화를 측정하기 위하여 팔 뻗기 과제에서 움직임의 순발력, 움직임의 부드러움 그리고 궤적의 길이를 선택하였다. 또한 기존 연구에서 사용한 각속도와 각가속도의 경우 오차확률이 증가하고 단일 표식자로 측정할 경우 관절별로 한 가지 축 방향에서만 측정이 가능하여 본 연구에서는 삼자 표식자로 다양한 축방향의 변화를 보고자 하였으며 오차를 줄이고자 속도를 사용하였다(Marquardt, 2001).

본 연구의 결과는 측정 변수별, 과제별로 복합적으로 분석할 필요가 있다. 첫 번째로 관절별 최대 속도 도달시간(순발력)은 컵 옮기기 전 구간의 어깨 관절에서 치료 전·후의 유의미한 차이가 있었으며, 연필 옮기기 경우에는 놓기 구간 중 어깨 관절에서 유의미한 향상을 보였다.

두 번째 측정 변수인 관절별 속도 반전의 수는 움직임의 부드러움에 대한 측정 변수로써 자동화된 움직임에서 속도 그래프는 좌우 대칭의 종형 곡선을 그리며 한 개의 속도 최고점(velocity peak)를 가지게 된다(Marquardt, 2001). 하지만 뇌졸중 환자와 소뇌 손상 환자 등 운동 기능에 손상이 있는 경우 불규칙한 형태의 속도 그래프를

그리며 여러 개의 속도 최고점을 나타내게 된다. 움직임의 부드러움은 속도 최고점의 개수를 세어 보다 적은 최고점의 수를 보일 때 향상된 것으로 판단한다. 관절별 속도 반전의 수는 컵 옮기기 과제에서 어깨관절의 전체 축 방향과 팔굽 관절의 전후 방향, 손목 관절 역시 전후 방향에서 유의미한 변화를 보였다. 그리고 연필 옮기기 과제에서는 손목관절의 수평 방향과 수직 방향을 제외한 전 관절, 전체 축 방향에서 유의미한 향상을 보였다.

세 번째 측정 변수는 움직임의 효율성을 보기 위해 관절별 움직임 궤적의 총 변화량을 보았다. 관절별 궤적의 총 변화량은 자동화된 움직임에서 가장 짧은 거리를 보이며 움직임에 변동이 있을 경우 궤적의 총 변화량은 증가되게 된다. 본 연구에서는 컵 옮기기에서 손목 관절을 제외하고 컵, 연필 옮기기 두 과제, 전 관절부위에서 향상됨을 보였다.

정리하면 움직임의 순발력(관절별 최대 속도 도달시간)은 컵 옮기기에서 주요한 향상을 보였으며 연필 옮기기에서는 향상 정도가 의문시 된다. 움직임의 부드러움(관절별 속도 반전의 수)은 컵 옮기기 과제와 연필 옮기기 과제 둘 다에서 향상됨을 보였으며 연필 옮기기에서 보다 뚜렷하였고, 원위부 관절로 갈수록 유의하게 변화된 영역이 감소하였다. 움직임의 효율성(관절별 궤적의 총 변화량)은 컵 옮기기, 연필 옮기기 두 과제에서 향상되었으며 컵 옮기기에서 손목 관절에서만 유의한 변화를 보이지 않았다.

Molteni et al.(2006)의 연구에서 삼차원 동작 분석 장치는 강제유도운동치료의 효과를 점검하는 방법으로써 적합하다고 말하였다. Molteni et al.(2006) 역시 삼차원 동작 분석 과제로 팔 뻗기를 사용하였으며, 움직임 지속 시간, 팔꿈치 관절의 평균 각속도, 가속의 주기계수(coefficient of periodicity), 그리고 normalized jerk 변수에서 치료 전후와 3개월 사후 점검에서 향상을 보였다. 정민예와 김정란(2006)의 연구에서는 본 연구와 동일한 삼차원 동작 분석 장치를 사용하였으며, 전체 관절의 최대 속도의 평균값을 측정하여 치료 전·후의 향상을 보였다. 정민예와 김정란(2006)의 연구에 따르면 컵 옮기기 과제보다 연필 옮기기 과제에서 보다 두드러진 향상을 보였으며 본 연구에서도 관절별 최대 속도 도달시간을 제외하고 연필 옮기기 과제에서 속도 반전의 수와 궤적의 총 변화량이 보다 많은 항목(관절별, 축별)에서 유의

미한 향상을 보이고 있다. 정민예와 김정란(2006)은 이에 대하여 연필 잡기는 컵 잡기보다 더 세밀한 손기능, 즉 엄지를 사용하여 다른 손가락들과 맞잡는(opposition) 쥐기가 필요하기 때문일 것이라 제안하고 있다. 본 연구에서 사용한 연필의 지름은 0.8cm였고, 컵의 지름은 6cm였다. 또한 모든 대상자들이 연필은 집어 쥐기(pinch grip)을 이용하여 잡았고, 컵은 원통 쥐기 패턴(cylindric grip pattern)으로 잡았기 때문에 동작과 대상물의 특성상 연필잡기 동작이 컵 잡기 동작에 비해 fine motor activity였다. 또한 집어 쥐기를 위해서는 미세 관절에 해당되는 손목손허리 관절과 손허리손가락관절 그리고 손가락뼈사이 관절에서 굽힘, 벌림, 축회전이 함께 일어나는 복합적인 움직임이 필요하다(Cooney, Lucca, Chao, & Linscheid, 1981).

본 연구에 비추어 컵 옮기기의 경우 어깨 관절에서 전체 영역에 향상됨을 보이지만 손목과 팔굽 관절에서는 속도 반전의 수에서 전후 방향에서만 유의미한 향상을 보이고 궤적의 총 변화량도 손목 관절에서 유의미하지 않은 결과를 보였다. 이것은 컵 옮기기의 경우 원위 관절로 갈수록 향상 정도가 떨어짐을 말하는 것이며 컵 옮기기 과제와 특성상 원위부의 향상 정도를 반영하지 못함을 의미할 수도 있다. 반면에 연필 옮기기의 경우 관절별 최대 속도 도달시간을 제외하면 컵 옮기기보다 많은 항목에서 유의미한 향상을 보였다. 이것은 정민예와 김정란(2006)의 연구에서와 같은 결과이며 보다 섬세한 동작이 필요한 연필 옮기기 과제에서 강제유도운동치료 효과가 보다 잘 나타날 수 있다는 것에 일치할 보였다.

정민예와 김정란(2006)의 연구에서처럼 움직임의 순발력을 측정하기 위한 변수인 최대속도 도달시간의 경우 다른 두 가지 변수의 결과와는 달리 연필 옮기기 과제보다 컵 옮기기 과제에서 보다 뚜렷한 향상을 보였다. 이는 아마도 컵 잡기보다 연필 잡기 과제가 더 어려웠기 때문에 최대 속도 도달 시간의 전·후에 유의한 차이가 없었을 것이다. 치료기간을 2주보다 좀 더 연장하였다면 연필을 잡고 놓는 구간 모두에서 어깨 관절의 순발력이 향상되어 유의한 차이를 보였을 것이라고 생각된다.

본 연구의 제한점은 대부분의 강제유도운동치료의 연구에서 지적받는 것과 같이 대상자의 선정기준에 합당한 대상자 수가 적어 8명의 대상자로 실험을 하였기 때문에 연구결과의 통계적 유의성의 type II error를 배제할

수 없다는 것이다. 또 다른 제한점은 Baker et al. (2003)이 상지의 효과적인 동작 분석을 위하여 각 관절별 3가지 움직임 면에서의 동작 분석 방법이 효과적이라고 하였으나 강제운동 치료의 효과 유무를 좀 더 효과적으로 분석하기 위해서는 3차원적 관절의 움직임에 결과 제시가 필요하다고 사료 된다. 하지만 많은 선행연구에서 강제유도운동치료에 의한 움직임의 질적 향상을 보고하고 있으며, 이는 본 연구에서 보인 움직임의 질적 향상이 기존 연구에서 제시한 자료에 추가하여 보다 강한 증거로 제시될 수 있을 것이다. 또한 깨어있는 시간의 90% 동안 장갑, 보조기 등을 사용하여 건측의 사용을 제한하여야 하기 때문에 치료기간(2~4주)동안 많은 인내와 노력을 필요로 한다는 어려움이 있다. 또한 매일 긴 시간의 집중적인 개별 훈련을 하기 위해서는 많은 시간과 인력을 필요로 하기 때문에 병원 환경에서 적용하기에는 현실적으로 많은 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서와 같이 보건소나 지역사회 차원 장애인 운동 프로그램에서 집단 치료 적용하는 것이 보다 비용적인 면에서나 환경적인 측면에서 적절하다고 사료된다. 다만 강제유도운동치료는 뇌졸중 환자의 발병기간이 6개월 이상의 아급성기 재활단계의 환자를 대상으로 의학적으로 안정된 편마비환자를 선별하는 것이 중요할 것으로 생각된다.

많은 연구에서 강제유도운동치료에 의한 상지기능의 향상에 대하여 보고하고 있다. 최유임(2004)과 정민예와 김정란(2006)의 연구는 강제유도 운동치료가 일상생활 기능의 향상에도 도움이 된다고 보고 한 것을 토대로 강제유도운동치료가 일상생활 측면에서 상지기능향상에 미치는 영향에 대한 더 많은 연구가 다각적인 측면에서 수행되어야 할 것이다. 또한 강제유도운동치료를 받지 않고 일반적인 재활치료를 받거나 또는 치료를 받지 않은 편마비 대조군과의 비교를 통해 향상 수준을 제시하는 연구도 필요할 것이다.

본 연구는 8명의 편마비 환자를 2주간 지역사회 프로그램 통하여 적용을 하였는데 의의가 있다. 또한 지역사회 프로그램에서도 대상자들의 적극적인 참여가 가능하였으며 성공적으로 모든 대상자들이 2주간의 치료에 참여할 수 있었다. 앞으로도 많은 전문가들의 관심을 통하여 재활치료단계가 지난 만성뇌졸중환자의 운동치료 프로그램의 하나로 발전시키는 노력이 필요하다고 생각

된다. 강제유도운동치료의 효과 측정에 사용되어지고 있는 운동 기능 평가들과 함께 동작분석을 한다면 보다 효율적일 것이며 일상생활에서 상지기능의 향상을 확인하는 연구 또한 강제유도운동치료의 효과를 확인하는데 더욱 중요한 의미가 있을 것이다.

V. 결 론

본 연구는 강제유도운동치료에 대한 효과를 삼차원 동작 분석을 통해 운동 역학적인 변화를 제시하였다. 뇌졸중 환자 8명에게 건측 상지를 제한한 2주간, 주5회 두 시간씩 소동작, 대동작, 일상생활 훈련에 관한 다양한 과제를 집중적으로 훈련을 한 후 치료 전후 측정값을 비교하였다. 삼차원 동작 분석을 통하여 강제유도운동치료가 환측 상지 움직임의 순발력, 부드러움, 효율성에서 향상됨을 입증하였고, 보다 세밀한 과제가 강제유도운동치료의 상지 기능을 좀 더 합당하게 평가할 수 있음을 제시하였다.

참 고 문 헌

- 박지혁(2005). *단순발성이 편마비 환자의 팔뻗기 움직임에 미치는 영향*. 석사학위논문, 연세대학교, 서울.
- 유원규, 박지혁, 유은영, 신혜경, 최종덕(2004). 팔뻗기 과제 수행시 수행거리가 체간과 팔의 움직임에 미치는 영향. *대한작업치료학회지*, 12(2), 61-71.
- 유원규, 박지혁, 김민희(2005). 다양한 양측 팔뻗기 작업 수행시 팔뻗기 속도와 수직이동거리. *대한작업치료학회지*, 13(2), 41-49.
- 정민예, 김정란(2006). 삼차원 동작분석과 내담자 중심(client-centered)의 일상생활활동평가를 통한 편마비환자의 강제유도운동치료효과: 증례연구. *재활복지*, 10(2), 156-176.
- 최유임(2004). *강제유도운동치료가 뇌졸중 환자의 상지 기능 및 일상생활활동에 미치는 영향*. 석사학위논문, 연세대학교, 서울.
- Baker, K. M., Wang, M., Cao, K., Lipsey, J., Long, J. T., Reiners, K., et al. (2003). Biomechanical system for the validation of walker-assisted gait in children: Design and preliminary application. *Engineering in Medicine and Biology Society*, 2, 1851-1854.
- Blanton, S., & Wolf, S. L. (1999). An application of upper-extremity constraint-induced movement therapy in a patient with subacute stroke. *Physical Therapy*, 79(9), 847-853.
- Brogrdh, C., & Sjlund, B. H. (2006). Constraint-induced movement therapy in patients with stroke: A pilot study on effects of small group training and of extended mitt use. *Clinical Rehabilitation*, 20(3), 218-227.
- Boake, C., Noser, E. A., Ro, T., Baraniuk, S., Gaber, M., Johnson, R., et al. (2007). Constraint-induced movement therapy during early stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 21(1), 14-24.
- Cooney, W. P., Lucca, M. J., Chao, E. Y., & Linscheid, R. L. (1981). The kinesiology of the thumb trapezometacarpal joint. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 63(9), 1371-1381.
- Dettmers, C., Teske, U., Hamzei, F., Uswatte, G., Taub, E., & Weiller, C. (2005). Distributed form of constraint-induced movement therapy improves functional outcome and quality of life after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(2), 204-209.
- Dromerick, A. W., Edwards, D. F., & Hahn, M. (2000). Does the application of constraint-induced movement therapy during acute rehabilitation reduce arm impairment after ischemic stroke? *Stroke*, 31(12), 2984-2988.
- Duncan, P. W., Goldstein, L. B., Matchar, D., Divine, G. W., & Feussner, J. (1992). Measurement of motor recovery after stroke. Outcome assessment and sample size requirements. *Stroke*, 23(8), 1084-1089.
- Fugl-Meyer, A. R., Jääskö, L., Leyman, I., Olsson, S., & Steglind, S. (1975). The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 7(1), 13-31.

- Gentilucci, M., Benuzzi, F., Gangitano M., & Grimaldi, S. (2001). Grasp with hand and mouth: A kinematic study on healthy subjects. *Journal of Neurophysiology*, 86, 1685 - 1699.
- Gesser-Wieland, T., & Rice, M. (2002). Occupational embeddedness during a reaching and placing task with survivors of cerebral vascular accident. *Occupational Therapy Journal of Research*, 22(4), 153-160.
- Kamper, D. G., McKenna-Cole, A. N., Kahn, L. E., & Reinkensmeyer, D. J. (2002). Alterations in reaching after stroke and their relation to movement direction and impairment severity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(5), 702-707.
- Krakauer, J. W. (2006). Motor learning: Its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. *Current Opinion in Neurology*, 19(1), 84-90.
- Kunkel, A., Kopp, B., Mller, G., Villringer, K., Villringer, A., Taub, E., et al. (1999). Constraint-induced movement therapy for motor recovery in chronic stroke patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(6), 624-628.
- Lassek A. M. (1953). Inactivation of voluntary motor function following rhizotomy. *Journal of Neuropathology Experimental Neurology*, 12(1), 83-87.
- Lidemann, P. G., & Wright, C. E. (1998). Skill acquisition and plans for actions: Learning to write with your other hand. In S. Sternberg & D. Scarborough (Eds.), *Invitation to cognitive science: Methods, models, and conceptual issues*. (2nd ed., pp. 523-584). Cambridge, MA: MIT press.
- Maitra, K., Curry, D., Gamble, G., Martin, M., Phelps, J., Santisteban, M., et al. (2003). Using speech sounds to enhance occupational performance in young and older adults. *Occupational Therapy Journal of Research*, 23(1), 35-44.
- Mark, V. W., Taub, E., & Morris, D. M. (2006). Neuroplasticity and constraint-induced movement therapy. *Europa Medicophysica*, 42(3), 269-284.
- Mark, V. W., & Taub, E. (2004). Constraint-induced movement therapy for chronic stroke hemiparesis and other disabilities. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 22(3-5), 317-336.
- Marquardt, C. (2001). *3DAWin Version 1,0 Operating Manual*. München: C. Medicom.
- Miltner, W., Bauder, H., Sommer, M., Dettmers, C., & Taub, E. (1998). Motor cortex plasticity for motor recovery after stroke. *Neurorehabilitation*, 9, 29-43.
- Miltner, W. H., Bauder, H., Sommer, M., Dettmers, C., & Taub, E. (1999). Effects of constraint-induced movement therapy on patients with chronic motor deficits after stroke: A replication. *Stroke*, 30(3), 586-592.
- Molteni, F., Caimmi, M., Carda, S., Giovanzana, C., Magoni, L., Rossini, M., et al. (2006). Kinematic upper limb analysis in stroke patients undergoing constraint-induced movement therapy: 3-Month follow-up. *Gait & posture*, 24S, S42-S43.
- Morris, D. M., Taub, E., & Mark, V. W. (2006). Constraint-induced movement therapy: Characterizing the intervention protocol. *Europa Medicophysica*, 42(3), 257-268.
- Morris, D. M., Uswatte, G., Crago, J. E., Cook, E. W., & Taub, E. (2001). The reliability of the wolf motor function test for assessing upper extremity function after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(6), 750-755.
- Page, S. J., Levine, P., Sisto, S., Bond, Q., & Johnston, M. V. (2002). Stroke patients' and therapists' opinions of constraint-induced movement therapy. *Clinical Rehabilitation*, 16(1), 55-60.
- Paulignan Y., MacKenzie C., Marteniuk R., & Jeannerod M. (1990). The coupling of arm and finger movements during prehension. *Experimental Brain Research*, 79, 431-435.
- Rice, M., Alaimo, A., & Cook, J. (1999). Movement dy-

- namics and occupational embeddedness in a grasping and placing task. *Occupational Therapy International*, 6(4), 298 - 307.
- Riener, A., & Straube, E. (1997). Inverse dynamics as a tool for motion analysis: Arm tracking movements in cerebellar patients. *Journal of Neuroscience Methods*, 72, 87-96.
- Ro, T., Noser, E., Boake, C., Johnson, R., Gaber, M., Speroni, A., et al. (2006). Functional reorganization and recovery after constraint-induced movement therapy in subacute stroke: Case reports. *Neurocase*, 12(1), 50-60.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2007). *Motor control: Translating research into clinical practice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Smania, N. (2006). Constraint-induced movement therapy: An original concept in rehabilitation. *Europa Medicophysica*, 42(3), 239-240.
- Sterr, A., Elbert, T., Berthold, I., Klbel, S., Rockstroh, B., & Taub, E. (2002). Longer versus shorter daily constraint-induced movement therapy of chronic hemiparesis: An exploratory study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(10), 1374-1377.
- Taub E. (1976). Movement in nonhuman primates deprived of somatosensory feedback. *Exercise and Sport Science of Reviews*, 4, 335-374.
- Taub E. (1980). Somatosensory deafferentation research with monkeys: Implications for rehabilitation medicine. In L. P. Ince (Ed.), *Behavioral Psychology in Rehabilitation Medicine: Clinical applications* (pp. 371-401). New York: Williams & Wilkins.
- Taub, E., Miller, N. E., Novack, T. A., Cook, E. W., Fleming, W. C., Nepomuceno, C. S., et al. (1993). Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74(4), 347-354.
- Taub, E., Pidikiti, R. D., DeLuca, S. C., & Cargo, J. E. (1996). Effect of motor restriction of an unpaired upper extremity and training on improving functional task and altering brain/behavior. In J. Toole (Ed.), *Imaging and neurologic rehabilitation*. New York: Demos Publications.
- Taub E., Uswatte G., & Pidikiti, R. (1999). Constraint-induced movement therapy: A new family of techniques with broad application to physical rehabilitation-A clinical review. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 36(3), 237-251.
- Taub, E., Uswatte, G., Mark, V. W., & Morris, D. M. (2006). The learned nonuse phenomenon: Implications for rehabilitation. *Europa Medicophysica*, 42(3), 241-256.
- Taub, E., Uswatte, G., King, D. K., Morris, D., Crago, J. E., & Chatterjee, A. (2006). A placebo-controlled trial of constraint-induced movement therapy for upper extremity after stroke. *Stroke*, 37(4), 1045-1049.
- Trombly, C. A. (1992). Deficits of reaching in subjects with left hemiparesis: A pilot study. *American Journal of Occupational Therapy*, 46(10), 887-897.
- Utley A., Steenbergen B., & Sugden D. A. (2005). The influence of object size on discrete bimanual coordination in children with hemiplegic cerebral palsy. *Pediatric Research*, 58(3), 586-593.
- Volman M. J., Wijnroks A., & Vermeer A. (2002). Effect of task context on reaching performance in children with spastic hemiparesis. *Clinical Rehabilitation*, 16, 684-692.
- Wolf, S. L., Winstein, C. J., Miller, J. P., Taub, E., Uswatte, G., Morris, D., et al. (2006). Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke: The EXCITE randomized clinical trial. *Journal of the American Medical Association*, 296(17), 2095-2104.
- Wolf, S. L., Lecraw, D. E., Barton, L. A., & Jann, B. B. (1989). Forced use of hemiplegic upper ex-

tremities to reverse the effect of learned nonuse among chronic stroke and head-injured patients. *Experimental Neurology*, 104(2), 125-132.

Wolf, S. L., Thompson, P. A., Morris, D. M., Rose, D. K., Winstein, C. J., Taub, E., et al. (2005). The EXCITE trial: Attributes of the wolf motor function test in patients with subacute stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 19(3), 194-205.

Abstract

The Effect of Constraint-Induced Movement Therapy on Persons With Stroke Evaluated by Using 3D Motion Analysis

Jung, Min-Ye*, Ph.D., O.T., Jun, Hye-Seon**, Ph.D., P.T., Park, Heung-Seok***, B.H.Sc., O.T., Choi, Mun-Seok***, B.H.Sc., P.T., Kim, Jung-Ran***, B.H.Sc., O.T., Yoo, Eun-Young*, Ph.D., O.T.

*Dept, of Occupational Therapy, College of Health Science, Yonsei University

**Dept, of Physical Therapy, College of Health Science, Yonsei University

***Dept, of Rehabilitation Therapy, Graduate School of Yonsei University

Objective : The purpose of this study was to investigate the effect of constraint-induced movement therapy (CIMT) on the affected upper extremity's kinematic changes for persons with stroke using motion analysis.

Methods : Eight persons with hemiparesis had participated in CIMT for two weeks. All subjects performed cup shift and pencil shift tasks. For each task, subjects were asked to reach to a cup/or pencil, grasp, move forward, and replace it by releasing. To determine the changes of kinematic parameters by CIMT during the two upper extremity tasks, motion data were collected and analyzed using a 3-D motion analysis system(CMS-HS [Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Germany]). The movement's agility and smoothness, the trace distance's efficiency, the time to maximum velocity arrival, and the numbers of inversion velocity of shoulder, elbow, and wrist joints were compared between pre and post training.

Results : First, the time to maximum velocity during reaching and placing of cup at all three joints was significantly decreased from the pre-intervention to the post-intervention($p<.05$). However, during the relatively small hand task, pencil shift task, the time to maximum velocity was significantly decreased only at the shoulder joint. Second, during the cup shift task, the inversion velocity in anteroposterior direction was significantly decreased at all joints($p<.05$). However, the inversion velocity at shoulder joint was significantly decreased only in horizontal and vertical direction($p<.05$). The inversion velocity during the pencil shift task was significantly decreased after the training in all directions at the shoulder and elbow joints, however, there was no significant change in anteroposterior and horizontal direction at wrist joint. Finally, the trace distance's efficiency measured by the variation of the movement trajectory during the cup shift task was significantly decreased at the shoulder and elbow joint($p<.05$), and it was significantly decreased at all joints during the pencil shift task($p<.05$).

Conclusion : The results of this study indicated that CIMT showed improved agility, smoothness, and efficiency of the affected upper extremity. Therefore, this study provides a qualitative evidence of the effectiveness of the CIMT as a useful method to improve the affected upper extremity's motor function.

Key Words : CIMT, Kinematic analysis, Stroke