

## 편측 뇌손상 환자에서 동측 상지의 근위부 및 원위부의 운동 결함에 관한 분석

권용현

대구대학교 대학원 재활과학과

최진호

강릉영동대학 물리치료과

신화경

가야대학교 자연과학대학 작업치료학과

배대석

영남대학교의료원 신경정신과 임상심리실

### Abstract

## Ipsilesional Movement Deficit of Proximal & Distal Upper Extremity in Patients With Unilateral Brain Damage

**Kwon, Yong-hyun, M.Sc., P.T.**

Dept. of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University

**Choi, Jin-ho, Ph.D., P.T.**

Dept. of Physical Therapy, Gangneung Yeongdong College

**Shin, Hwa-kyung, M.Sc., P.T.**

Dept. of Occupational Therapy, College of Natural Science, Kaya University

**Bai, Dai-seg, Ph.D.**

Division of Clinical Psychology, Yeungnam University Medical Center

The purpose of this study was to analyze the presence of ipsilesional movement deficit, with segmental performance in each proximal or distal upper extremity. The visuoperceptual complex task of the ipsilesional upper extremity was investigated in patients with unilateral brain damage and a control group of healthy sex-age-matched controls. Tracking movements were tested in the proximal and distal upper extremities. Movements were measured by the accuracy index, which was normalized to each subject's own range of motion and took into account any differences between subjects in the excursion of the tracking target. The findings revealed that stroke patients experienced difficulties with tracking movement of both proximal and distal segments in the upper extremities on the so-called "non-affected side", irrespective of the extent of patient's age, time since onset, or severity of contralateral upper extremity. Therefore, the unilateral brain damage affected ipsilateral motor function of the proximal and distal upper limbs in the performance of complex motor tasks, requiring central processing and the higher order cognitive function in the integrity of both hemispheres.

**Key Words:** Ipsilesional movement deficit; Tracking movement; Unilateral brain damage.

## I. 서론

뇌졸중은 암을 제외하고 사망률이 가장 높은 질환으로, 2002년의 통계에 의하면 100,000명당 77명에 이르고 있다(Kim, 2004). 생존자는 뇌졸중 후 심각한 후유증과 합병증으로 환자자신 뿐만 아니라 가족까지 고통을 주며(대한신경과학회, 1993), 손상 받은 뇌반구의 반대측 상지 기능에서 마비 또는 감각의 소실과 같은 운동 기능과 관련된 주요한 장애를 보인다(Broeren 등, 2004).

그러나 최근 편측 뇌손상 후 비손상측(non-affected side)으로 간주되어 온 손상된 뇌반구의 동측 상지(ipsilesional side)에서 운동 결함(motor deficit)이 존재한다고 보고되어지고 있다(권용현, 2004; Debaere 등, 2001; Hermsdorfer 등, 2003; Hermsdorfer와 Goldenberg, 2002; Jones 등, 1989; Kim 등, 2003; Roy 등, 1992; Sunderland 등, 1999; Swinnen 등, 2002).

Brodal(1973)은 처음으로 동측 상지에서 근약증이 나타난다는 실험적 결과를 제시하였지만 그 보다 앞서 실행증(apraxia)을 연구하던 Liepmann과 Mass(1907)는 편측 뇌손상 후 양측 상지 모두에서 의미 있는 상징적 행동(symbolic behaviour)의 표현에 문제가 있다고 하여 동측 상지의 결함에 대해 처음으로 언급하였다.

그러나, Haaland 등(1987, 1999)과 Roy 등(1992)은 동측 상지에서 근약증 또는 손가락의 타판운동의 속도가 정상과 비교하여 차이가 없다고 주장하였으나 최근의 연구 결과는 동측 운동 결함이 존재한다는 많은 증거를 제시하고 있다. 특히, 동측 상지의 파악력 검사에서 정상군과 비교하여 유의한 차이가 있고(Colebatch와 Gandevia, 1989; Sunderland 등, 1999; Sunderland, 2000), 타판 과제(tapping task)와 같은 빠르고 단순한 반복 동작에(rapid simple repetitive movement)에서 추적 과제(tracking task)와 같은 복잡한 운동(complex motor)에 이르기까지 다양한 과제를 수행하는 동안 동측 상지에서 운동 결함이 나타난다고 보고되고 있다(권용현, 2004; Farne 등, 2003; Hanna-Pladdy 등, 2002; Hermsdorfer와 Goldenberg, 2002). 그 외에도 동측 상지와 하지의 지절간 협응력(interlimb coordination), 목표지향 표적 동작(goal-directed target movement), 손의 기민성(dexterity)에서 장애를 보인다고 하였다(Debaere 등, 2001; Hermsdorfer 등, 1999; Kim 등, 2003; Sunderland 등, 1999; Swinnen 등, 2002). Jones 등(1989)은 동측 상지의 운동 결함 뿐만 아니라 손상

후 시간이 경과함에 따라 운동 결함이 회복되어진다고 보고하였고, Jung 등(2002)은 근위부와 원위부의 운동 기능 모두에서 회복이 이루어졌다고 보고하였다.

최근의 연구결과에 의하면 실행증과 양측 대뇌반구의 역할 그리고, 양측성 신경로의 손상으로 인해 이와 같은 편측 뇌손상 후 동측 상지의 운동 결함이 존재한다고 설명하고 있다. Hermsdorfer 등(2003)의 연구에 의하여 타판 과제에서 좌반구 뇌손상군이 정상군과 비교하여 우반구 뇌손상군보다 더 심한 운동 결함을 보였고, 좌반구는 실행증과 관련된 우성뇌(dominant hemisphere)이기 때문에 동측 운동 손상의 원인을 실행증에 의한 것이라고 하였다. Kim 등(2003)과 Winstein 등(1997)은 목표지향 표적 과제에서 정상군과 비교하여 동측 운동 손상이 나타난다고 하였으며 이에 대한 원인으로 복잡한 과제의 수행은 비록 편측 상지만을 사용하지만 이때 활성화되는 뇌반구는 양측 모두 관여를 하기 때문에 편측 뇌손상 후 동측 상지에 결함이 나타난다고 하였다. Wassermann 등(1992)은 양측성으로 신경 지배하는 전정척수로, 그물척수로, 적색척수로와 교차하지 않은 앞쪽 피질척수로가 양측 상지의 운동 기능에 관여하기 때문에 동측 상지에 운동 결함이 나타난다고 보고하였다. 이는 편측 뇌손상 후 반대측 상지의 운동 기능이 있어서 원위부보다 근위부에서 상대적으로 손상도 적을 뿐만 아니라 빠른 회복을 보이는 것을 설명하고 있다(Dobkin, 1993; Muellbacher 등, 1999).

따라서 본 연구에서는 편측 뇌손상을 받은 환자를 대상으로 동측 상지의 근위부와 원위부에서 운동 결함의 존재를 확인하고, 각각의 상대적인 운동 결함의 정도 차이와 원인을 밝혀보기 위하여 집단간 동측 상지의 근위부 및 원위부에서 추적과제의 수행에서 정확도 지수를 알아보고 연령, 발병 후 기간, 손상측 상지의 손상 정도와 정확도 지수와의 상관관계를 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 2004년 10월부터 동년 12월까지 대구 영남대학교의료원에서 편측 뇌손상으로 인해 뇌졸중으로 진단 받고 입원 또는 외래치료 중인 연구 참여 의사를 밝힌 환자 32명과 정상 34명을 대상으로 하였다. 또한 대상자는 물리치료실로 의뢰되는 순서로 본 연구에 적

합한 선정기준에 맞추어 환자군과 정상군의 연령과 성별을 일치하도록 설계하였고 모든 대상자는 발병하기 이전에 우측 손이 우성이어야 하며 이를 검사하기 위해 Edinburgh Handedness Inventory를 사용하였다 (Oldfield, 1971).

정상군은 정신 질환이 없고, 신경학적 손상과 상지 및 손의 근골격계 손상이 없는 정상인을 대상으로 하였다. 연구에 참가한 환자의 선정기준은 뇌 단층 촬영(CT) 또는 자기공명영상(MRI)에서 편측 뇌에서만 손상을 받은 자, 소뇌와 뇌줄기에 손상을 받지 않은 자, 동측성 반맹증(hemianopsia)과 편측무시(unilateral spatial neglect) 증상이 없는 자, 언어 이해 능력에 장애가 없는 자, 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 자로 한국형 간이정신상태 판별검사(Mini Mental State Examination-Korean version)에서 연령과 교육 수준을 고려한 평균 이상(24점)인 자, 실행증이 없는 자로 Florida Apraxia Screen에서 28점 이상으로 제한하였다 (Rothi 등, 1997).

## 2. 측정 도구 및 방법

### 가. 추적과제

편측 뇌손상을 받은 환자에게 손상된 뇌의 동측 상지의 근위 및 원위부에 각각 추적과제를 실시하였다. 추적과제는 전자측각기(electrogoniometer)의 전위차를 이용하여 관절의 움직임을 측정하였으며 이 기구는 두 개의 단단한 팔이 용수철로 연결된 전자분압기

(electrical potentiometer)로 구성되어 있다(그림 1A). 원위부의 추적과제는 대상자의 둘째손가락에 부착하여 정중면에서 일어나는 중수지절관절의 굴곡과 신전의 움직임을 측정하였고(그림 1B), 근위부는 대상자의 견관절에서 내회전과 외회전의 움직임만을 유발하도록 설계된 도구를 이용하여 측정하였다(그림 1C). 전자측각기에서 나오는 관절 운동의 아날로그 신호가 MP150 Biopac system<sup>1)</sup>으로 보내져 디지털 신호로 전환된다. 이와 연결된 개인용 컴퓨터에 내장된 Acqknowledge 3.72 소프트웨어를 사용하여 필터링과 기타처리를 하였다. 각 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 200 Hz이고 1.5 Hz의 저역통과필터(low pass filter)를 하였다.

추적과제는 전자측각기에서 변환된 관절의 움직임이 원위부에서는 굴곡은 하향으로, 신전은 상향으로 컴퓨터 화면에 표시되도록 하였고 근위부는 외회전은 상향으로 내회전은 하향으로 표시되도록 하였다. 또한 준거 사인파는 평균 1.87 Hz의 일정하지 않은 속도로 제시되었고, 최고점이 다르게 15초 동안 제시되었으며, 대상자는 굴곡과 신전, 외회전과 내회전으로 준거 사인파를 정확히 따라 가도록 지시하였다. 이와 같이 준거사인파의 속도와 최고점을 변화시킨 이유는 동일한 속도와 범위의 지속적인 움직임이 빠른 학습효과를 일으켜 본 연구결과에 영향을 미칠 수 있기 때문이라 판단하였기 때문이다. 그리고 실제 측정 시 제공되는 준거사인파와 다른 속도와 파형을 연습 기간에 제공하여 학습 효과를 최대한 줄이도록 설계하였다(그림 2). 실험 전 대상자에게 실험의 절차에 대해 충분히 설명하고, 사전에 3번 연습 기간



그림 1. MP150과 전자측각기 및 근위부와 원위부의 과제 수행

<sup>1)</sup> BIOPAC System Inc., CA., U.S.A.

을 수행한 후에 본 실험을 진행하였다. 근위와 원위부의 측정이 대상자간 균형 설계(counterbalance)되도록 무작위 할당하였다.

나. 정확도 지수(Accuracy Index: AI)

추적과제의 수행은 정확도 지수를 사용하여 준거사인파와 수행값의 오차를 계산하였다(Carey 등, 2002). 초기 수행의 적응(initial adjustment)과 마지막 단계에서의 집중도(attention)에 관한 변수를 통제하고 순수한 운동 결함만을 분석하기 위해 과제의 처음과 끝의 각 3초는 분석에서 제외하고 총 9초 동안의 수행 오차를 분석하였다.

정확도 지수는 다음과 같다.

$$AI = 100(P-E)/P$$

E는 준거 사인파와 반응선과의 수행 오차값(Root Mean Square Error: RMSE)이며, P는 준거 사인파와 반응선의 상행선과 하행선을 분리하는 중앙선 사이의 RMSE 차이값으로 대상자가 수행한 반응선의 수행 패턴의 크기를 의미한다. P의 진폭(magnitude)은 대상자가 수행한 관절 가능 범위를 의미하며 수직축의 범위를 나타낸다. 그러므로, 정확도 지수는 대상자가 수행한 관절 가동 범위를 일반화하고 추적과제의 수행에 있어 대상자간의 차이를 설명할 수 있다. 이 지수의 최대값은 100이며, 음수의 지수는 준거 사인파의 중앙선을 넘어 오차값이 클 때 나타난다.

다. Fugl-Meyer 검사

손상측 상지 기능의 평가를 위해 Fugl-Meyer 검사를 사용하였고 이는 브룬스트롬의 편마비 분류와 회복

(Brunnstrom's hemiplegia classification and progress record)의 6단계 과정을 근거로 50개의 항목으로 상세히 분류되어 있고 움직임의 질적 검사로 널리 사용되고 있다. 이 검사는 서열 척도로서 각각의 항목에서 수행할 수 없을 때 0, 부분적 수행 시 1, 완전하게 수행 시 2점이 주어진다. 전체 수치는 100점으로 상지 66점, 하지 34점으로 구성된다(Fugl-Meyer 등, 1975). 본 실험에서는 상지만을 측정하였다.

3. 분석 방법

집단 간 성별의 분포 차이를 알아보기 위해 카이스퀘어 검정을 실시하였고 연령은 독립표본 t-검정을 실시하였다. 근위부와 원위부의 수행 정확도에 대한 집단 간 차이는 독립 t-검정을 통해 검정하였다. 또한, 동일 집단 내 근위부와 원위부의 차이는 짝비교 t-검정을 실시하였다. 수행의 정확도에 따른 반대측 상지의 손상 정도, 연령, 발병 후 기간과의 관련성을 알아보기 위해 피어슨 상관 분석을 실시하였다. 자료의 통계처리는 윈도우 SPSS 12.0 프로그램을 사용하였고 통계학적 유의 수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 실험에 참여한 대상자는 환자군 32명 중 남자 16명, 여자 16명이었고, 정상군 34명 중 남자 16명, 여자 16명으로 총 64명이었다. 환자군은 오른쪽 뇌반구에 손상을 받은 환자 16명(50%), 왼쪽 뇌반구에 손상을 받은 환자 16명(50%)이었고, 정상군은 오른손으로 수행한 정

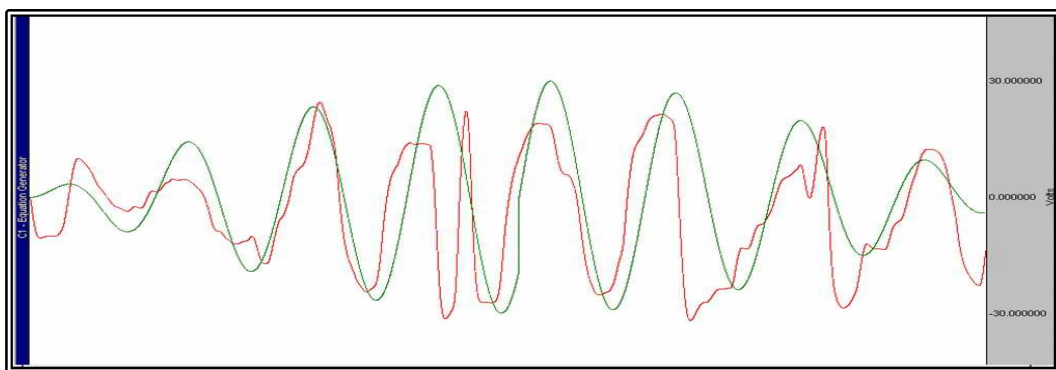


그림 2. 추적 과제의 수행

상인 16명(50%), 왼손으로 실험한 정상인 16명(50%)이었다. 환자군의 손상 원인은 뇌출혈 11명, 뇌경색 21명이었고, 유병기간은 8.24개월, 표준 오차 9.35이었다. 환자군의 상지의 손상 정도를 나타내는 Fugl-Meyer 검사 결과는 평균 36.91, 표준오차 4.17이었다. 성별은 카이스퀘어 검정에서  $p=.811$ , 연령은 독립 t-검정에서  $p=.586$ 으로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(표 1).

## 2. 추적과제의 집단간 근위부 및 원위부의 정확도 지수

환자군에서 손상된 뇌반구의 동측 상지에서 수행한 추적과제의 정확도와 정상군의 수행 결과는 표 2와 같다.

상지의 근위부에서 추적과제의 수행 정확도 지수는 환자군이 36.81, 표준편차 2.92, 정상군이 52.36, 표준편차 2.96으로 나타났고, 원위부에서 수행 정확도 지수는 환자군이 30.65, 표준편차 2.93, 정상군이 51.28, 표준편차 2.27로 나타났다. 근위부의 수행에서 집단간 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보였으며( $p<.05$ ), 원위부의 수행에서도 유의한 차이를 보였다( $p<.05$ ). 그러나 환자군과 정상군의 두집단 모두에서 집단내 변인인 근위부와 원위부의 수행에서 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>.05$ ). 따라서, 근위부 및 원위부에서 수행한 추적과제의 정확도는 정상군과 비교하여 환자군에서 더 많은 수행 오차가 관찰되어 동측 상지의 운동 결함이 나타났다

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성

	환자군	정상군
성별(Male/Female)	16/16	16/16
연령(yrs)	54.94±8.87 <sup>a</sup>	53.76±8.54
수행측 상지(Rt/Lt)	16/16	16/16
발병 후 기간(months)	8.24±9.35	
환측 상지의 손상 정도(FMA)	36.91±4.17	

<sup>a</sup>평균±표준편차

FMA: Fugl-Meyer 검사

표 2. 추적과제의 정확도 지수

	수행 정확도 지수(AI)		
	근위부 AI	원위부 AI	
환자군	36.81±16.75 <sup>a</sup>	30.65±16.55	$p>.05$
정상군	52.36±9.91	51.28±13.33	$p>.05$
	$p<.05$	$p<.05$	

<sup>a</sup>평균±표준편차

고, 두 집단 모두에서 근위부와 원위부의 차이는 보이지 않았다(그림 3).

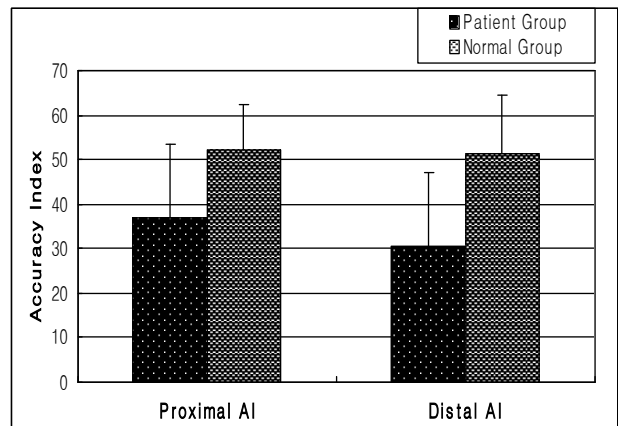


그림 3. 집단 간 추적과제의 수행 정확도 비교

## 3. 연령, 발병 후 기간, 손상측 상지의 손상 정도와 수행의 정확도 지수와 상관계수

근위부 및 원위부에서의 수행 정확도 지수는 연령(근위부:  $r=-.18$ , 원위부:  $r=-.17$ ,  $p>.05$ ), 발병 후 기간(근위부:  $r=-.10$ , 원위부:  $r=.47$ ,  $p>.05$ ), 손상측 상지의 손상정도(근위부:  $r=.46$ , 원위부:  $r=.92$ ,  $p>.05$ )는 통계학적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

## IV. 고찰

본 연구는 추적과제를 이용하여 편측 뇌손상 후 동측 상지의 운동 결함을 측정하였다. 추적과제는 시각과 손의 협응력(eye-hand coordination)을 요구하는 시지각 동작(visuospatial movement)이며 시각적 되먹임을 요구하는 닫힌 고리 움직임(closed looped movement)으로 시공간적 요구를 정확하게 추적하는 복잡한 움직임

임을 요구하는 과제이다(Harvey 등, 1994). 이러한 복잡한 과제를 수행하는데 영향을 미치는 변수를 통제하기 위해 환자군은 정상군과 연령과 성별이 일치하도록 설계하였고, 좌우 상지 기능의 차이 역시 중요한 변수이므로 Edinburgh Handedness Inventory를 사용하여 우성이 오른손인 대상자만을 측정하였다.

손상된 뇌반구의 동측 상지를 측정한 결과, 환자군에서 근위부의 수행 정확도 지수는 36.81, 표준편차 16.75로, 정상군은 52.36, 표준편차 9.91로 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며, 원위부의 수행 정확도 지수도 환자군에서 30.65, 표준편차 16.55로, 정상군에서 51.28, 표준편차 13.33으로 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다. 따라서, 상지에 추적과제를 수행한 결과, 근위부와 원위부 모두 정상군과 비교하여 환자군에서 운동 결함이 존재하는 것으로 나타났다. 이는 복잡한 과제의 수행에서 동측 운동 결함을 보인다는 선행 연구결과와 일치하고 있다(권용현, 2004; Debaere 등, 2001; Farne 등, 2003; Hanna-Pladdy 등, 2002; Hermsdorfer와 Goldenberg, 2002; Jones 등, 1989; Kim 등, 2003; Roy 등, 1992; Sunderland 등, 1999).

한편, 동측 운동 결함과 상당한 관련성이 있을 것으로 추정되어온 연령, 발병 후 기간, 손상측 상지의 손상 정도의 임상적 변수들은 통계학적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

이러한 결과는 연령, 발병 후 기간, 손상측 상지의 손상 정도와 관계없이 만성적 편측 뇌손상 환자에서도 동측 운동 결함을 보인다는 선행 연구결과와 일치하고 있다(Hermsdorfer 등, 1999; Sunderland 등, 1999).

선행 연구자들(Esparza 등, 2003; Farne 등, 2003; Hanna-Pladdy 등, 2002; Hermsdorfer와 Goldenberg, 2002; Jung 등, 2002; Kim 등, 2003)은 이와 같은 동측 상지의 운동 결함에 대하여 서로 다른 결론을 제시하고 있다. Jung 등(2002)과 Wasseermann 등(1992)은 동측성 하행 운동 신경로의 손상으로 동측 운동 결함이 나타난다고 주장하였는데, 양측으로 지배하는 신경로인 전정척수로와 망상척수로와 같은 피질하 신경로(subcortical pathway)는 견갑대와 상지의 원위부에 대한 운동 조절에 관여를 하고, 뇌손상 후 경한 손상과 함께 빠른 회복을 보이는 반면, 말초 부위인 손의 기능은 심각한 손상과 느린 회복을 유발한다고 하였다. 마비측 상지는 편측 뇌손상으로 인해 마비측 상지로 이어지는 반대측 신경로(contralateral motor pathway)가 손상되

더라도 손상되지 않은 뇌반구에서 마비측으로 연결되는 동측 신경로(ipsilateral motor pathway)가 존재하여 빠른 회복을 보이며, 동측의 상지도 편측 뇌손상으로 인해 손상된 동측의 운동 신경로로 인해 동측의 운동 결함을 보이거나 반대측 뇌반구에서 동측으로 연결되는 반대측 신경로의 보존으로 인해 동측 상지의 운동 결함이 빠른 회복을 보인다고 추정하였다(Jung 등, 2002). 이러한 결론은 마비측 상지의 근위부에서 빠른 기능적 회복을 설명하는 명확한 증거이고, 뇌손상 후 운동신경의 회복 기전을 설명하는 뇌지도화 연구(neuroimaging study)에서 동측의 운동 신경로의 활성화는 마비측 상지의 기능 회복에 중요한 역할을 한다고 보고하였다(Jang 등, 2003a; Jang 등, 2003b; Kim 등, 2004). Nirrko 등(2001)은 기능적 자기공명영상장치를 이용하여 정상인의 근위부와 원위부에서 각각의 움직임에 대한 대뇌 피질의 역할에 관한 연구를 하였는데, 근위부의 움직임 동안, 양측 대뇌의 일차 운동 및 감각 영역(sensorimotor area)에서 모두 활성화가 관찰된 반면, 원위부가 움직이는 동안, 반대측 뇌반구에서만 활성화가 관찰되어 결과적으로 근위부의 움직임은 양측 운동 신경로를 모두 사용하지만, 원위부는 반대측 운동 신경로만을 사용한다고 보고하였다. 따라서, 뇌손상 환자 뿐 만 아니라 정상인도 근위부와 원위부에서 서로 다른 신경 회로를 가지고 있다는 근거를 제시하고 있다.

그러나 회복 기전의 설명과 달리 동측 상지의 운동 결함에 관해 신경로의 설명만으로 명확한 근거를 제시하는데 한계가 있다. 동측의 원위부에도 앞쪽 및 바깥쪽 피질척수로와 같이 양측성 신경재배가 존재함에도 불구하고 동측 상지에서 운동 결함의 회복이 느려지고 잔존기간이 길어지는 것은 설명할 수 없다. 또한, 정상인도 동측 상지의 기능에 중요한 역할을 하고 있는 동측 신경로는 뇌손상 후 반대측 신경로와 함께 손상됨에 따라 상대적으로 활성 빈도와 역할이 미미하고 아직 명확한 역할이 규명되지 않은 원위부의 동측 신경로보다 더 많은 손상을 보여 근위부에서 더 심한 운동 결함을 보여야 된다고 생각된다. 또한, 원숭이의 동측 피질척수로는 동측 상지의 근위부와 몸통의 운동 신경세포와 연결되어 있다는 연구는 동측의 피질척수로도 동측의 근위부의 운동 기능에 관련성이 많다는 것을 보여준다(Brinkman와 Kuypers, 1973; Liu와 Chambers, 1964). 본 연구 결과에서도 발병 후 기간과 관계없이 동측 상지의 운동 결함이 나타났고, 서로 다른 뇌신경 회로를

가지고 있는 근위부와 원위부에서 모두 운동 결함이 존재하였다. 따라서 손상 후 마비측 상지기능이 회복되는 기전은 상지를 지배하는 신경로에 근거하여 설명할 수 있으나 동측 상지의 운동 결함에 대해서는 명확한 결론을 내리기 어렵다고 판단된다.

그러나 양측 뇌반구의 기여도에 관한 가설은 근위부와 원위부 모두에서 운동 결함을 보인 본 연구 결과에 몇 가지 증거를 제시하고 있다. 기능적 자기공명영상을 이용한 뇌지도화 연구 결과, 과제의 복잡성과 난이도가 높은 동작의 수행할 때, 반대측 뇌반구의 활성화 뿐 아니라 동측의 뇌반구에서도 활성도가 나타났다(Catalan 등, 1998; Lotze 등, 2003; Pujol 등, 2000; Sadato 등, 1996). 또한 과제의 수행 난이도(task difficulty)를 어렵게 할수록 양측 뇌반구의 활성도는 증가하고 동측 상지의 운동 결함 정도가 더 심하게 나타났다(Winstein 등, 1997). 이와 관련하여 동측 상지의 운동 결함을 연구한 많은 연구자들은 목표지향 표적 동작(goal-direct target movement)과 같은 복잡한 움직임은 양측 뇌반구의 역할이 수반되어야 하는데 편측 뇌손상으로 인한 고위 인지 기능의 처리 능력(higher cognitive processing)과 중앙처리 능력(central processing)의 손상으로 동측 상지의 운동 결함이 유발된다고 주장하였다(Kim 등, 2003; Winstein 등, 1997; Winstein과 Pohl, 1995).

Winstein 등(1997)은 목표지향 표적 동작을 수행함에 있어 과제의 난이도와 복잡성(task difficulty and complexity)에 따라 뇌의 활성화를 양전자 방사 전산화 단층 촬영기(PET)를 통하여 연구한 결과, 과제의 난이도가 높아짐에 따라 활성화되는 영역이 양측 전운동영역(premotor cortex), 보조운동영역(supplementary motor area), 꼬리핵(caudate nucleus), 두정엽(parietal cortex)에서 나타났다고 하였다. Seidler(2004)는 기능적 자기공명영상을 이용한 연구에서, 과제의 난이도와 복잡성이 증가함에 따라 양측 운동 영역(primary motor cortex)과 양측 앞쪽 전운동영역(ventral premotor cortex), 양측 소뇌와 두정엽에서 활성도가 나타났고, 두정엽은 운동의 계획과 힘의 조절을 통한 피드백이 요구되는 움직임의 수행에 결정적인 역할을 한다고 하였다. 또한, 동측의 운동 영역(ipsilateral primary motor cortex)이 복잡한 과제의 수행에 미치는 영향은 운동 계획을 위한 뇌반구사이의 상호작용(interhemispheric processing)에 의한 것인지 또는, 운동의 실행(motor execution)을 위한 교차하지 않은 앞쪽 피질 척수로(ventral corticospinal

tract)의 직접적인 역할인지에 관해 명확하지 않다고 하였다. 그 외 대뇌반구의 역할에 대하여 Manganotti 등(2002)은 편측 손상 후 동측 운동신경로의 변화를 경두 개자기자극기(TMS)를 이용하여 연구한 결과, 반대측 운동 신경로의 변화 뿐 아니라 동측 신경로 운동신경유발전위(motor evoked potential)에서 정상과 다른 소견이 관찰되었는데, 이는 결과에 대한 원인으로 손상되지 않은 뇌반구가 정상적으로 억제하고 있던 다른 뇌반구에 대한 억제의 해리 때문이라고 하였다. 동측 뇌반구의 역할은 정상인을 대상으로 과제의 난이도와 복잡성에 관한 연구뿐만 아니라, 손상된 뇌가 회복되는 기전 연구에 중요한 것으로 보고되고 있다(Jang 등, 2003a; Jang 등, 2003b; Kim 등, 2004).

결론적으로, 편측 뇌손상 후 동측 상지는 시공간적 요구에 정확한 수행이 필요한 추적과제에서 근위부와 원위부 모두 운동 결함이 관찰되었다. 그 원인은 동측 운동 신경로의 손상으로 인한 것이라기보다 양측 대뇌반구의 상호작용이 요구되는 추적과제와 같이 과제의 난이도와 복잡성이 높은 과제의 수행에서 편측 뇌손상으로 인해 고위 인지 기능의 처리 능력(higher cognitive processing)과 중앙 처리 능력(central processing)의 손상 때문인 것으로 추정된다.

## V. 결론

편측 뇌손상 환자에서 복잡한 시지각 동작인 추적과제의 수행 시 연령과 성별이 일치하는 정상인과 비교하여 동측 상지의 운동 결함이 존재하고 원위부와 근위부의 운동 조절 모두에서 손상되어 있었다. 이러한 손상은 환자의 연령, 발병 후 기간, 환측 상지의 손상 정도와는 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

그 원인으로 추적과제와 같이 과제의 난이도와 복잡성이 높은 과제의 수행에서 편측 뇌손상으로 인하여 고위 인지 기능을 필요로 하는 운동 계획과 실행, 중앙 처리 능력의 손상으로 인한 것으로 추정된다.

이러한 동측 상지의 운동 결함은 편측 뇌손상을 가진 환자에게 면도나 운전과 같은 섬세한 움직임을 필요로 하는 일상생활 동작에 어려움과 위험을 준다. 따라서 환측의 기능 장애로 인한 동측 상지에서의 보상적 전략(compensatory strategy)이나 적응 전략(adaptative strategy)을 계획하는데 있어 보다 세밀하게 이루어져

야 하며 적절한 훈련 및 치료적 중재에 의한 기능적 능력을 증진시키는 것이 중요할 것이다.

## 인용문헌

권용현. 편측 뇌손상 환자에서 특정 과제에 한정된 동측 상지의 운동 결함 분석. 대구대학교 재활과학대학원 석사학위논문. 2004.

대한신경과학회. 한국 공동 협의회에서 연구한 뇌졸중의 발생 빈도 현황. 대한 의학 과학지 논문. 1993;8(4):281-289.

Brinkman J, Kuypers HGJM. Cerebral control of contralateral and ipsilateral arm, hand and finger movements in the split-brain rhesus monkey. *Brain*. 1973;96:653-674.

Brodal A. Self-observations and neuro-anatomical considerations after a stroke. *Brain*. 1973;96(4):675-694.

Broeren J, Rydmark K, Sunnerhagen S. Virtual reality and haptics as a training device for movement rehabilitation after stroke: A single-case study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85:1247-1250.

Carey JR, Kimberley TJ, Lewis SM, et al. Analysis of fmri and finger tracking training in subjects with chronic stroke. *Brain*. 2002;125:773-788.

Catalan MJ, Honda M, Weeks RA, et al. The functional neuroanatomy of simple and complex sequential finger movements: A PET study. *Brain*. 1998;121(2):253-264.

Colebatch JG, Gandevia SC. The distribution of muscular weakness in upper motor neuron lesions affecting the arm. *Brain*. 1989;112(3):749-763.

Debaere F, Van Assche D, Kiekens C, et al. Coordination of upper and lower limb segments: Deficits on the ipsilesional side after unilateral stroke. *Exp Brain Res*. 2001;141(4):519-529.

Dobkin BH. Neuroplasticity. Key to recovery after central nervous system injury. *West J Med*. 1993;159(1):56-60.

Esparza DY, Archambault PS, Winstein CJ, et al. Hemispheric specialization in the co-ordination of arm and trunk movements during pointing in patients with unilateral brain damage. *Exp Brain Res*. 2003;148(4):488-497.

Farne A, Roy AC, Paulignan Y, et al. Visuo-motor control of the ipsilateral hand: Evidence from right brain-damaged patients. *Neuropsychologia*. 2003;41(6):739-757.

Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, et al. The post-stroke hemiplegic patient. 1. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med*. 1975;7(1):13-31.

Haaland KY, Harrington DL, Knight RT. Spatial deficits in ideomotor limb apraxia. A kinematic analysis of aiming movements. *Brain*. 1999;122:1169-1182.

Haaland KY, Harrington DL, Yeo R. The effects of task complexity on motor performance in left and right cva patients. *Neuropsychologia*. 1987;25(5):783-794.

Hanna-Pladdy B, Mendoza JE, Apostolos GT, et al. Lateralised motor control: Hemispheric damage and the loss of deftness. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2002;73(5):574-577.

Harvey M, Milner AD, Roberts RC. Spatial bias in visually-guided reaching and bisection following right cerebral stroke. *Cortex*. 1994;30(2):343-350.

Hermesdorfer J, Blankenfeld H, Goldenberg G. The dependence of ipsilesional aiming deficits on task demands, lesioned hemisphere, and apraxia. *Neuropsychologia*. 2003;41(12):1628-1643.

Hermesdorfer J, Goldenberg G. Ipsilesional deficits during fast diadochokinetic hand movements following unilateral brain damage. *Neuropsychologia*. 2002;40(12):2100-2115.

Hermesdorfer J, Laimgruber K, Kerkhoff G, et al. Effects of unilateral brain damage on grip selection, coordination, and kinematics of ipsilesional prehension. *Exp Brain Res*. 1999;128(1-2):41-51.

Jang SH, Kim YH, Cho SH, et al. Cortical reorganization associated with motor recovery in hemiparetic stroke patients. *Neuroreport*. 2003a;14(10):1305-1310.

Jang SH, Kim YH, Cho SH, et al. Cortical reorganization induced by task-oriented training in chronic hemiplegic stroke patients. *Neuroreport*. 2003b;14(1):137-141.



- Jones RD, Donaldson IM, Parkin PJ. Impairment and recovery of ipsilateral sensory-motor function following unilateral cerebral infarction. *Brain*. 1989;112(1):113-132.
- Jung HY, Yoon JS, Park BS. Recovery of proximal and distal arm weakness in the ipsilateral upper limb after stroke. *NeuroRehabilitation*. 2002;17(2):153-159.
- Kim JS. Stroke in Korea. *International Congress Series*. 2004;1262:348-351.
- Kim SH, Pohl PS, Luchies CW, et al. Ipsilateral deficits of targeted movements after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(5):719-724.
- Kim YH, Park JW, Ko MH, et al. Plastic changes of motor network after constraint-induced movement therapy. *Yonsei Med J*. 2004;45(2):241-246.
- Liepmann H, Mass O. Fall von linksseitiger agraphie und apraxie bei rechtsseitiger lahmung. *Zeitschrift für Psychologie und Neurologie*. 1907;10:214-227.
- Lie CM, Chambers WW. An experimental study of the cortico-spinal system in the monkey (*Macaca mulatta*). The spinal pathway and pre-terminal distribution of degenerating fibers following discrete lesions of the pre-and postcentral gyri and bulbar pyramid. *J Com Neurology*. 1964;123:257-284.
- Lotze M, Scheler G, Tan HR, et al. The musician's brain: Functional imaging of amateurs and professionals during performance and imagery. *NeuroImage*. 2003;20(3):1817-1829.
- Manganotti P, Patuzzo S, Cortese F, et al. Motor disinhibition in affected and unaffected hemisphere in the early period of recovery after stroke. *Clin Neurophysiol*. 2002;113(6):936-943.
- Muellbacher W, Artner C, Mamoli B. The role of the intact hemisphere in recovery of midline muscles after recent monohemispheric stroke. *J Neurol*. 1999;246(4):250-256.
- Nirkko AC, Ozdoba C, Redmond SM, et al. Different ipsilateral representations for distal and proximal movements in the sensorimotor cortex: Activation and deactivation patterns. *NeuroImage*. 2001;13(5):825-835.
- Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*. 1971;9(1):97-113.
- Pujol J, Roset-Llobet J, Rosines-Cubells D, et al. Brain cortical activation during guitar-induced hand dystonia studied by functional MRI. *NeuroImage*. 2000;12(3):257-267.
- Rothi LJ, Raymer AM, Heilman KM. Limb praxis assessment. In Rothi LJ, Heilman KM, editors. *Apraxia: the neuropsychology of action*. Brain damage, behaviour and cognition series. 1997;61-73.
- Roy EA, Clark P, Aigbogun S, et al. Ipsilesional disruptions to reciprocal finger tapping. *Arch Clin Neuropsychol*. 1992;7(3):213-219.
- Sadato N, Campbell G, Ibanez V, et al. Complexity affects regional cerebral blood flow change during sequential finger movements. *J Neurosci*. 1996;16(8):2691-2700.
- Seidler RD, Noll DC, Thiers G. Feedforward and feedback processes in motor control. *NeuroImage*. 2004;22(4):1775-1783.
- Sunderland A. Recovery of ipsilateral dexterity after stroke. *Stroke*. 2000;31(2):430-433.
- Sunderland A, Bowers MP, Sluman SM, et al. Impaired dexterity of the ipsilateral hand after stroke and the relationship to cognitive deficit. *Stroke*. 1999;30(5):949-955.
- Swinnen SP, Debaere F, Puttemans V, et al. Coordination deficits on the ipsilesional side after unilateral stroke: The effect of practice on nonisodirectional ipsilateral coordination. *Acta Psychol (Amst)*. 2002;110(2-3):305-320.
- Wassermann EM, McShane LM, Hallett M, et al. Noninvasive mapping of muscle representations in human motor cortex. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1992;85(1):1-8.
- Winstein CJ, Grafton ST, Pohl PS. Motor task difficulty and brain activity: Investigation of goal-directed reciprocal aiming using positron emission tomography. *J Neurophysiol*. 1997;77(3):1581-1594.
- Winstein CJ, Pohl PS. Effects of unilateral brain damage on the control of goal-directed hand movements. *Exp Brain Res*. 1995;105(1):163-174.