

사지 실행증의 평가 및 신경생리학적 고찰

최진호, 박지원¹, 권용현²

강릉영동대학 물리치료과, ¹대구가톨릭대학교 보건과학대학, ²대구대학교 대학원 재활과학과

Assessment and Neurophysiology of the Limb Apraxia: Review Article

Jin-Ho Choi, PT, PhD; Ji-Won Park, PT, PhD¹; Yong-Hyun Kwon, PT, MS²

Department of Physical Therapy, Gangneung Yeongdong College; ¹Department of Physical Therapy, College of Health Science, Catholic University of Daegu; ²Department of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University

The purpose of this study was to review the limb apraxia. It includes the evaluation and neurophysiological aspects for limb apraxia. Limb apraxia comprised a wide spectrum of higher-order motor disorders that results from acquired brain disease affecting the performance of skilled and/or learned movements with the forelimbs and is a common sequela of left brain damage that consists of a deficit in performing gestures to verbal command or to imitation. There are two forms in limb apraxia; ideational apraxia and ideomotor apraxia. A assessment of limb apraxia typically includes pantomiming and imitation of transitive, intransitive, and meaningless gestures. Limb apraxia has been attributed to damage confined to the cerebral cortex, cortico-cortical connecting pathways, and basal ganglia. (*J Kor Soc Phys Ther 2006;18(2):7-16*)

Key Words : Limb apraxia, Assessment, Neurophysiology

I. 서론

사지 실행증(limb apraxia)은 뇌손상으로 나타나는 고위수준의 운동장애(higher-order motor disorder)로 상지를 이용하여 숙련되고 학습된 동작을 수행하는데 어려움이 나타난다. 그러나 치매 등으로 인한 언어 이해력의 장애가 원인이 되거나 기본적인 운동 감각기능(motor sensory deficit)의 장애로 인해 동작을 흉내내지 못하는 것은 사지 실행증이라 할 수 없다. 실행증이란 용어는 Steinthal(1871)의 문헌에서 처음으로 발견할 수 있지만, 독일의 신경학자인 Liepmann (1900, 1908, 1920)에 의해 구체적으로 연구되었다. Liepmann(1900)은 혼합 실어증(mixed aphasia)과 뇌

졸중 후 치매로 진단받고 베를린 병원에 입원한 48세의 오른손이 우성인 황실고문에 대해 임상적으로 자세히 설명하였고, 이것으로 실행증의 모든 신경생리학적 모델의 기본적인 틀을 제시하였다. 사지 실행증은 주로 왼쪽 대뇌반구 손상 이후 동작 또는 몸짓을 흉내내고, 지시에 따라 의미 있는 동작을 수행하며, 물건 또는 도구를 실제 사용하는데 장애가 발생하여 독립적인 일상생활에 심각한 장애로 이어진다(Goldenberg와 Hagmann, 1998). 사지 실행증이란 용어는 학습된 기술(learned skills)과 의미있는 기술(meaningful skills)을 의도적으로 실행하는데 장애를 나타내는 것으로 주로 뇌졸중 환자에서 나타나지만 알츠하이머병(Alzheimer's disease), 피질-기저핵 변성(cortico-basal degeneration), 그리고 헌팅톤병(Huntington's disease)에서도 발생할 수 있다(Ochipa 등, 1992 ; Salter 등, 2004; Shelton과 Knopman, 1991; Tayler, 1994). 사지 실행증은 왼쪽

논문접수일: 2006년 2월 23일
수정접수일: 2006년 3월 6일
게재승인일: 2006년 3월 13일
교신저자: 권용현, kwonpt@lycos.co.kr

대뇌반구 손상환자의 약 50%에서 실행증이 발견되었고, 오른쪽 대뇌반구 손상환자에서는 전혀 발견되지 않아 운동조절(motor control)의 조직화(organization)는 왼쪽 대뇌반구가 우성(dominant)인 것으로 판단하였다(Liepmann, 1908). 그러나 De Renzi 등(1980)과 Zwikel 등(2004)은 왼쪽 대뇌반구 손상환자에서 각각 50%와 51.3%, 오른쪽 대뇌반구 손상환자의 20%와 6%에서 실행증을 발견하여 오른쪽 대뇌반구 손상으로도 사지 실행증이 나타날 수 있다고 보고하였다. 사지 실행증은 행동양식에 따라 관념실행증(ideational apraxia)과 관념운동성실행증(ideomotor apraxia)으로 구분할 수 있는데, 관념실행증은 주어진 과제를 수행하기 위해 운동계획을 수립하는데 장애가 발생하여 부적절한 행동이 나타나거나 도구와 물체를 적절한 용도로 사용하지 못하게 된다. 관념운동성실행증은 운동프로그램을 실행하는데 장애가 발생하여 주로 공간왜곡(spatial distortion)이 나타나고 동작의 지남력(gesture orientation)과 관절 협응력(joint coordination), 운동속도에 장애가 발생한다(Clark 등, 1994; Poizner 등, 1995; Rothi 등, 1988).

Moorlaas(1928)는 실행증 환자가 도구와 물체를 사용하려고 할 때 어려움에 직면하는 것을 설명하기 위해 이용인식불능증(agnosia of utilization)이란 용어를 사용하였고 실행증 환자는 물건을 식별할 수 있고 사용 목적을 기억할 수 있지만, 물건의 사용 목적을 달성하기 위해 어떻게 사용해야 하는지는 모른다고 보고하였다. 이러한 이용인식불능증은 Liepmann(1908)의 연구에서 보고된 관념실행증에 해당된다. 또한 실행증은 실어증(aphasia)과 관련이 있는데, Kertesz와 Ferro(1984)의 연구에서 실행증과 실어증의 상관관계(correlation)를 0.40으로 보고하였다. 이러한 관계는 말하기(speech)에 대해 왼쪽 대뇌반구가 우성이기 때문이다. Heilman(1973)은 구두명령(verbal command)으로 운동을 정확히 수행하지 못하지만, 도구를 보여주고 동작으로 흉내내며 운동을 잘 수행한 환자들을 보고한 반면, De Renzi 등(1982)은 환자에게 도구를 보여주어도 동작으로 흉내내지 못하지만 구두명령에는 운동을 잘 수행하는 환자를 보고하여 Heilman(1973)의 연구와 상반되었다. 운동표현(movement representation)이 저하된 관념운동성실행증 환자에게 동작을 보여주는 것은 더 이상 뇌에 저장되어 있지 않은 정보를 제공하기 때문에 동작을 잘 흉내내는 것이다. 그러므로 동작 흉내내기는 구두명령에 따른 동작 흉내내기보

다 상위수준의 움직임이다. 그 반면 일부 환자는 동작 흉내내기보다 구두명령에 따른 동작을 더욱 잘 수행할 수 있는데, 이런 형태의 해리실행증(dissociative apraxia)을 시모방해리실행증(visual-imitating dissociation apraxia)라고 한다(Merians 등, 1997). 이와 같이 실행증은 구두나 시각적 지시에 따라 정확한 동작을 수행할 수 없고, 도구를 사용하는 움직임에 문제가 있는 것으로 알려진 증상으로 뇌손상 환자에게 일상생활 동작을 수행하는 것을 어렵게 한다. 따라서 뇌손상 환자의 기능적 동작을 평가하고 치료하는 물리치료 분야에서 다루어야 할 중요한 증상이라 판단된다. 이에 본 고찰은 사지 실행증의 평가와 신경생리학적 측면에서 재조명하고자 하고자 한다.

II. 본론

1. 사지 실행증의 평가

사지 실행증 검사는 관념실행증 검사와 관념운동성실행증 검사로 구분할 수 있는데, De Renzi 등(1968)은 해머, 칫솔, 가위, 권총, 지우개, 자물쇠와 열쇠, 양초와 성냥통 등 7가지 물건을 실제 사용하여 관념실행증을 평가하였다. 환자는 직접 물건을 손으로 잡고 어떻게 사용하는지 검사자에게 시범을 보이도록 하였고, 오른쪽 상지에 마비가 심할 경우 왼쪽 상지를 사용하도록 하였다. 검사자는 환자의 반응에 따라 점수를 부여하였는데, 즉각적으로 정확하게 사용하면 2점, 약간 우물쭈물하거나 잘못된 움직임이 있었지만 사용법이 정확한 경우, 그리고 사용법이 개념적으로 맞을 경우, 실제 움직임이 부정확하고 어색한 경우 1점, 이상이 언급된 이외의 움직임 오류가 있을 경우 0점을 적용하였다. 점수범위는 0-14점으로 14점이하인 경우 관념실행증으로 진단하였다. 관념운동성실행증 검사는 실제 물건을 사용하지 않는 수동적 동작(intransitive gesture)을 환자에게 재현하도록 요구하여 평가하였다(De Renzi, 1985). 관념운동성실행증 검사에 사용된 항목은 24가지 동작으로 상징적(symbolic)이거나 비상징적(nonsymbolic) 동작으로 구성되었다. 환자는 첫 번째 기회에서 정확하게 수행하지 못할 경우 두 번째 기회가 적용되고, 두 번째 기회도 정확하게 수행하지

못할 경우 세 번째 기회가 적용하였다. 환자가 첫 번째, 두 번째, 세 번째 기회에서 동작을 정확하게 재현할 경우 각각 3점, 2점, 1점을 적용하였고, 세 번째 기회까지 성공하지 못할 경우 0점을 적용하였다. 이 검사의 점수범위는 0-72점으로 53점 이하인 경우 관념운동성실행증으로 진단하였다(Faglioni 등, 1990). 관념실행증 검사와 관념운동성실행증 검사의 모든 과정은 비디오 촬영으로 기록하고 동작의 오류를 분석하여 기록하였다. 관념실행증의 주요 동작오류 항목은 동작의 혼란성(perplexity), 어색함(awkwardness), 생략(omission), 위치오류(localization error), 부적절한 사용(inadequate utilization), 순서오류(sequence error), 대용(substitution)이고 관념운동성실행증의 주요 동작오류 항목은 동작의 생략(omission), 보속증(perseveration), 보속강요(perseverative intrusion), 잘못된 효과기 위치(wrong effector position), 부적절한 순서(inappropriate sequence), 'conducted' approche(목표 동작을 달성하기 위해 반복적인 동작 조절), 대용(substitution), 분별할 수 없는 동작(unrecognizable gesture)이다(De Renzi와 Lucchelli, 1988; Miller, 1986).

그리고, Heugten 등(1999)은 실행증 검사를 2개의 세부검사(subtest)로 구성하였다. 첫째 세부검사는 관념실행증을 검사하는 방법으로 물건을 정확히 사용할 수 있는지를 평가하는데, 3 세트(set)로 구성되어 있고, 환자에게 "이것을 어떻게 사용하는지 보여주세요"라고 동일하게 주문하고 각 세트는 일상생활에서 흔히 사용되는 3가지 물건을 이용하였다. 첫째 세트는 환자에서 열쇠, 톱, 칫솔을 직접 보여주지 않고 단지 구두주문(verbal request)만 하였고, 둘째 세트는 손가락, 망치, 가위를 직접 환자에게 보여주었으며, 셋째 세트는 지우개, 빗, 드라이버를 직접 환자에게 주고 사용하도록 하였다.

둘째 세부검사는 관념운동성실행증을 검사하는 방법으로 동작으로 흉내내는 능력을 평가하였는데, 사용되는 동작은 혀 내밀기, 촛불 끄기, 눈 감기, 안녕이라고 손 흔들기, 손으로 경례하기, 주먹 쥐기 등의 6가지로 구성되었고, 검사자가 직접 시범보이고 환자가 즉시 흉내낼 수 있는지 평가하였다. 실행증 검사는 운동장애 또는 감각장애로 인한 저해를 방지하기 위해 비손상측을 이용하여 검사하였다.

검사결과 환자가 정확하고 적절하게 수행한 경우

3점, 비슷하지만 부정확하거나 환자 자신의 인체 일부를 물건으로 사용하는 경우 2점, 단지 조금 비슷하게 수행하거나 물건을 잘못된 곳에 사용할 경우 1점, 부정확하게 사용하거나 물건에 대해 인식하지 못할 경우 0점이 적용되었다. 이상 15가지 항목은 2번 검사하였는데, 1차 검사에서 정확히 수행하면 6점이 적용되었고, 만약 정확하게 수행하지 못하면 2점이 적용되고 2차 검사를 수행한다. 이와같이 각 항목의 만점은 6점으로 관념실행증검사와 관념운동성실행증검사 총점은 각각 54점과 36점으로 합계 90점 만점으로 구성된다. 이 검사의 Cronbach's $\alpha=0.96$, Mokken coefficient of scalability $H=0.72$, Mokken coefficient of reliability $\rho=0.96$ 로 내적일관성(internal consistency)은 높게 나타났고, 실행증 환자와 비실행증 환자의 감별하는 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity)도 80% 이상 높게 나타내어 충분한 진단적 가치를 가지고 있다(Heugten 등, 1999).

한편, Schnider 등(1997)은 사지 실행증을 의미있는 동작(meaningful movement)과 의미없는 동작(nonsense movement) 항목으로 대별하여 평가하였다. 의미있는 동작은 타동적 동작(transitive movement), 수동적 동작(intransitive movement) 항목으로 구분하여 평가하였다.

타동적 동작항목은 일상생활에 익숙한 도구를 사용하는 흉내를 내는 과제로 12가지 도구(망치, 총, 톱, 칫솔, 열쇠, 가위, 포크, 빗, 연필, 드라이버, 찻주전자, 전화다이얼)를 5가지 세부검사방법으로 구성되어 있다. 첫 번째 세부검사는 환자에게 "망치를 어떻게 사용합니까?"라고 구두로만 주문하고, 두 번째 세부검사는 환자에게 시각적으로 직접 망치를 보여 주며 "망치를 어떻게 사용합니까?"라고 구두주문하며, 세 번째 세부검사는 환자에게 검사자가 수행하는 동작을 흉내내도록 주문하고, 네 번째 세부검사는 환자는 도구를 볼 수 없도록 하고 도구를 직접 만져보도록 하여 "이 도구는 어떻게 사용합니까?"라고 구두주문하며, 다섯 번째 세부검사는 환자에게 도구를 직접 시각적으로 보여주고 환자가 실제 사용해 보도록 주문하였다. 수동적 동작항목은 일상생활에서 익숙한 의미 있는 관념적 동작 10가지 과제를 구두명령으로 흉내내는 것을 평가하는 것으로, 일상생활에서 흔히 사용되는 헤어질 때 손 흔드는 동작, 히치하이킹(hitchhiking) 동작, 군대식 경례하기, 사

람을 부르는 동작, 정지하라는 동작, 다른 쪽으로 가라는 동작, 주먹 쥐기, 검사자를 손으로 지목하기, 종다는 동작, 머리 굽는 동작으로 구성되었다. 이 두 가지 항목에서 정확히 수행할 경우 4점, 즉각적 반응이 나오지 않거나 약간의 수정할 수 있는 오류가 발생할 경우와 몸을 도구로 사용하는 동작 (body-part-as-object error)을 보일 경우 3점, 확실치 않거나 주저하는 동작을 보일 경우 2점, 움직임의 의도는 이해하고 과제와 관련되지만 왜곡된 동작을 보일 경우 1점, 전혀 관련 없는 동작을 보일 경우 0점을 적용하였다. 의미 없는 동작은 검사자가 제시하는 의미 없는 손 모양을 따라하거나 연속된 세 가지의 동작을 따라하는 과제로 정확하게 수행할 경우 2점, 주저하거나 유사한 동작이 있을 경우 1점, 전혀 수행하지 못할 경우 0점을 적용하였다. 타동적 동작 항목과 수동적 동작 항목의 총점은 각각 48점과 40점을 적용하였다. 의미없는 동작 항목은 8가지 무의미한 연속동작을 검사자에게 흉내내도록 하였는데, 각 동작은 환자의 머리 또는 체간에 대한 한쪽 손의 위치를 정하는 것으로 2회 검사하였다. 평가는 마지막 동작에서 손의 위치, 마지막 동작에서 손의 모양, 마지막 동작의 선택 등 3가지 세부항목으로 구성되었고, 정확하게 수행하였을 경우 2점, 약간의 오류가 있을 경우 1점이 적용되었으며, 일련의 동작이 정확하면 2점을 추가로 적용하였다. 각 세부항목 총점은 14점, 2회 검사의 총점은 28점, 총합계 224점이 적용되었다(Schnider 등, 1997).

2. 사지 실행증의 신경생리학

사지 실행증은 복잡한 고위운동행위의 장애로, 외부의 영향과 자신의 생각에 반응하여 운동프로그램의 계획, 구성, 실행하는데 장애가 발생한 것으로 순차적인 활동(sequential activity)의 단순한 장애로 볼 수 없고 운동순서(motor sequence) 내에 운동요소들을 적절히 선택하는 것에 장애가 발생한 것이다(Pramstaller와 Marsden, 1996).

Liepmann(1900) 그리고 Liepmann과 Maas(1907)는 대뇌피질과 피질과 피질을 연결하는 신경로(cortico-cortical connecting pathway)의 손상으로 실행증이 발생한다고 생각하였다. 또한 실행증 또는 실행부전(parapraxia)을 복잡한 고위운동행위(complex higher motor behaviour)의 장애라고 인식

하였고, 근약화, 운동불능(akinesia), 비정상적인 자세 또는 근긴장도와 같은 기본적인 운동장애가 없음에도 불구하고 목적있는 숙련된 움직임을 수행할 수 없고, 비정상적인 감각, 이해력(comprehension) 또는 기억력 장애가 특징이라 보고하였다. 실행증 환자는 근육을 수축하고 움직일 수 있는 능력은 있지만, 잘못된 운동패턴이 나타나고, 의도한 움직임이 부적절하게 나타나거나, 움직임이 단편적이고 공간적으로 편향되거나 운동을 계속 반복하게 된다. 그래서 실행증을 주로 운동과 움직임에 대한 장애로 인식하였고 감각-수용 기능(sensory-receptive function)의 결함이 원인이 아니고, 움직임에 운동부분, 움직임을 표현하는 조절능력에 결함이 있다고 생각하였다(Liepmann, 1900).

초기 실행증 연구는 임상해부학적 관점(clinicoanatomical view)에서 접근하였다(Lipmann, 1906). 그러나 von Monakow(1914)에 의해 국소해부학적 측면(topographical aspect)에 중점을 둔 신경병리학적 연구(neuropathological work)가 이루어졌는데, 실행증을 특정 피질영역의 손상의 결과라기보다 기능해리(diaschisis) 또는 대량작용(mass effect) 결과라고 주장하였고, 피질영역에 흥분성 변화로 특정 반사궁들(certain reflex arcs) 사이에 혼란으로 자동적인 움직임(automatic movement)에 장애가 발생한 것이라고 생각하였으며, 국소병변(focal lesion) 또는 미만병변(diffuse lesion)으로 실행증이 발생한 사례를 처음 비교하였으나 실행증이 발생할 것으로 생각되는 부위에 병변이 있는 환자는 임상적으로 이상이 발견되지 못하였다.

실행증은 말하기에 우성인 대뇌반구의 두정피질과 전두피질영역에 병리적 현상, 또는 동측 대뇌반구 내에 이들 영역들을 연결하는 신경다발의 병변, 그리고 동측과 반대측 대뇌반구의 운동피질영역과 연결된 뇌량을 통과하는 신경로의 병변으로 발생할 수 있다(Pramstaller와 Marsden, 1996). Liepmann과 Maas(1907)는 왼쪽 대뇌반구가 언어(language)뿐만 아니라 목적성 있고 숙련된 운동을 조절하는 운동기억심상(motor engram)에 관여한다고 주장하였다. Liepmann(1920)은 이들 운동기억심상을 운동공식(motor formula)이라 하였고 이것은 운동에 시간-공간-형태 영상(time-space-form picture)을 포함한다고 주장하였다. 숙련된 운동을 학습하는 것은 운동공식과 신경지배패턴의 습득이 필요하고 이것은 공식에

대한 정보를 적절한 일차운동영역에 전달하게 된다 (Pramstaller와 Marsden, 1996).

Liepmann(1908, 1920)의 행동개념(praxis concept)에서, 복잡한 운동수행을 교정하는 것은 운동작용이 명확해지고 조절된 모든 단순한 움직임들이 공간적, 시간적으로 정렬되는 운동공식이 존재하기 때문이다. 기본적으로 2단계로 구분하였는데, 첫째 단계는 움직임에 대해 전반적으로 계획하거나 관념(ideation)에 대한 기억을 불러오고 둘째 단계는 적절한 신경지배패턴의 순서로 해독하여 수행하는 단계이다. 그는 움직임에 대한 관념 또는 계획은 모든 뇌가 관여하지만 특히 왼쪽 대뇌반구의 뒤쪽 부분이 역할을 담당하는 것으로 생각하였다. 또한 신경지배패턴의 운동기억(kinetic memory)은 현재 일차감각운동영역과 운동전영역에 해당되는 왼쪽 감각운동중추(senso-motorium, 운동감각-신경지배 기억심상)에 저장된다고 생각하였다. 이들 운동감각-신경지배 기억심상은 운동계획에 의해 활성화되고 명령을 받게 된다.

Liepmann(1908, 1920)은 기본적으로 단독으로 복잡한 운동을 일으키는 국소적으로 제한된 뇌영역인 행동중추(praxis centres)의 존재를 부정하였다. 그러나 뇌에는 고위 명령 운동행동을 조직하고 중요한 피질과 피질을 연결하는 신경로에 의해 서로 연결하는 시스템 또는 부위가 있고 이들 분리된 구조들이 손상되거나 연결이 단절되면 실행증이 발생한다고 하였고 병변의 위치에 따라 실행증의 양상이 다르게 나타난다고 하였다. 병변이 뒤쪽일수록 질적으로 의도 선행결함(ideational apractic disturbance)이 나타나고, 병변이 앞쪽일수록 질적으로 사지-운동 선행결함(limb-kinetic spartic disturbance)이 나타난다. 관념운동성실행증(ideomotor apraxia)은 가운데 두정엽 손상(intermediate parietal damage)으로 생각된다 (Pramstaller와 Marsden, 1996).

운동활동의 첫 번째 단계는 계획중추(planning center)에서 운동을 계획하거나 요구된 운동의 생각을 조직하고, 운동계획은 전반적인 목적을 달성하기 위해 필요한 근육활동을 활성화하는 적절한 운동프로그램으로 변환되어야 한다. 운동계획에서 운동프로그램으로 변환은 실행중추(executive center)에서 일어나는 것으로 생각된다. 그러나 계획중추와 실행중추는 해부학적으로 특정 위치를 의미하는 것으로 아니다. 운동을 일으키는 외부적 자극(external

stimuli)과 내적 사고(internal thought)가 운동계획으로 통합되고 처리되는 계획중추로부터 또는 시공간적으로 적절한 운동신경원들이 활성화되기 위해 운동행위의 계획이 프로그램화되는 실행중추로 전달되는 전달에 어떠한 단절이 있으면 관념운동성실행증이 발생한다(Pramstaller와 Marsden, 1996). 만약 감각운동중추(sensomotorium)이 독립적으로 존재한다면, 사지-운동 실행은 유지되지만 운동의 의도(ideation) 또는 관념화(conceptualization)로부터 단절된다. 일부 운동을 흉내내는 것은 잘 회복되지만, 잔재적인 수행은 여전히 결함이 남아있게 된다. 관념운동성실행증은 가상의 도구(pretend object) 뿐만 아니라 실제 도구(real object)를 목적성 있게 다루는데 어려움이 있는 것을 의미한다. 관념운동성실행증 환자는 그 도구로 무엇을 해야하는지 정확히 알고 있지만, 운동을 실행하는데 필요한 신경지배패턴(innervatory pattern)을 불러오지 못한다. 반대로, 관념실행증은 원래 운동을 각 단계로 나누어 수행할 수 있지만 연속적인 운동활동을 수행하지 못하는 장애이다. 대상(subject)을 창조하고 운동활동에 프로그램을 해야 할 경우 운동행동은 가장 많은 장애를 받게된다. 그 장애 정도는 운동이 복잡할수록 심해지고 오류는 주로 연속적인 운동을 교정하는 것과 관련된다.

Liepmann(1920)은 감각운동중추의 손상으로 운동감각성 신경지배 잠재기억(kinesthetic-innervatory engram) 또는 운동기억(kinetic memory)의 상실이지운동 실행증(limb-kinetic apraxia)을 일으킨다고 하였다. 이런 실행증은 운동 복잡성에 관계없이 모든 형태의 동작 흉내내기에 장애를 일으킨다. 이런 운동들은 서툴고 어색하며 완성되지 않은 운동패턴을 수행하는 동안 운동이 도중에 끊어진다.

Geschwind(1965, 1975)는 구두명령과 문자명령(written command)이 언어처리과정과 유사한 신경로를 사용하여 운동행위를 이끌어낸다고 주장하였다. 특히 구두명령과 관련된 청각연합피질(auditory association cortex), 문자명령 또는 흉내내기와 관련된 시각연합영역(visual association area), 촉각조절(tactile control) 하에서 수행된 운동과 관련된 자극에 의해 처리되는 피질연합영역들(stimuli-processing cortical association areas)이 운동중추에서 단절(disconnection)되는 경우를 주목하였다. 예를 들어 구두명령에 의해 오른손을 움직일 경우 이용되는 해

부학적 신경로에 대해 Geschwind(1975)는 구두화된 언어(spoken language)에 대한 이해를 담당하는 Wernicke 영역으로부터 명령이 하위 두정엽(lower parietal lobe)을 거쳐 피라미트 신경로가 출발하는 중심전 운동피질(precentral motor cortex)을 조절하는 왼쪽 운동전영역(premotor area)에 전달된다. 어떤 물체를 왼손으로 잡으라는 명령이 주어지면 그 명령은 왼쪽 대뇌반구의 Wernicke 영역을 통과해야 하는데 2가지 경로를 생각할 수 있다, 먼저, 그 명령은 Wernicke 영역으로부터 왼쪽 운동전피질(premotor cortex)로, 그리고 여기에서 뇌량을 통해 오른쪽 대뇌반구의 운동전영역으로 연결되고 오른쪽 중심전 운동피질(precentral motor cortex)로 전달되어 왼쪽 상지를 조절하는 전방신경로(anterior route)를 이용하거나 Wernicke 영역으로부터 그 영역이 일치하는 오른쪽 대뇌반구로 연결되고 오른쪽 운동전피질과 중심전운동피질(precentral motor cortex)로 전달되는 후방신경로(posterior route)이다. 후방신경로는 주로 이용되는 신경로가 아닌 것으로 생각된다. 이 신경로가 손상되어 전방신경로가 더욱 활성화되면 왼쪽 상지에는 실행증이 나타나지 않는다(Geschwind, 1975). 우성 손에 대한 우성 대뇌반구는 운동기술의 습득을 포함한 학습에 대한 창고라고 할 수 있는데, 왼쪽 상지를 사용할 때 움직임에 대한 자세한 정보를 저장하는 왼쪽 대뇌반구는 오른쪽 대뇌반구를 완전히 지배하거나, 적어도 학습에 대해 왼쪽 대뇌반구보다 역할이 적은 오른쪽 대뇌반구에 큰 영향을 미칠 것이라고 생각된다. 이것은 가장 민첩한 손동작을 지배하는 대뇌반구는 또한 운동계획에 우성이어야 한다는 것을 의미한다. 그러나 모든 경우에도 왼쪽 대뇌반구만 운동기술을 학습한다는 것은 아니다. 오른쪽 하위 대뇌반구(right subordinate hemisphere)는 운동학습에 대한 창고를 가지고 있고 더욱 많은 정보들이 주어질 때만 활동한다(Liepmann, 1908; Geschwind, 1975).

특정형태의 움직임을 저장하기 위해 추체로체계(pyramidal system)와 추체외로체계(nonpyramidal system)의 다중운동체계(multiple motor system)가 관여하는 것으로 생각된다(Geschwind, 1975). 기저핵(basal ganglia)은 사고(thought), 감정(emotion), 계획(planning), 사지운동과 안구운동과 관련된 다중평행고리(multiple parallel loop)를 형성하여 전두피질의 넓은 영역에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

기저핵내에서 피질-선조체-담창 신경로(cortico - striato-pallido pathway), 흑질-시상-피질 신경로(nigro-thalamo-cortical pathway)의 상호작용하는 범위는 논쟁의 여지가 있다. 그러나 전두-선조-담창 체계(fronto-striato-pallidal system) 개념은 정립되어 있다. 기저핵과 전두피질의 기능 그리고 전두피질은 운동 조직화(organization of movement)에 관여한다. 전두피질은 기저핵 없이는 정상적으로 기능할 수 없기 때문에, 기저핵에 병변이나 질병으로 고위수준의 운동결함(higher order motor deficits) 또는 실행증이 발생하게 된다.

Heilman(1979)은 운동공식을 참고하여 기억에 대한 생물학적 용어인 시각운동잠재기억(visuokinaesthetic motor engram)을 소개하였다. 숙련된 활동(skilled action)을 수행하는데 필요한 운동프로그램순서인 이들 운동표현(motor representation) 또는 시공간 운동잠재기억(time-space motor engrams)은 우성 두정피질(dominant parietal cortex)의 아래두정소엽(inferior parietal lobule)에 저장되는 것으로 생각된다(Heilman 1979; Kimura, 1979; Rothi와 Heilman, 1985).

그러나 양측에 모두 존재(bilateral representation)하기도 한다(Heilman, 1979; Kertesz 등, 1984). 이들 잠재기억(emgrams)의 손상은 관념실행증(ideational apraxia)을 일으킬 수 있고, 운동영역(motor area)으로부터 잠재기억의 단절은 관념운동실행증(ideomotor apraxia)의 원인이 될 수 있다.

Heilman 등(1982, 1991) 그리고 Heilman과 Rothi(1985)는 관념운동실행증을 2가지 형태로 구분하였다. 첫째, 관념운동실행증의 후방유형(posterior type)으로, 시각운동잠재기억(visuokinaesthetic motor engram)을 담고 있는 왼쪽 두정피질의 모서리위이랑(supramarginal gyrus) 또는 모이랑(angular gyrus)의 병변이 원인이고, 동작식별기능(gestural discrimination function)에 도움이 되는 것으로 생각되는 이들 잠재기억의 손상으로 인해 정보입력과정이 차단될 뿐만 아니라 활동장애(performance deficit)가 나타난다. 관념운동실행증의 이런 형태를 나타내는 환자는 명령에 따른 흉내내기를 부정확하게 수행하고, 검사자가 수행한 동작이 잘되었는지 아니면 잘못되었는지를 구분할 수 없다. 둘째, 관념운동실행증의 전방유형(anterior type)인데, 모서리위이랑(supramarginal gyrus)의 앞쪽에 병변으로 운동전영역과 운동영역으

로부터 시각운동잡재기억(visuokinaesthetic motor engram)이 단절되어 나타난다. 이런 유형의 환자 또한 지시에 흉내내기를 잘 수행할 수 없지만, 동작을 완벽하게 이해하고 구분할 수 있는데, 그 이유는 움직임 또는 운동공식의 특이한 특징을 가진 정보(운동표현 또는 시공간 잡재기억)를 아직 가지고 있기 때문이다(Heilman 등, 1991). 우성 두정엽에 병변이 있는 환자는 시공간운동잡재기억(time-space motor engram)이 손상되어 이런 운동분석을 수행할 수 없다(Heilman 등, 1982; Rothi 등, 1985). 관념운동실행증의 이런 전방단절유형(anterior disconnection form)은 다시 2가지 유형으로 세분할 수 있다. 첫째, 뇌량병변(callosal lesion)으로 잡재기억을 가지고 있는 대뇌반구의 동측 손으로 동작을 정확히 수행하지 못하지만, 이들 잡재기억을 가지고 있는 대뇌반구의 반대측 손으로는 동작을 정상적으로 수행할 수 있다. 둘째, 시각운동잡재기억을 가지고 있는 대뇌반구의 병변으로 편측부전마비가 아닌 환자인 경우 어느 쪽 손이든 동작을 정확히 수행하지 못한다(Heilman 등, 1982, 1991). 후방유형(posterior type)으로 발생하는 인지장애(recognition disorder)와 식별장애(discrimination disorder)와 관련된 실행증은 동작의 실인증(agnosia of gesture)의 한 형태로 생각된다. Heilman 등(1991)은 시각영역(visual area)과 이들 잡재기억(motor engram)이 단절된 일부 환자는 물체를 정확하게 사용하고 명령에 따라 수행하지만 동작은 인식하지 못하였는데, 이런 환자를 몸짓에 대해 실인증(agnosia) 양상이라고 생각하였다. Rothi 등(1986)은 왼쪽 후두측두병변(left occipitotemporal lesion)으로 동작 흉내내기에 실인증이 있는 2명의 환자를 설명하였는데, 이런 병변은 두정엽에 저장되어 있는 시각입력의 시공간운동표현에 장애가 있는 것이라 주장하였다.

관념실행증은 운동프로그램과 함께 다양한 정보입력의 연합적 합성(associative elaboration)에 장애로 발생하고, 운동의 개념적 조직화(conceptual organization)에 장애로 볼 수 있다(Lehmkuhl과 Poeck, 1982; Poeck, 1985). De Renzi와 Luchelli(1988) 그리고 Poeck(1985)는 관념실행증을 관념운동성실행증의 매우 중증 형태가 아닌 자율적 증후군(autonomous syndrome)으로 표현하였다.

Heilman(1973)은 관념실행증을 구두-운동헤리실행증(verbal-motor dissociation apraxia)라고 설명하

였는데, 동작을 흉내내도록 지시했을 때 관념운동성 실행증이 있는 환자와 다르게 동작을 수행하는 3명의 환자를 설명하였다. 그 환자들은 동작을 따라해 보라는 지시에 운동반응이 없었지만, 요구되는 동작을 설명할 수 있었고, 검사자를 모방하고, 실제 도구를 정확하게 사용할 수 있었다. 그래서 흉내내기와 실제 도구사용을 잘 수행하였기 때문에 운동기술에 대한 잡재기억은 정상이라고 결론지었고, 시공간운동잡재기억에 대한 두정중추(parietal center)와 Wernicke 영역 사이가 단절(disconnection)되었기 때문이라고 주장하였다. 만약 명령에 관한 정보가 어떤 다른 신경로(흉내내기 또는 실제 도구를 표현)에 의해 두정중추에 전달되었다면, 운동실행(motor execution)과 관련된 전두엽으로 정보전달이 정상적으로 이루어질 수 있다. 결국 두정중추에 있는 운동표현 또는 시각운동잡재기억은 동작을 만들어내는데 운동영역을 프로그램화할 뿐만아니라 동작을 이해하고 식별하는데 중요한 역할을 한다.

De Renzi 등(1983) 그리고 De Renzi(1986)는 비록 실행증과 가장 흔히 관련된 뇌부위가 왼쪽 하두정소엽(left inferior parietal lobule)이라고 생각하였지만, 뇌의 심부구조물도 잠재적인 역할을 할 것이라고 생각하였다(De Renzi 등, 1986). 그는 실행증 장애의 본질은 많은 운동신경지배들 가운데 사용해야할 운동신경지배를 선택할 수 없을 때 나타난다고 주장하였다. 실행증을 판단할 때 중요한 요인은 운동의 질(quality)이 아닌 운동을 불러내고(evocation) 계획(planning)하는 인위적인 상황(artificial condition)이다(De Renzi, 1985).

그러므로, De Renzi 등(1982)은 실행증을 하나의 운동장애(disturbance of movement)가 아니라 그 환자와 관련된 몸짓과 적절한 운동반응이 전달되도록 지시하는 과정을 양식에 다양하게 악영향을 미친 것 이라고 하였다.

3. 사지 실행증에 대한 임상적 적용

앞서 언급한 바와 같이 사지 실행증은 기본적인 운동 조절에 필요한 요소인 근력, 감각, 협응력, 또는 움직임을 수행하기 위한 집중력, 의지력과 같은 신경심리학적 요소의 결함으로 설명할 수 없는 움직임을 장애로 인식되고 있다. 또한, 이러한 움직임 장애로 인해 뇌손상 환자들은 일반적인 도구를 사용하는

데 어려움이 있어 일상생활동작을 수행하는데 많은 장애를 보이고 있다. 더구나, Kertesz(1984)는 뇌손상 환자의 실행증 발생률이 54.6%라고 보고하였고, Pedersen 등(2001)은 손동작에 국한된 실행증 검사에서도 7%의 발생률을 보이며, 특히 왼쪽 대뇌반구 손상 환자에서 10%, 오른쪽 대뇌반구 손상 환자에서 4%의 발생률을 보고하였다. 그리고 실행증은 운동 계획과 실행의 장애이기 때문에 편측 뇌손상으로 인한 마비측 상지에만 국한되는 문제가 아니라 비마비측 상지의 운동 조절에도 많은 영향을 미친다. 이러한 결과는 동측 운동 장애(ipsilateral motor deficits)에 관한 연구 결과에서 많은 증거를 제시하고 있다. 그러므로 뇌졸중, 외상성 뇌손상 등의 뇌질환으로 인해 발생하는 실행증에 대한 관심과 평가는 뇌손상으로 인해 유발되는 비정상적인 움직임을 더욱 폭넓은 개념에서 이해할 수 있는 기회를 제공하고, 물리치료사에게 운동치료적 개입의 필요성이 부각될 것으로 생각된다.

III. 결론

사지 실행증은 주로 왼쪽 대뇌반구에 손상 또는 병변으로 상지를 이용한 숙련된 동작 또는 학습된 동작을 수행하는데 장애가 발생한 것으로 기본적인 운동감각기능의 장애가 원인은 아니다. 사지 실행증은 행동양식에 관념실행증과 관념운동성실행증으로 구분할 수 있는데, 관념실행증은 일상생활에서 흔히 사용되는 도구 또는 물체를 적절하게 사용하는데 장애가 있고, 관념운동성실행증은 운동의 실행에 장애가 발생하는 것으로 근약화, 감각상실, 언어 이해력 부족 등으로 설명될 수 없다. 사지 실행증의 평가는 일상생활에서 흔히 사용하는 도구를 사용하는 타동적 검사항목과 도구의 사용이 필요 없는 수동적 검사항목, 그리고 의미 있는 동작과 의미 없는 동작을 흉내 내도록 요구하여 평가할 수 있다. 또한 평가과정을 비디오촬영을 통해 기록하고 움직임 및 동작의 오류를 분석할 수 있다.

사지 실행증은 복잡한 고위운동행위의 장애로, 외부의 영향과 자신의 생각에 반응하여 운동프로그램의 계획, 구성, 실행하는데 장애가 발생한 것으로 단순하게 순차적인 활동 장애로 판단할 수 없고 전체

움직임 순서 내에 운동요소들을 적절히 선택할 수 없을 때 발생할 수 있다. 신경생리학적으로 대뇌피질과 피질과 피질을 연결하는 신경로의 손상, 왼쪽 대뇌반구의 두정피질과 전두피질영역에 병리적 현상 또는 동측 대뇌반구 내에 이들 영역들을 연결하는 신경다발의 병변, 동측과 반대측 대뇌반구의 운동피질영역과 연결된 뇌량을 통과하는 신경로의 병변, 기저핵 손상 등으로 실행증이 발생할 수 있다.

참고문헌

- Clark MA, Merians AS, Kothari A et al. Spatial planning deficits in limb apraxia. *Brain*. 1994;117(pt 5):1093-106.
- De Renzi E, Faglioni P, Lodesani M et al. Performance of left brain-damaged patients on imitation of single movements and motor sequences. Frontal and parietal - injured patients compared. *Cortex*. 1983; 19(3):333-43.
- De Renzi E, Faglioni P, Sorgato P. Modality-specific and supramodal mechanism of apraxia. *Brain*. 1982;105:301-12.
- De Renzi E, Lucchelli F. Ideational apraxia. *Brain*. 1988;111:1173-85.
- De Renzi E, Motti F, Nichelli P. Imitating gestures: a quantitative approach to ideomotor apraxia. *Arch Neurol*. 1980;37:6-18.
- De Renzi E, Pieczuro A, Vignolo LA. Ideational apraxia: a quantitative study. *Neuropsychologia*. 1968;6:41-52.
- De Renzi E. Methods of limb apraxia examination and their bearing on the interpretation of the disorder. In: Roy EA, editor. *Neuropsychological studies of apraxia and related disorders*. Amsterdam, North-Holland. 1985.
- De Renzi E. The apraxias. In Asbury AK, McKhann GM, McDonald WI, editors. *Disease of the nervous system. Clinical neurobiology*. Philadelphia, W.B. Saunders.

- 1986.
- Faglione P, Basso A, Botti C et al. Gestural learning and apraxia. In: Jeannerod M, editor. Attention and performance. Motor representation and control. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum. 1990.
- Geschwind N. Disconnection syndromes in animals and man. *Brain*. 1965;88:237-94.
- Geschwind N. The apraxias: neural mechanism of disorders of learned movement. *Am Sci*. 1975;63:188-95.
- Goldenberg G, Hagmann S. Tool use and mechanical problem solving in apraxia. *Neuropsychologia*. 1998;36(7):581-9.
- Heilman KM, Rothi LJ, Valenstein E. Two forms of ideomotor apraxia. *Neurology*. 1982;32:342-6.
- Heilman KM, Rothi LJ, Watson RT. Apraxia: disorders of skilled movement. In: Swash M, Oxbury J, editors. *Clinical neurology*. Edinburgh, Churchill Livingstone. 1991.
- Heilman KM. Apraxia. In: Heilman KM, Valenstein E, editors. *Clinical neuropsychology*. New York, Oxford University Press. 1979.
- Heilman KM. Ideational apraxia - a re-definition. *Brain*. 1973;96:861-4.
- Heilmann KM, Rothi LJ. Apraxia. In: Heilmann KM, Valenstein E, editors. *Clinical neuropsychology*. 2nd ed. New York, Oxford University Press. 1985.
- Heugten CM, van Dekker J, Deelman BG et al. A diagnostic test for apraxia in stroke patients: internal consistency and diagnostic value. *Clinical Neuropsychol*. 1999;13(2):182-92.
- Kertesz A, Ferro JM, Shewan CM. Apraxia and aphasia: the functional-anatomical basis for their dissociation. *Neurology*. 1984;34:40-7.
- Kertesz A, Ferro JM. Lesion size and location in ideomotor apraxia. *Brain*. 1984;107:921-33.
- Kimura D. Neuromotor mechanisms in the evolution of human communication. In: Steklis D, Raleigh MJ, editors. *Neurobiology of social communication in primates: an evolutionary perspective*. New York, Academic Press. 1979.
- Lehmkuhl G, Poeck K. A disturbance in the conceptual organization of actions in patients with ideational apraxia. *Cortex*. 1981;17:153-8.
- Liepmann H. Die Aufsätze aus dem apraxiebiet, Berlin, Krager. 1908.
- Liepmann H, Mass O. Fall von linksseitiger Agraphie und apraxie bei rechtsseitiger lahmung. *J Psychol Neurol*. 1907;10:214-27.
- Liepmann H. Apraxie. *Ergebn ges Med*. 1920;1:516-43.
- Liepmann H. Das Krankheitsbild der Apraxie. Aufgrund eines Falles von einseitiger Apraxie. Berlin, Verlag von S Krager. 1900.
- Liepmann H. Der weitere krankheitsverlauf bei dem einseitig apraktischem und der gehirnbefund und grund von von serienschnitten. Berlin, Verlag von S Karger. 1906.
- Merians AS, Clark M, Poizner H et al. Visual-imitative dissociation apraxia. *Neuropsychologia*. 1997;35:1483-90.
- Miller N. *Dispraxia and its management*. London, Croom Helm. 1986.
- Moorlaas J. *Contribution a l'étude de l'apraxie*. Paris, Amedee Legrand. 1928.
- Ochipa C, Rothi LJ, Heilman KM. Conceptual apraxia in Alzheimers disease. *Brain*. 1992; 115:1061-71.
- Pedersen PM, Jorgensen HS, Kammergaard LP et al. Manual and oral apraxia in acute stroke, frequency and influence on functional outcome: The Copenhagen Stroke. *Am J Phys Med Rehabil*. 2001;80:685-92.
- Poeck K. Clues to the nature of disruptions to limb praxis. In: Roy EA, eritor. *Neuropsychological studies of apraxia and related disorders*. Amsterdam, North-Holland. 1985.
- Poeck K. The two types of motor apraxia. *Arch Ital Biol*. 1982;120:361-9.

- Poizner H, Clark MA, Merians AS et al. Joint coordination deficit in limb apraxia. *Brain*. 1995;118:227-42.
- Pramstaller PP, Marsden CD. The basal ganglia and apraxia. *Brain*. 1996;119:319-40.
- Rothi LJ, Heilman KM, Watson RT. Pantomime comprehension and ideomotor apraxia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1985;48:207-10.
- Rothi LJ, Heilman KM. Ideomotor apraxia: gestural discrimination, comprehension and memory. In: Roy EA, editors. *Neuropsychological studies of apraxia and related disorders*. Amsterdam, North-Holland. 1985.
- Rothi LJ, Mack L, Heilmann KM. Pantomime agnosia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1986;49:451-4.
- Rothi LJ, Mack L, Verfaellie M et al. Ideomotor apraxia: error pattern analysis. *Aphasiology*. 1998;2:381-8.
- Salter JE, Roy EA, Black SE et al. Gestural imitation and limb apraxia in corticobasal degeneration. *Brain Cogn*. 2004;55:400-2.
- Schnider A, Hanlon RE, Alexander DV et al. Ideomotor apraxia: Behavioural dimensions and neuroanatomical basis. *Brain Lang*. 1997;58:125-36.
- Shelton PA, Knopman DS. Ideomotor apraxia in Huntington's disease. *Arch Neurol*. 1991;48:35-41.
- Steinthal H. *Abriss der Sprachwissenschaft*. Berlin, 1871.
- Taylor R. Motor apraxia in dementia. *Percept Mot Skills*. 1994;79:523-8.
- von Manakow C. Die lokalisation im grosshim und der abbau der funktion durch kortikale herde. *Lokalisation der apraxie*. Wiesbaden, Verlag von J.F Bergmann. 1914.
- Zwinkels A, Geusgens C, van de Sande P et al. Assesment of apraxia: inter-rater reliability of a new apraxia test, association between apraxia and other cognitive deficits and prevalence of apraxia in a rehabilitation setting. *Clin Rehabil*. 2004;18:819-27.