

편측 뇌손상 환자의 동측 운동 결함에 대한 고찰

김중선, 권용현¹, 김경

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과, ¹대구대학교 대학원 물리치료전공 박사과정

Ipsilateral Motor Deficit in Patients with Unilateral Brain Damage

Chung-Sun Kim, PT, PhD; Yong-Hyun Kwon, PT, MS¹; Kyung Kim, PT, PhD

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University; ¹Department of Rehabilitation Science, Graduate school, Daegu University

Recently, several investigations revealed that after unilateral brain damage, movement abnormalities were exposed on the ipsilateral side as well as the upper extremity contralateral to the damaged hemisphere. Even the motor abilities had significantly recovered from ipsilateral motor deficits on not only simple sensorimotor function, also clinical assessments since subacute stage, although could not completely returned. Such motor deficits were detected in a diversity of motor tasks depending on the interhemispheric specialization, further in clinical evaluation and a daily of activities. In the clinical features, muscular weakness, sensory loss and impaired manual dexterity were observed. In a laboratory experiment, there were increasing evidences that the kinematic processing deficits was founded in various-specific motor tasks, which ranged from simple basic element to complex tasks, such as tapping task, step-tracking, goal directional aiming task, and iso(and non-)directional interlimb coordination. In the point of view, the manifest understanding in related to ipsilateral deficits provide the clinicians with an important information for scientific management about brain injured patient's prognosis and therapeutic guidelines. (*J Kor Soc Phys Ther 2006;18(4):1-9*)

Key Words: Ipsilateral motor deficits, Hemispheric specialization, Motor tasks

1. 서론

뇌졸중은 현재 우리나라에서 사망률이 가장 높은 순환계 질환의 하나로, 점차적으로 발생률과 생존율이 높아지고 있다(통계청, 2003). 생존자는 뇌졸중 후 심각한 후유증과 합병증으로 환자 자신 뿐 만 아니라 가족에게도 고통을 주게 된다(The Korean Neurological Association, 1993). 이런 이유로 뇌졸중에 대한 예방, 위협 요소 등의 교육

과 뇌졸중 환자의 적절한 치료에 대한 관심이 높아지고 있다. 뇌졸중은 뇌혈관 손상에 의해 야기되는 다양한 신경학적 장애로 정의되며, 일반적으로 뇌졸중의 형태, 손상 기전, 손상 위치와 범위에 따라 다양한 증상이 나타난다. 그 증상은 운동 및 감각, 언어 능력, 지각과 인지를 비롯하여 기억과 감정에 손상을 주며, 일상생활 뿐 아니라 사회적 활동에 많은 제한을 받게 한다. 따라서 임상에서는 손상된 뇌반구의 반대측 상하지를 "마비측(affected side)"으로, 동측을 "비손상측(non-affected side)로 간주하여 마비측 상지 및 하지에 운동 기능의 회복과 증진을 위한 여러 가

논문접수일: 2006년 4월 24일
수정접수일: 2006년 6월 08일
게재승인일: 2006년 7월 26일
교신저자: 권용현, kwonpt@lycos.co.kr

지 치료적 중재를 실시하고 있다. 또한 이러한 치료적 효과가 운동학적 측면에서 입증되고 있을 뿐만 아니라, 뇌기능 차원에서 신경망의 재조직이나 가소성에 중요한 역할을 하는 것으로 증명되고 있으며, 그 외 새로운 치료적 중재에 대한 고안과 입증에 관해 많은 연구가 진행되고 있다(김중선과 권용현, 2003; 김중휘와 김중선, 2005; 박정미와 김중선, 2004; Fernandes 등, 2006; Jang 등, 2003b; Orrell 등, 2006; Provinciali, 2006).

최근 편측 뇌손상 후 마비측의 운동 손상뿐 아니라, 정상측으로 간주되어 온 동측에서도 비정상적인 운동학적 결함이 나타난다는 연구가 출판되고 있다. 동측 운동 결함은 임상적인 측면에서는 근력 및 감각 기능과 손 기능의 정교함이 감소하는 증상을 발견할 수 있고, 실험적인 환경에서는 쉽고 단순한 운동 과제에서부터 시공간적 요소의 정확성과 운동학적 처리 과정을 요구하는 과제에서 나타나기도 한다(권용현 등, 2005 ; Debaere 등, 2001 ; Farne 등, 2003 ; Haaland와 Harrington, 1996 ; Hermsdorfer와 Goldenberg, 2002 ; Kim 등, 2003).

이러한 동측 운동 결함의 존재에 대해 논란의 여지가 전혀 없지는 않더라도, 최근에 보고된 대부분의 임상 증례나 실험 실증 연구에서는 그 존재에 관해 일치하는 견해를 보이고 있으며, 재활 관련 분야에서 주의 깊은 평가와 치료에 대한 필요성을 언급하고 있다(권용현과 김중선, 2005; Carey 등, 1998; Dobkin, 1993; Jung 등, 2002; Kim 등, 2003).

한편, 임상적 적용에 관한 제시와 더불어, 동측 운동 손상에 대한 신경생리학적 기전에 대한 해석도 연구자들의 주요한 관심의 대상이다. 이러한 동측 운동 손상의 명확한 기전을 밝히는 것은 인간의 뇌 기능을 보다 많이 이해함으로써, 동측에 대한 주의 깊은 평가와 치료에 초점을 맞추고, 예후를 예측할 수 있기 때문이다. 그러나 동측 운동 손상의 증거에 영향을 미치는 임상적 양상의 변인에 대한 논란이 있고, 그 원인 또한 여러 가지 가설이 대두되고 있지만, 서로 상반된 해석을 보여주고 있다(Haaland과 Harrington,

1996; Hanna-Pladdy 등, 2002; Hermsdorfer와 Goldenberg, 2002; Jung 등, 2002).

이에 본 연구는 편측 뇌손상으로 인하여 나타나는 동측의 운동 결함에 관한 연구들을 고찰하여 이러한 운동 결함의 존재에 관하여 알아보고, 그 기전에 대한 여러 견해를 명확하게 구분함으로써, 운동 제어에 영향을 미치는 중앙 처리 능력(central processing)의 이해와 임상에서 동측 결함에 관한 주의 깊은 평가와 치료를 돕고자 한다.

II. 본 론

1. 동측 운동 결함의 증거

상지의 움직임에 관여하는 척수상위 신경원은 뇌줄기와 대뇌피질에 존재한다. 뇌줄기에는 내측 및 외측에서 척수로 이행하는 두 종류의 신경로가 있다. 내측 신경로는 망상척수로, 전정척수로, 시개척수로가 있으며, 계통 발생학적으로 가장 오래된 구조물로 몸통과 사지의 근위 근육에 대한 좌우 양측성 신경 경로를 통해 기본적인 자세 조절에 관여한다. 외측 신경로에는 적핵척수로가 있으며, 중뇌의 적핵에서 기시하여 연수를 거쳐 척수의 외측으로 주행하고, 포유류에서 물건의 조작과 팔 뻗치기와 같은 원위 근육 조절에 주요한 역할을 한다. 대뇌피질에서는 피질척수로가 있으며, 브로드만 4와 6 영역에서 기시하여 속섬유막(internal capsule)의 뒤쪽을 경유한 뒤, 연수에서 75%는 추체로 교차가 이루어져 외측 피질척수로를 이루고, 교차하지 않는 섬유들은 전피질척수로를 형성한다(Kandal 등, 2000). Eyre(2001)의 경두개자기자극(transcranial magnetic stimulation)의 연구에 의하면, 신생아에서는 동측으로 주행하는 전피질척수로가 외측 피질척수로에 비교하여 비슷한 역치 수준과 진폭을 보였고, 18개월에 이르면 그 역치가 높아지고, 초기 잠복 전위가 길어진다고 보고하였다. Stanfield(1992)는 초기 발달과정에서 일시적으로 동측 피질척수로가 존재하다가 신경계의 성숙이 이루어지면 그 역할이 사라진다고 하였다. 그러므로 편측 뇌손상 후, 피

질 척수로를 제외한 양측성으로 존재하고 있는 신경로에 의해 지배되는 몸통과 근위부는 상대적으로 경한 손상이나 빠른 회복이 이루어지며, 고도로 분화된 외측 피질척수로의 손상은 반대측 상지와 하지에 운동 장애를 포함한 명확한 신경학적 증상이 초래된다.

이러한 신경해부학적 형태와 기능에도 불구하고, 최근의 연구 결과는 손상된 뇌반구의 반대측 상하지 뿐 만 아니라, 동측에서도 운동 결함이 존재한다는 많은 증거가 보고되고 있으며, 심지어 동측 상지의 운동 결함 뿐 만 아니라 손상 후 시간이 경과함에 따라 운동 결함이 회복된다고 보고하였다(Jung 등, 2002; Sunderland, 2000). Brodal(1973)은 처음으로 동측 상지에서 근력 약화가 나타난다는 실험적 결과를 제시하였지만 그보다 앞서 실행증(apraxia)을 연구하던 Liepmann과 Mass(1907)는 편측 뇌손상 후 양쪽 상지 모두에서 의미 있는 상징적 행동(symbolic behaviour)의 표현에 문제가 있다고 하여 동측 상지의 결함에 대해 처음으로 언급하였다. 그 후 여러 형태의 운동 과제를 통해 동측 운동 결함이 입증되고 있다. 동측 상지의 파악력 검사에서 정상군과 비교하여 유의한 차이가 있고, 타판 과제(tapping task)와 같은 빠르고 단순한 반복 동작에(rapid simple repetitive movement)에서 복잡한 운동(complex motor)에 이르는 다양한 과제를 수행하는 동안 동측 상지에서 운동 결함이 나타난다고 보고되고 있다(Haaland 등, 1999; Haaland 등, 1987; Hanna-Pladdy 등, 2002). 그리고 동측 상지에서 대단위 도수 기민성(gross manual dexterity), 섬세한 도수 기민성(fine manual dexterity), 운동 협응(motor coordination), 목표 지향성 동작(goal-directed movement)에서 동측 운동 결함이 보고되었다(권용현과 김중선, 2005; Colebatch와 Gandevia, 1989; Desrosiers 등, 1996; Harvey 등, 1994; Hermsdorfer와 Goldenberg, 2002; Hermsdorfer 등, 1999; Kim 등, 2003).

Debaere 등(2001)은 편측 뇌손상 환자가 정상인과 비교하여 상지와 하지의 지절간 협응력(interlimb coordination)이 손상되었다고 보고하

였는데, 동측 지절간 협응운동(iso(and non-)directional interlimb coordination) 과제는 같은 방향으로 움직임 보다 반대 방향으로 움직임에서 더 많은 정확성과 안정성이 필요하고, 지속적인 협응 운동을 유지하기 위해서 많은 집중력이 요구되며, 특히 반대 방향으로의 움직임에서는 운동감각의 감각 되먹임이 더 필요하게 되기 때문에, 움직임 주기의 횟수를 증가시키면 자발적으로 반대 방향으로의 움직임에서 같은 방향의 움직임으로 바뀐다고 보고하였다(Debaere 등, 2001).

권용현과 김중선(2005)은 인지나 지각적 요소에 영향을 받지 않는 빠르고 단순한 반복동작(rapid simple repetitive movement)이며 열린 고리의 움직임(open-loop movement)으로 조절되는 손목 타판과제, 시각과 손의 협응력(hand-eye coordination)을 요구하는 시각적 동작이며 시각적 되먹임이 필요한 닫힌 고리 움직임(closed looped movement)으로 복잡한 운동(complex motor)을 요구하는 추적 과제와 정밀함(precision)과 기민성(dexterity)이 필요한 복잡한 연속적인 동작(complex sequential movement)을 측정하는데 사용되며 감각운동 통합과 운동 협응을 필요로 하는 동전 돌리기 과제를 통해 동측 상지에 운동 결함이 있다고 보고하였다.

타판이나 추적과제는 우성 뇌반구의 운동 제어(lateralized motor control)에 관한 연구에 많이 사용되어지고, 타판과제 수행은 횟수(frequency), 진폭(amplitude), 속도(velocity)와 시간 간격의 가변성(temporal variability) 같은 다양한 움직임의 척도에 의해서 측정되어진다(Roy 등, 1992). 일반적으로 일정 시간 내에 수행해야 되는 타판 횟수는 우성 손(handedness), 연령, 성별에 따라 변화가 많기 때문에 타판 간 반응 시간 간격의 표준 편차를 이용한 변화 계수(coefficient of variation)를 사용하였다. 운동에서 가변성(variability)은 인간이 타고난 고유한 움직임의 특성으로 가변성 조절은 운동체계의 중요한 기능 중의 하나이다. 청소년기에는 운동 발달에 따라 시간적 가변성은 감소하지만, 노화나 뇌손상에 의해서 가변성은 더 증가하게 되어 동측 결함이 나타나는 것으로

판단하였다(Forsberg 등, 1991; Liu 등, 2006).

추적과제는 뇌의 각 손상 부위에서 치료 결과를 평가하고 손상된 조절을 확인하는데 효과적인 것으로, 운동 결함은 부족한 기능적 근육 활동, 움직임의 비정상적인 순서와 불규칙한 움직임의 결과로 정확성이 떨어지는 것으로 평가된다. 이외에도 Kim 등(2003)은 목표 지향 표적 동작(goal-directed target movement)에서 손상된 뇌반구의 동측 상지 뿐 만 아니라 하지에서도 정상인과 비교하여 반응시간(reaction time)과 잔류시간(dwell time)의 지연이 발견되었다고 보고하였다. Esparza(2003)는 또한 동측 상지를 사용할 때 몸통이 전위되는 범위와 상지간의 시공간적 협응력(temporospatial coordination)에서도 장애가 존재한다고 하였고, Sunderland 등(1999)은 경미한 신경심리학적 손상은 동측 상지의 기민성에 영향을 미친다고 보고하였다. 이러한 동측 운동 결함이 존재한다는 증거 이외에도, 시간이 경과함에 따라 운동 결함이 회복된다는 연구도 있다(Sunderland 등, 2000). Jung(2002)은 편측 뇌손상을 받은 뇌졸중 환자에서 근위부와 원위부의 근력 약화가 발견되었으며, 특히 근위부인 견관절의 기능이 손의 기능보다 덜 손상되었고, 더욱 빨리 회복되었다고 보고하였다.

여러 연구 결과에서 제시하는 바와 같이, 동측 운동 결함은 근력의 약화, 손에서 기민성의 감소와 같이 임상적인 평가에서 발견되기도 하며, 시간적 일관성이나 공간적 정확도에서의 오류, 지절간 협응력의 감소 등과 같이 실험적으로 측정되는 운동학적 요소에서도 결함이 존재한다. 비록 이와 상반되는 연구 결과도 존재하지만, 발병 후 기간이나 마비측 상지의 손상 정도와 같은 임상적 변수에 따른 결과일 가능성이 있으며, 동일한 과제일지라도 측정되는 변수에 따라 통계적 유의성이 다르게 나타날 수 있다.

2. 동측 운동 결함의 기전

임상적 평가에서 발견되거나 여러 과제를 측정하는 연구를 통해 편측 뇌손상 후 동측 상지에서

여러 가지 운동학적 결함이 발생한다는 것은 이미 많은 연구자들 사이에서 서로 일치하는 경향을 보이고 있다. 그러나 상반된 결과를 제시하는 연구도 존재하는데, 이는 유병 기간, 상지의 손상 정도나 편측 무사와 실행증과 관련된 신경심리학적 증상과 같이 뇌졸중에서 나타나는 증상의 다양성으로 대상자 표집의 동질성에 차이가 있을 수 있다. 또한 동측 상지의 운동 결함의 측정에 사용되는 과제의 특수성(specificity of task)에 의해 좌·우 뇌반구의 형태에 따른 실험 설계의 차이 때문일 가능성도 있다. 그러나 선행 연구자들은 운동 손상에 영향을 미치는 요인과 원인을 찾고자 하였고, 이는 임상에서 평가와 치료를 위해 중요한 정보를 제공할 뿐만 아니라 뇌손상 후에 발생하는 신경생리학적 변화와 뇌 기능을 파악하는데 중요한 역할을 한다.

1) 교차하지 않은 피질척수로의 역할

앞서 언급한 바와 같이 미성숙 뇌에서는 교차하거나 교차하지 않은 피질척수로가 함께 존재하고 교차하지 않은 피질척수로가 기능적 역할을 수행할지라도, 성장이 완료된 정상 성인에서는 교차하는 피질척수로의 역할만이 존재한다. 그러나 편측 뇌손상 후에는 동측성 피질척수로가 마비측 상지의 기능 회복에 중요한 역할을 한다고 잘 알려져 있다. 결국 손상되지 않은 뇌반구에서 동측으로 주행하는 교차하지 않은 피질척수로는 뇌손상 후 활성화되어 마비측 상지의 운동 제어에 관여한다는 것이다. 이와는 반대로, 동측 운동 결함의 연구에서는 손상된 뇌반구에서 주행하는 교차하지 않은 피질척수로가 비마비측 상지의 운동 제어를 방해하는 결과를 초래한다고 주장하고 있다(Jung 등, 2002; Kim 등, 2003; Song 등, 2005). 특히 Jung 등(2002)은 전정척수로, 망상척수로, 시개척수로 그리고 교차하지 않은 전피질척수로에 의해서 양측지배를 받는 상지의 근위부는 경한 손상과 함께 빠른 회복을 보이고, 상지의 원위부는 심각한 손상과 느린 회복을 유발한다고 하였으며, 편측 뇌손상으로 인해 반대측 신경로(contralateral motor pathway)가 손상되었다

라도 손상되지 않은 뇌반구에서 연결되는 동측 신경로(ipsilateral motor pathway)에 의해 반대측 상지는 빠른 회복을 보인다고 하였다. 또한 동측 상지에서도 손상된 동측 운동 신경로에 의해서 동측 운동 결함이 나타나지만 반대측 뇌반구에서 동측으로 연결되는 반대측 신경로의 보존으로 인한 동측 상지의 운동 결함의 회복이 이루어진다고 추정하였다. 이러한 사실을 입증하는 연구들이 있는데, Song 등(2005)은 뇌손상 후 동측 상지의 근력 약화 증상을 보인 두 명의 뇌졸중 환자에 대한 사례 연구를 보고하였는데, 그들은 첫 번째 손상으로 우측 뇌의 방사관(corona radiata)에 손상을 받고 왼쪽 편마비 증상을 보였으며, 거의 완전한 회복을 보였다. 그 후 두 번째 손상으로 왼쪽 뇌의 방사관에 손상을 받았고, 이로 인해 오른쪽 상지는 물론, 왼쪽 상지에도 근력 약화가 재발하였다고 보고하였다. 이러한 원인으로 교차하지 않은 피질척수의 손상으로 동측의 상지 근력에 마비가 발생하였다고 추정하였다. Wasserman 등(1992)은 양측성으로 지배하는 신경로인 전정척수로와 망상척수로 같은 피질하신경로는 견갑대와 상지의 근위부에 대한 운동 제어 뿐 아니라 동측 상지의 손까지 영향을 미친다고 하였고, Dobkin(1993)은 시상, 변연계, 기저핵 역시 양측 손의 움직임에 관여한다고 하였다. 따라서 신경로와 뇌 신경 핵들의 손상은 동측 상지의 기능 손상을 유발하는 명확한 원인이 될 수 있고, 인체의 말초에서 대뇌 피질로 이어지는 양측성 또는 동측의 감각신경로가 좌우 교차되어지는 것도 그 원인이라 할 수 있다고 보고하였다.

2) 과제의 복잡성과 난이도

동측 운동 손상을 연구하는 여러 연구자들은 앞서 설명한 동측의 운동 신경로의 손상으로 인한 원인과 더불어 동측 상지에서 수행 및 측정되어지는 과제의 복잡한 정도와 그 난이도에 따라 운동 결함이 나타난다고 하였다. Kim 등(2003)의 목표 지향 표적 과제에서의 반응 및 잔류 시간의 측정은 주어진 시간 내에 최대한의 운동 속도와 정확도를 요구하는 과제이며 과제의 난이도를 높

일수록 운동 결함이 더욱 현저하게 나타났다고 하였다. 또한 Esparza(2003)의 연구에서 동측 상지를 사용할 때 몸통이 전위되는 범위와 상지간의 시공간적 협응력(temporospatial coordination)이나 Debaere 등(2001)이 연구한 상지와 하지의 지절간 협응력(interlimb coordination)과 같은 과제도 단순하지 않고, 높은 협응력을 요구하는 난이도가 높은 과제에서 동측 운동 결함을 발견하였다. 신경학적 손상이 없는 정상인을 통해 과제의 복잡성과 난이도에 따른 뇌 활성화의 차이를 입증한 뇌지도화 연구에서도 이러한 가설을 뒷받침하고 있다. Winsten(1997) 등은 목표지향 표적 동작의 수행에 있어 과제의 난이도에 따른 뇌의 활성화를 양전자 방사 전산화 단층 촬영기(PET)를 통하여 연구한 결과, 과제의 난이도가 높아짐에 따라 뇌의 활성화되는 영역이 양측 전운동영역(premotor cortex), 보조운동영역(supplementary motor area), 꼬리핵(caudate nucleus), 두정엽(parietal cortex)에서 나타났다고 하였다. Kawashima 등(1993)는 기능적 자기공명 영상을 이용한 연구에서, 과제의 난이도와 복잡성이 증가함에 따라 양측 운동 영역(primary motor cortex)과 양측 앞쪽 전운동영역(ventral premotor cortex), 양측 소뇌와 두정엽에서 활성화가 나타났다고 보고하였다. 또한 기능적 자기공명 영상을 이용한 뇌지도화 연구에서도 복잡성과 난이도가 높은 과제의 움직임을 수행할 때, 반대측 뇌반구의 활성화 뿐 아니라 동측의 뇌반구에서도 활성화가 나타난다고 하였고(Jang 등, 2003a; Kawashima 등, 1993), 과제수행의 난이도(task difficulty)를 어렵게 할수록 양측 뇌반구의 활성화도는 증가하고 동측 상지의 운동 결함 정도가 더 심하게 나타났다고(Winsten 등, 1997). 이와 관련하여 동측 상지의 운동 결함을 연구한 많은 연구자들은 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; Winsten 등, 1997;

Winstein과 Pohl, 1995).

3) 뇌반구의 편측화와 실행증

좌우측으로 존재하는 양측의 뇌반구는 정상인에 있어서 해부학적 또는 기능적으로 비대칭성을 나타내며, 이러한 개념을 "뇌반구의 비대칭성(hemispheric asymmetry)"으로 표현하고 있다. 또한 뇌의 특정한 기능이 한쪽 뇌반구에서 그 기능적 역할이 현저하게 나타날 때 "편측화(lateralization)"되었다고 말한다. 예로 대표적인 뇌의 편측화된 기능은 언어 능력과 시공간지각력으로, 언어에 대한 뇌의 우성은 좌반구이며 시공간적 개념에 대한 우성은 우반구라는 사실은 이미 널리 알려진 사실이다(Harvey 등, 1994). 또한 기능적 비대칭성 뿐 만 아니라 해부학적 비대칭성도 존재하는데, 경두개자극(TMS)을 이용한 연구에서, 오른손이 우성인 정상인에서 좌측 상지보다 우측 상지의 신경 경로의 역치 수준이 더 낮다고 하였고(Triggs 등, 1994), 자기공명영상의 판독에서 브로드만 영역 4중 좌·우 손의 영역에 해당하는 일차운동피질의 꼭지(central knob)에서 좌우 크기가 다르다고 하였다(Foundas 등, 1998).

동측 운동 결함의 기전을 뇌반구의 편측화 또는 비대칭성 때문으로 가정할 수 있는데, 이는 운동 결함이 특정한 뇌반구의 손상에서 더욱 나타난다는 것으로 설명하고 있다. 동측 운동 결함에 관한 대부분의 실험 연구들은 먼저 주용손이 오른쪽인 대상자만을 선정하고, 편측 뇌손상 환자와 나이 및 성별이 일치하는 정상 성인의 운동 기능을 비교하는 실험 설계하였다. 또는 엄연히 존재하는 좌우측 운동 기능의 차이를 배제하고 좌우 뇌반구의 기능적 차이를 알아보기 위해 환자군을 좌측과 우측의 뇌손상 환자들을 구분하고, 비교 대상인 정상인에서도 좌측과 우측의 대조군을 구분하여 환자군과 정상인의 같은 쪽 상지 기능을 서로 비교하였다. 그 결과 대체적으로 좌측 뇌반구 손상 환자군에서 현저하게 심한 동측의 운동 기능 결함을 보였다는 일관된 결과를 제시하고 있다(Debaere 등, 2001; Hanna-Pladdy 등, 2002; Hermsdorfer과 Goldenberg, 2002). 따

라서 이러한 결과를 통해 뇌반구의 편측화 또는 비대칭성이 동측 운동 결함에 결정적인 원인으로 주장하고 있다.

뇌지도화 연구에서도 이러한 가설이 입증되었는데, Kim 등(1993)은 열 명의 오른손잡이와 다섯 명의 왼손잡이를 대상으로 반복적 대립 운동(repetitive opposition movement)을 수행하는 동안 기능적 자기공명영상을 이용하여 좌우 뇌반구에서 일어나는 뇌 활성화도의 차이를 실험하였는데 우성 뇌반구에서 두 그룹 모두 한쪽 손의 움직임에 대한 대측성 뇌 활성도를 보인 반면, 비우성 뇌반구에서는 두 그룹 모두 동측과 반대측 뇌 활성화도(contralateral & ipsilateral hemispheric activation)를 보였다고 한다. 따라서 오른손이 우성인 정상인에서 좌반구에서 좌측 상지와 손으로 이어지는 동측 신경로가 반대측의 동측 신경로보다 기능적으로 더 우세함을 나타내고 있다. 또한 이는 좌반구가 오른손과 왼손 모두를 조절하도록 우성화되어 있다는 Liepmann(1907)의 가설과 일치한다. 그는 또한 숙련된 동작(skilled movement)을 위한 운동역학(movement kinematics)적 개념과 공식화(movement formulae)에 기여하도록 좌반구가 우성화되어 있음을 증명하고 있다. 따라서 편측 뇌손상 후 동측 상지의 운동 결함에 대한 원인은 운동 제어에 우성인 좌반구가 손상되면 기능적으로 활성화도가 높은 왼쪽 동측 신경로가 손상되어 동측인 좌측의 상지와 손의 기능에서 운동 결함이 발생된다고 생각된다. 이러한 운동 기능의 비대칭성과 좌측 뇌반구의 편측화에 대한 개념은 실행증으로 표현되는데, 동측의 운동 결함의 가장 중요한 원인으로 추정되고 있다.

3. 임상적 적용

인간의 운동 제어 기전과 뇌손상 후의 병리학적 변화를 명확하게 이해하는 것은 뇌손상 환자의 운동 기능을 평가하고 치료하는 물리치료 분야에서 중요하게 인식된다. 그 중 동측의 운동 결함의 이해는 마비측에 집중되어온 관심에서 벗어나 동측에 대한 운동 기능 평가의 필요성을 부

각시키고, 비정상적인 운동 형태를 보는 시각을 보다 넓혀 줄 수 있을 것이라 생각된다. Lansky 등(1988)의 연구에 따르면 미국 시민의 91.9%가 오른손이 우성이라고 보고하였고, 우성 뇌반구인 좌측 뇌손상을 받은 뇌졸중 환자들에게서 우측 상지의 완전한 운동 기능의 손상으로 전혀 기능적 사용이 불가능하다면, 비손상측이라 간주하는 동측인 좌측 상지를 사용하여 일상생활을 유지하여야만 될 것이다. 그러나 본 고찰에서 언급한 바와 같이 오른손이 우성인 환자의 좌측 상지는 단순한 동작에서부터 복잡한 움직임에 이르기까지 다양한 형태의 운동 손상이 나타난다고 하였다. 그 결과 손의 기민성이 요구되는 운전, 면도, 식사 등의 기능적인 일상생활 동작을 수행하는데 많은 제한을 가져오게 된다. 따라서 편측 뇌손상 환자의 반대측 상지의 기능 장애로 인한 동측 상지에서의 보상적 전략이나 적응전략(adaptive strategy)을 보다 더 세밀하게 계획하여야 하며, 특히 좌측 뇌손상 환자의 경우 더욱 세심한 평가와 치료가 이루어져야 하고, 동측 상지에 대한 평가와 적절한 치료로 운동 기능의 향상을 이끌어 낼 수 있다면 뇌손상 환자들에게 보다 나은 삶을 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

III. 결 론

편측 뇌손상을 받은 환자들은 마비측 뿐만 아니라 동측의 상지 및 하지에 운동학적 결함이 존재한다는 것은 많은 연구를 통해 입증되고 있다. 현재까지 제시된 동측 운동 결함의 원인은 교차하지 않은 피질척수로의 손상이나 과제의 난이도와 복잡한 정도, 편측화된 뇌반구의 손상과 실행증으로 추정되고 있다. 아직까지 명확한 원인이 제시되어 있지 않더라도, 임상적 평가에서도 관찰되며, 이러한 손상이 시간이 경과함에 따라 회복된다는 결과가 보여주듯이, 동측의 운동 결함의 존재를 인식하고 물리치료를 위한 평가와 중재가 필요하다는 것을 알 수 있다. 따라서 동측 운동 결함을 정확하게 평가하기 위한 도구가 정립되고, 적절한 치료적 중재가 필요하다고 생각

된다.

참고문헌

- 권용현, 김중선. 편측 뇌손상 환자에서 특정 과제에 한정된 동측 상지의 운동 결함 분석. 대한물리치료학회지. 2005;17(2):135-47.
- 권용현, 최진호, 신화경 등. 편측 뇌손상 환자에서 동측 상지의 근위부 및 원위부의 운동 결함에 관한 분석. 한국전문물리치료학회지. 2005;12(1):71-9.
- 김중선, 권용현. 가상현실치료프로그램이 만성 뇌졸중 환자의 상지 기능 회복과 뇌 재조직화에 미치는 사례보고. 특수교육재활과학연구. 2003;44(1):87-106.
- 김중휘, 김중선. 가상현실 프로그램이 만성 뇌졸중 환자의 선자세 균형에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2005;17(3):351-67.
- 박정미, 김중선. 가상현실 프로그램의 집중적 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 상지 기능 회복에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2004;16(4):687-98.
- 통계청. 한국통계연감 2002. 서울: 통계청 편집부. 2003.
- Brodal A. Self-observations and neuro - anatomical considerations after a stroke. Brain. 1973;96(4): 675-94.
- Carey JR, Baxter TL, Di Fabio RP. Tracking control in the nonparetic hand of subjects with stroke. Arch Phys Med Rehabil. 1998;79(4):435-41.
- Colebatch JG, Gandevia SC. The distribution of muscular weakness in upper motor neuron lesions affecting the arm. Brain. 1989;112(Pt 3):749-63.
- 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):519-29.
- Desrosiers J, Bourbonnais D, Bravo G et al. Performance of the 'unaffected' upper extremity of elderly stroke patients. Stroke. 1996;27(9):1564-70.
- Dobkin BH. Neuroplasticity. Key to recovery after central nervous system injury. West J Med. 1993;159(1):56-60.
- Esparza DY, Archambault PS, WinsteinCJ 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):488-97.
- Eyre JA, Taylor JP, Villagra F et al. Evidence of activity-dependent withdrawal of corticospinal projections during human development. Neurology. 2001;57(9):1543-54.

- Farne A, Roy AC, Paulignan Y et al. Visuomotor control of the ipsilateral hand: evidence from right brain-damaged patients. *Neuropsychologia*. 2003;41(6):739-57.
- Fernandes MR, Carvalho LB, Prado GF. A functional electric orthosis on the paretic leg improves quality of life of stroke patients. *Arq Neuropsiquiatr*. 2006;64(1):20-3.
- Forsberg H, Eliasson AC, Kinoshita H et al. Development of human precision grip. I: Basic coordination of force. *Exp Brain Res*. 1991;85(2):451-7.
- Foundas AL, Hong K, Leonard CM et al. Hand preference and magnetic resonance imaging asymmetries of the central sulcus. *Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol*. 1998;11(2):65-71.
- Haaland KY, Harrington DL. Hemispheric asymmetry of movement. *Curr Opin Neurobiol*. 1996;6(6):796-800.
- Haaland KY, Harrington DL, Knight RT. Spatial deficits in ideomotor limb apraxia. A kinematic analysis of aiming movements. *Brain*. 1999;122(Pt 6):1169-82.
- Haaland KY, Harrington DL, Yeo R. The effects of task complexity on motor performance in left and right CVA patients. *Neuropsychologia*. 1987;25(5):783-94.
- Hanna-Pladdy B, Mendoza JE, Apostolos GT et al. Lateralised motor control: hemispheric damage and the loss of dexterity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2002;73(5):574-7.
- Harvey M, Milner AD, Roberts RC. Spatial bias in visually-guided reaching and bisection following right cerebral stroke. *Cortex*. 1994;30(2):343-50.
- Hernsdorfer J, Goldenberg G. Ipsilesional deficits during fast diadochokinetic hand movements following unilateral brain damage. *Neuropsychologia*. 2002;40(12):2100-15.
- Hernsdorfer J, Ulrich S, Marquardt C et al. Prehension with the ipsilesional hand after unilateral brain damage. *Cortex*. 1999;35(2):139-61.
- Jang SH, Kim YH, Cho SH et al. Cortical reorganization associated with motor recovery in hemiparetic stroke patients. *Neuroreport*. 2003a;14(10):1305-10.
- Jang SH, Kim YH, Cho SH et al. Cortical reorganization induced by task-oriented training in chronic hemiplegic stroke patients. *Neuroreport*. 2003b;14(1):137-41.
- Jung HY, Yoon JS, Park BS. Recovery of proximal and distal arm weakness in the ipsilateral upper limb after stroke. *NeuroRehabilitation*. 2002;17(2):153-9.
- Kandel E, Schwartz J, Jessell T. *Principles of Neural Science*. International Edition. McGraw-Hill, 2000: 655-73.
- Kawashima R, Yamada K, Kinomura S et al. Regional cerebral blood flow changes of cortical motor areas and prefrontal areas in humans related to ipsilateral and contralateral hand movement. *Brain Res*. 1993;623(1):33-40.
- Kim SH, Pohl PS, Luchies CW et al. Ipsilateral deficits of targeted movements after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(5):719-24.
- Kim SG, Ashe J, Hendrich K et al. Functional magnetic resonance imaging of motor cortex: hemispheric asymmetry and handedness. *Science*. 1993;261(5121):615-7.
- Lansky LM, Feinstein H, Peterson JM. Demography of handedness in two samples of randomly selected adults (N=2083). *Neuropsychologia*. 1988;26(3):465-77.
- Liepmann H, Mass O. Fall von linksseitiger agraphie und apraxie bei rechtsseitiger lahmung. *Zeitschrift für Psychologie und Neurologie*. 1907;10:214-27.
- Liu W, Forrester L, Whittall J. A note on time-frequency analysis of finger tapping. *J Mot Behav*. 2006;38(1):18-28.
- Orrell AJ, Eves FF, Masters RS. Motor learning of a dynamic balancing task after stroke: implicit implications for stroke rehabilitation. *Phys Ther*. 2006;86(3):369-80.
- Provinciali L. Role of scientific societies in implementation of stroke guidelines and clinical pathways promotion. *Neurol Sci*. 2006;27(Suppl 3):284-6.
- Roy EA, Clark P, Aigbogun S et al. Ipsilesional disruptions to reciprocal finger tapping. *Arch Clin Neuropsychol*. 1992;7(3):213-9.
- Song YM, Lee JY, Park JM et al. Ipsilateral hemiparesis caused by a corona radiata infarct after a previous stroke on the opposite side. *Arch Neurol*. 2005;62(5):809-11.
- Stanfield BB, O'Leary DD. The transient corticospinal projection from the occipital cortex during the postnatal development of the rat. *J Comp Neurol*. 1985;238(2):236-48.
- Sunderland A. Recovery of ipsilateral dexterity after stroke. *Stroke*. 2000;31(2):430-3.
- 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): 949-55.

The Korean Neurological Association. Epidemiology of cerebrovascular disease in Korea - a Collaborative Study, 1989-1990. Korean Neurological Association. *J Korean Med Sci*. 1993;8(4):281-9.

Triggs WJ, Calvanio R, Macdonell RA et al. Physiological motor asymmetry in human handedness: evidence from transcranial magnetic stimulation. *Brain Res*. 1994;636(2):270-6.

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):1581-94.

Winstein CJ, Pohl PS. Effects of unilateral brain damage on the control of goal-directed hand movements. *Exp Brain Res*. 1995;105(1):163-74.