

관념운동실행증의 이해: 신경학적 원인을 중심으로

신수정*, 이주현**, 박진혁**
*원주기독병원 작업치료실
**연세대학교 대학원 작업치료학과

국문초록

서론: 실행증과 관련된 신경학적 손상에 대한 이해는 병변 부위에 따른 증상을 예측하고 적절한 치료와 목표를 구성 하는데 기반이 될 수 있다. 따라서 본 연구는 문헌고찰을 통하여 관념운동실행증의 원인과 행동 오류의 기전을 알아보고, 이와 더불어 치료에 이용될 수 있는 근거를 제시하고자 한다.

본론: 실행의 모델에서 알 수 있듯이 관념운동실행증은 실행 시스템에서 생산적 측면만의 손상으로 발생할 수 있으며 신경학적 부위는 피질하 손상보다는 피질 수준의 손상이 더 흔하다. 제스처를 통한 연구에 따르면 팔의 동작과 관련하여서는 왼쪽 두정엽, 손가락 자세에 따른 동작은 전두엽의 기능과 관련이 있다. 실제 물체를 사용함으로써 얻어질 수 있는 시각, 촉각의 자극들은 익숙한 동작에 대한 기억과는 별도로 올바른 동작을 유도시킬 수 있다.

결론: 실행은 다양한 신경학적 부위의 처리 과정을 통해 일어나며 다양한 외부의 자극들이 실행에 도움을 줄 수 있으므로 관념운동실행증의 치료에는 이러한 자극들을 이용하는 것이 필요할 것이다.

주제어: 관념운동실행증, 실행 모델, 원인

I. 서론

실행증(apraxia)은 뇌졸중으로 인한 흔한 증상 중의 하나로 왼쪽 우세 대뇌 반구에 손상이 있는 사람의 51.3%가 이 증상을 갖고 있다고 보고되고 있다 (Zwinkels, Geusgens, van de Sande, & van Heugten, 2004). 또한 실행증은 자연회복이 어렵고 지속적으로 이어지며(Donkervoort, Dekker & Deelman, 2006), 환자의 기능적인 향상과 재활의 결과에 부정적인 영향을 미치기 때문에(Unsal-Delialioglu, Kurt, Kaya, Culha, & Ozel, 2008), 임상가들의 실행증에 대한 이해와 관리는 중요하다고

할 수 있다.

실행증은 1871년에 독일의 언어학자인 Steninthal 이 처음 사용한 용어로, 그는 실어증(aphasia)이 있는 환자들이 포크나 나이프 같은 일상의 도구를 사용하지 못하는 증상을 일컫는데 사용하였다(Pearce, 2009). 이후 실행증이란 용어는 일반적으로 운동과 감각 기능이나 협응 능력에 손상이 없음에도 불구하고 익숙한 운동 동작을 수행하지 못하는 증상으로 정의되고 있으며(Goldmann Gross & Grossman, 2008), 이것은 각기 다른 신체 부위와 기능들에 따라서 다양한 현상으로 나타나게 된다. 도구와 물체를 부적절하게 사용하거나 도구의 지식을 잊어버리는 개념실행증

(conceptual apraxia), 의도된 목적으로 다양한 물체를 사용하여 순서적 과제를 실행하지 못하는 관념실행증(ideational apraxia), 실제 도구 없이 그것의 사용을 흉내내지 못하지만 과제의 지식은 잔존하는 관념운동실행증(ideomotor apraxia)이 대표적인 예이며 이외 사지운동실행증, 언어운동분리 실행증, 촉각 실행증 등 증상에 따른 다양한 분류가 있다(Wheaton & Hallett, 2007). 이 중 관념운동실행증은 과제의 지식과 행동의 분리로 다른 실행증보다 많은 연구자들에게 주목을 받고 있다.

관념운동실행증이 있는 사람은 전형적으로 실제 도구/물체의 사용은 비교적 잘 하지만 도구/물체를 사용하는 동작을 몸짓으로 표현하도록 요구하였을 때 행동적인 오류를 보이게 된다. 이들은 공간적인 오류(예, 비정상적인 움직임의 폭, 물체와 동작들의 적당하지 않은 공간적 거리, 비정상적 손/팔의 배치, 물체로 신체 일부를 사용하는 것)와 시간적 오류(예, 불규칙한 속도, 순서적 오류)의 형태로 비정상적 움직임을 산출한다(Leiguarda, & Marsden, 2000).

관념운동실행증은 뇌량, 아래 두정엽, 보조운동영역의 손상으로 나타날 수 있다고 알려오나(Heilman, Watson, & Rothi, 1996), 관념운동실행증에서 보여지는 다양한 오류들에서 알 수 있듯이 이것은 특정 부위의 손상으로 동의되지는 않는다(Hanna-Pladdy, Heilman, & Foundas, 2001). 하지만 최근에는 세부적인 오류들의 특성과 이와 연관된 신경학적 원인을 밝히는 연구가 진행되어 관념운동실행증의 이해를 돕고 있다. 이러한 연구는 주로 관념운동실행증에서 몸짓 및 물체와 연관된 움직임의 특성과 뇌영상을 이용한 신경학적 이미지 연구들이다.

실행증과 관련한 신경학적 손상에 대한 이해는 병변 부위에 따른 증상을 예측하고 적절한 치료와 목표를 구성하는데 기반이 될 수 있다. 이에 본 연구는 문헌고찰을 통하여 관념운동실행증의 원인과 행동오류의 기전을 알아보고 임상가들에게 이의 치료와 관리를 위한 올바른 방향을 제시하고자 한다.

II. 본 론

1. 실행증의 모델과 관념운동실행증

이전의 연구가들은 임상적 증상과 병변 부위와의 연관성으로 실행에 대한 모델을 제시하여 왔다. 익숙한 움직임의 실행모델에서 가장 핵심적인 요소는 움직임의 공식(movement formulae)이라고 할 수 있다. 이것은 Liepmann(1908)이 처음 제시한 것으로 익숙한 도구사용에 대한 시각적, 청각적 활동 이미지이다. 그는 이것이 왼쪽 대뇌의 뒤쪽영역(posterior brain region)에 저장되어 있으며 반대쪽 반구에는 뇌량을 통해서 전달되어 감각운동영역에 저장된 신경자극패턴(innervatory pattern)으로 피질을 통해 연결된다고 생각하였다. 이러한 뒤쪽두뇌영역에서 운동피질까지 이끄는 섬유들의 연결은 두정엽 손상으로 단절될 수 있기 때문에 특히 두정엽을 중요한 부위라고 하였다. 최근의 연구들도 두정엽의 중요성을 입증하고 있는데, 정상인들을 대상으로하여 도구사용을 흉내 내거나 정신적으로만 상상하게 하였을 때, 왼쪽 두정엽의 활성화가 일관되게 보여지고 있다(Choi et al., 2001; Fridman et al, 2006; Hermsdorfer, Terlinden, Muhlau, Goldenberg, & Wohlschlagler, 2007; Johnson-Frey, Newman-Norlund, & Grafton, 2005; Moll et al., 2000; Ohgami, Matsuo, Uchida, & Nakai, 2004). Liepmann(1908)은 관념실행증은 움직임 공식이 저장된 부위에 손상이 생겨 도구를 사용하지 못하는 증상으로, 다른 사람의 움직임을 단순히 모방할 때는 정상적으로 수행한다고 하였다. 반면 관념운동실행증은 움직임 공식은 잘 보존되어 있지만 신경자극패턴까지 가이드 되지 못하는 것으로, 환자는 무엇을 해야 하는지 알고는 있지만 어떻게 하는지는 알지 못하게 된다. 때문에 관념운동실행증은 언어적으로 요구되는 모방과 의미있는 제스처를 이행하지 못하지만 실제 도구사용에 있어서는 외부의 압박(constraint)에 따라 적응하기 때문에 비교적 보존되어 있다고 설명하고 있다.

Heilmann, Rothi와 Valenstein(1982)은 움직임

공식 즉, 그들이 말하는 “visuokinesthetic motor engrams(시각운동감각 운동 잠재기억)”은 왼쪽 아래 두정엽에 저장되어있다고 주장하였다. 또한 도구와 관련된 동작의 생산(production)과 재인식(recognition)은 왼쪽 두정엽의 손상으로 인하여 발생하는 실행증 환자에게서 공통적으로 나타나는 어려운 부분이라고 하였다. 이 부위에 손상이 있는 환자는 제스처를 구별하지 못하는 반면 이보다 앞쪽으로 왼쪽 두정엽을 포함하지 않는 손상에는 제스처 구별어려움이 없었음을 알아냈다. 그들은 이 결과를 바탕으로 관념운동실행증은 두가지 분류가 있으며 첫째는 왼쪽 두정엽의 손상으로 발생한 것이고 다른 하나는 이보다 앞쪽 부위 손상으로 야기된 것으로, 이것은 움직임을 프로그래밍하는데 중요한 전운동영역(premotor) 및 운동영역과 제스처 잠재기억이 단절되어 나타난다고 하였다. 이 부위는 실행에 대한 여러 연구들로 최근까지 지지를 받고 있는데, Haaland, Harrington, Knight(2000)는 CT와 MRI 스캔으로 실행증이 유무에 따른 활성화도를 비교하였 때 실행증이 없는 군은 브로드만 영역에서 왼쪽 아래 두정엽 7, 39, 40에서 활성화됨을 확인할 수 있다. Weiss, Rahbari, Hesse와 Fink(2008)는 왼쪽 반구손상이 있는 대상군을 의미 있는 제스처의 생성이나 의미 없는 손과 손가락 자세의 모방을 포함하는 검사와 MRI 스캔의 Voxelwise 분석을 통하여 실행증이 있는 군에서 왼쪽 두정엽의 각회(angular gyrus)부위에서 유의미한 차이가 있었다고 밝히고 있다.

Rothi, Ochipa와 Heilman(1991)은 사지 실행 처리과정(limb praxis processing)의 복합 인지 모델을 제시하였다. 실행증 환자의 수행에서 발견되는 다양한 행동적 분리(dissociation)는 이러한 모델을 지지하고 있다. 이 모델에서 움직임 모방은 제스처 잠재기억을 통하거나 또는 시각 시스템과 신경자극 패턴 사이의 직접적 비어휘적 경로(non lexical route)를 통해 수행될 수 있다. 그렇기 때문에 관념운동실행증 환자는 시각적인 모방으로 수행이 향상될 수 있다. 또한 Roy와 Square(1985)의 운동실행에 대한 개념 요소와 생산 요소가 포함된 2 부분 시스템(two part

system)의 가정을 수용하여 관념운동실행증은 제스처 잠재기억과 신경자극 패턴을 포함하는 생산 시스템에서 결손이 생겨 나타나는 것이며 반면 개념 실행증은 “action semantics(행동 의미론)”라고도 불리는 개념 시스템에 손상으로 나타난다고 하였다. 그렇기 때문에 적절한 제스처 잠재기억을 상기하는데 실패하는 것과 도구사용의 손상은 필연적으로 동시에 나타나지 않는다고 설명하였다. 다시말해서, 개념실행증은 도구의 잘못된 사용으로 특징지어지며, 관념운동 실행증은 도구사용을 도구 없이 흉내내는 것을 인식하고 생산하는데 어려움을 보인다.

최근 Buxbaum(2001)은 Rothi 등(1991)의 모델을 보다 발전시켜 실행에 대한 3 시스템(three system)을 제안하였다. 첫번째는 등쪽 행동 시스템(dorsal action systems)으로 이것은 주어진 활동에 관계되는 신체의 각 부위를 중심으로 하여 다양한 측면의 계산을 바탕으로 형성된 신체의 역동적인 표상을 포함한다. 이것이 어려운 사람은 제스처 잠재기억을 신체중심의 협응으로 변환시키는 비교 시스템(comparator system)에 손상이 있는 것으로 이때는 물건 없이 사용을 흉내내지 못하나 손에 도구가 있으면 정상적으로 수행하는 특징을 보인다. 해부학적 손상부위는 등쪽 전두두정 피질(dorsal frontoparietal cortex)로 특히 위쪽 두정엽이 포함된다. 두번째는 배쪽 시스템(ventral system)이다. 이것은 측두엽이 중요한 부위로 서술적 형태로서 내재된 도구의 기능적인 지식을 포함하고 있다. 따라서 제스처의 인지 또는 동작의 모방은 영향을 받지 않지만 도구의 지식에 개념적인 문제를 보이게 된다. 세번째는 중심 실행 시스템(central praxis system)으로 판토타임의 생성과 재인식, 조작에 대한 지식을 포함하는 중요한 시스템이다. 이 시스템에는 제스처 잠재기억이 포함되어 있으며 이것은 배쪽과 등쪽 흐름의 합류점에 존재하는 것으로 보여진다. 왜냐하면 제스처 잠재기억들은 기억과 표상적인 특징을 갖고 있으며 역동적 공간운동과정에 의존하여 나타나기 때문이다.

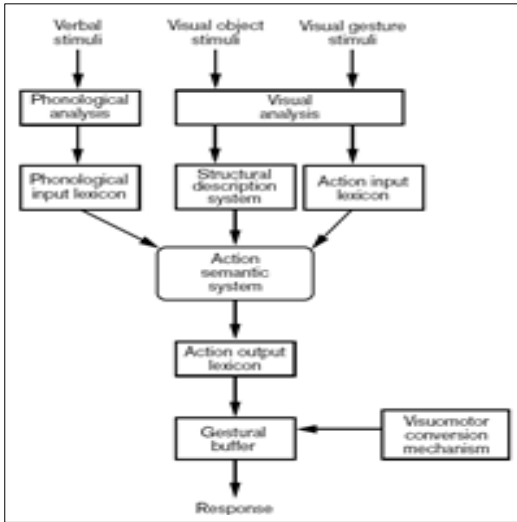


그림 1. Model of Rothi et al.(1991)

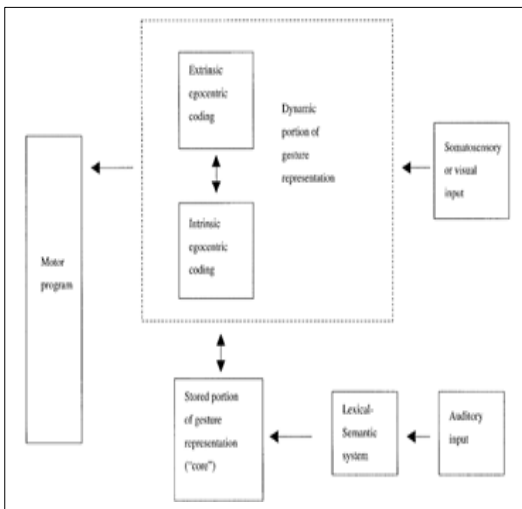


그림 2. Model of Buxbaum(2001)

2. 신경학적 병변부위

두정엽의 운동 프로그래밍에 대한 역할은 두가지로 나눌 수 있다. 그것은 운동과 감각 정보 간의 조화와 복잡하고 잘 훈련된 운동활동의 생성이다(Banich, 2008). 본래의 역할뿐 아니라 실행증과 관련한 이전의 모델에서도 볼 수 있듯이 두정엽은 실행증에서 중요한 역할을 하는 부위이며, 이중 익숙한 활동에 대

한 운동은 왼쪽 두정엽이 핵심적인 부위이다. 기능적 뇌영상 연구에서 Halsband 등(2000)은 두정엽 병소와 전두엽 병소를 갖는 환자들을 대상으로 도구사용의 판도마임을 비교하였는데, 두정엽 병소를 갖는 환자들만이 오류를 보였고, Weiss 등(2001)도 의미가 없는 팔의 움직임을 순서적으로 모방하도록 요구하고 운동적인 분석을 하였을 때 대조군 및 오른쪽 두정엽 손상군보다 왼쪽 두정엽 손상군이 훨씬 더 부정확한 움직임을 보였다.

바닥핵(Basal ganglia)과 시상(thalamus)은 실행을 매개하는 조절 신경학적 네트워크에 포함되지만 실행증의 발생과는 다소 거리가 있어보인다. 이러한 피질하 병소와 실행증은 심각도에는 영향을 줄 수는 있으나(Tabaki, et al., 2010), 이전의 코호트 연구에서도 실행증과는 빈도가 드물게 연관되었다(Papagno, Della Sala, & Basso, 1993). Pramstaller와 Marsden (1996)은 심부(deep) 및 피질하 손상으로 인한 실행증의 82개 사례연구를 리뷰한 결과 환자들의 대부분은 왼쪽 반구에 손상이 있었으며 이외에 피각(putamen)과 시상의 분리된 병소 또는 렌즈핵(lenticular nucleus)에 국한된 병소의 경우는 드물며 대부분은 속섬유막(internal capsule), 뇌실주위(periventricular), 선조체주위(peristriatal) 백색질을 동반하는 광범위한 부위가 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 이전의 연구들로 관념운동실행증은 드물게 피질하 수준의 손상만으로도 나타날 수 있는 증상이나 대부분에서 피질 수준의 병소가 포함될 때 더 자주 보이는 것임을 알 수 있다.

3. 몸짓(gestures)

관념운동실행증 환자의 실행에 대한 주요 영향 요인은 자연스런 환경에서의 수행이 아닌 요구에 따른 몸짓이라고 할 수 있다. 몸짓은 두가지로 구분할 수 있는데 이것은 타동사적(transitive) 제스처와 자동사적(intransitive) 제스처이다. 타동사적 제스처는 도구 또는 물체를 사용하는 몸짓으로 예를 들면 드라이버, 망치 등의 도구를 이용하는 몸짓을 말하며, 자

동사적 제스처는 의미있는 손동작이나 헤어질 때 손을 흔드는 것 같은 도구를 이용하지 않는 상징적인 의미를 포함하는 동작이다.

임상적으로 실행증 환자는 앞의 두가지 형태의 몸짓을 만들어 내지 못하며, 타동사적 제스처 실행 손상이 더 흔하게 나타난다(Foundas et al., 1999; Hanna-Pladdy, Heilman, & Foundas, 2001; Roy, Square-Storer, Hogg, & Adams, 1991). 한 연구는 정상인을 대상으로 익숙한 물건을 보고 계획된 운동을 실행하게 하였을 때 왼쪽 두정엽, 등쪽 전운동영역, 중간 전두엽, 뒤쪽 측두엽의 활성도가 증가함을 알아냈다. 또한 의사소통을 위한 자동사적 몸짓을 상기하고 계획 할 때에도 같은 부위에서 활성도가 증가함을 보였다(Kroliczak & Frey, 2009).

Price 등(2010)은 도구 사용을 몸짓으로 표현하지 못하는 환자에서 왼쪽 반구의 측두-두정엽의 백색질, 뒤쪽 중간 측두엽, 등쪽 아래 두정엽에 손상을 발견하였다. 두 연구를 비교하여보면 도구 사용과 관련하여 두정엽과 측두엽의 공통적 부위를 나타내고 있다. 자동사적 제스처로서 의미없는 손동작과 관련된 신경학적 부위를 가려내는 연구도 왼쪽 두정엽의 병소를 나타내고 있다(Weiss, et al. 2001). 한 연구는 두정엽과 더불어 전두엽관련 병소를 제시하였다. Haaland, Harrington과 Knight(2000)는 의미없는 손동작을 모방하는 것에 오류가 있는 실행증 환자는 두정엽의 브로드만 영역 7,39,40과 전두엽의 브로드만 영역 4,6,8,9,46에 손상의 빈도가 높다고 하였다. 이 연구에서 실행의 오류를 세부적으로 나누었을 때, 신체와 연관하여 손의 위치의 잘못된 위치는 두정엽의 병소가 있는 환자에서 관찰되며 손가락 쥐기 형태 오류는 전두엽 병소가 있는 환자에서 모두 보이나 두정엽 병소에서는 60%의 환자만이 보였다고 보고하였다. 즉 의미없는 손동작의 모방에서 손가락의 특정 형태는 특히 전두엽에서 담당함을 알 수 있다.

4. 실제의 물체(Real objects)

관념운동실행증이 있는 사람은 실제도구 사용할 때

에 도구없이 움직이는 몸짓보다 향상된 움직임을 보인다. 실제 도구를 사용하는 것은 몸짓으로만 수행할 때에 주어지지 않는 두가지 요소를 제공한다. 이것은 물체의 외형과 기억에 따른 시각적인 자극과 물건을 잡을 때 느껴지는 촉각적인 자극이다. Gibson(1979)에 따르면 환경에 있는 물체는 특정 개인의 필요와 주어진 환경에 따라서 기능적으로 상호작용하는 시-운동의 단서를 제공한다고 하였다. 즉, 움직임은 물건의 시각적 자극으로 압박을 받게 된다고 할 수 있다.

전두-두정 행동 시스템(Fronto-parietal action system), 다른 말로 등쪽시각처리흐름(dorsal visual processing stream)은 움직임을 프로그래밍할 때 중요한 부분이다. 이것은 자가중심의 공간 부호화, 공간-운동 변형, 물건의 구조에 따른 손의 잡기 자체 계산의 역할을 담당한다(Buxbaum, Kyle, Crossman, & Coslett, 2007). 이 시스템을 통하여 움직임의 내재적, 외재적 부호화가 이루어지며 모든 몸짓의 생산이 알맞게 이루어진다.

특히 표상적 정보가 없는 의미 없는 움직임을 모방할 때에 중요한 역할을 한다. 가장 주목할 만한 부분은 등쪽 시스템은 물건 잡기에 특성화되어 있다는 것이다. 이전의 원숭이 연구에서는 다양한 손의 자세를 요구하는 물건을 보여주지만 하여도 등쪽 흐름이 민감하게 반응함을 알 수 있었다(Rizzolatti et al., 1988). 이러한 시스템은 인지적인 중재를 거치지 않고 직접적으로 관계하게 되어, 물체는 그것과 관련있는 잡기 반응을 자동적으로 활성화 시킨다(Grezes & Decety, 2001). 또한 Barde, Buxbaum과 Moll(2007)은 관념운동실행증 환자에게 물체의 구조적인 단서가 물체와 행동에 관련된 학습에 유리하게 작용하는지를 알아보는 실험에서 구조적 단서가 높은 수준일 때, 대상자들이 더 나은 수행을 보임을 알아내었다. 이 같은 사실로 말미암아 물체의 시각적인 구조들은 동작의 실행에 또다른 경로를 제공할 수 있음을 알 수 있다.

물체로부터 발산되어 나오는 촉각-운동적 단서로 실제 물건을 사용할 수 있으며 이러한 단서는 몸짓을 위한 정확한 손의 자세도 촉진 시킨다고 하였다(De

Renzi, Faglioni, & Sorgato, 1982). Westwood 등 (2001)은 비-시각적 정보인 물체의 촉각 및 운동감각 정보는 물건사용 실행에 있어 보다 정확한 움직임 만들어낸다고 하였다. 그는 이러한 정보들이 저장된 운동 표상에 접근을 촉진하고 물건으로부터 발생하는 동작의 유형을 특성화하는데 중요한 역할을 한다고 주장하였다. 다시 말하여 촉각적인 정보는 시간적, 공간적 움직임의 오류를 감소시킬 수 있다(Osiurak, Jarry, & Le Gall, 2011).

III. 결론

본 고찰은 관념운동실행증의 원인에 대한 이전의 모델을 제시하고 이와 관련된 신경학적 부위 및 특성을 알아보았다. 결론적으로 관념운동실행증은 상황에 따른 행동적인 다양한 특성을 보이며 특정 부위의 손상으로는 설명되지 못한다.

여러 모델과 실험적 연구에서 제시하듯 물체와 관련된 지식은 왼쪽 두정엽에 저장되어 있으나 실행을 위해서는 다른 부위의 역할도 필요하다. 즉, 실행은 뇌에서도 도구 및 익숙한 동작 자체에 대한 지식이 저장된 부위와 더불어 그것을 사용하는 방법이나 운동적 지식을 관장하는 부위, 실제움직임을 만들어내는 부위가 포함되어 나타난다.

움직임을 만들어 내는 부위는 다양한 감각자극으로부터 활성화 될 수 있다. 한 연구에서는 관념운동실행증의 치료로 다양한 단서(multiple cues)를 이용하기 위하여 실제 도구나 물체를 사용하거나 시각적인 모델링을 제공하였다(Maher, Rothi, & Greewald, 1991). 또는 물건사용의 제스처 실행을 촉진하기 위하여 물건의 사진을 보여준 후에 훈련을 하기도 하였다(Smania, Girardi, Domenicali, Lora, & Aglioti, 2000). 실제 도구에 대한 촉각적인 정보(Goldenberg, Hentze, & Hermsdorfer, 2004)와 팔과 손의 일반적인 촉각 및 고유수용성 감각 자극(Butler, 2000)도 실행에 도움을 준다는 연구도 있었다. 최근에 실행증의 치료적 전략으로 그 효과가 검증되고 있는 인지 전략 훈련(cognitive strategy training)은 보다 체

계적으로 다양한 감각정보와 도움정도, 피드백을 제공하고 있다(Geusgens, van Heugten, Cooijmans, Jolles, & van den Heuvel, 2007). 이러한 접근들은 적절한 실행을 위한 다양한 경로를 촉진하고 있는 것으로 볼 수 있으며 임상에서 왜 이러한 단서들이 치료에 도움이 되고 있는지 본 고찰을 통해서 우리는 알 수 있을 것이다.

References

- Alexander, M. P., Freidman, R. B., Loverso, F., & Fischer, R. S. (1992). Lesion localization of phonological agraphia. *Brain and Language*, *43*(1), 83-95. doi:10.1016/0093-934X(92)90022-7
- Barde, L. H., Buxbaum, L. J., & Moll, A.D. (2007). Abnormal reliance on object structure in apraxics' learning of novel object-related actions. *Journal of International Neuropsychological Society*, *13*(6), 997-1008. doi:10.1017/S1355617707070981
- Buxbaum, L. J. (2001). Ideomotor apraxia: a call to action. *Neurocase*, *7*, 445-458. doi:10.1093/neucas/7.6.445
- Buxbaum, L. J., Kyle, K., Grossman, M., & Coslett, H. B. (2007). Left inferior parietal representations for skilled hand-object interactions: evidence from stroke and corticobasal degeneration. *Cortex*, *43*(3), 411-423. doi:10.1016/S0010-9452(08)70466-0
- Choi, S. H., Na, D. L., Kand, E., & Lee, K. B. (2001). Functional magnetic resonance imaging during pantomiming tool-use gesture. *Experimental Brain Research*, *139*, 311-317.
- De Renzi, E., Faglioni, P., & Sorgato, P. (1982). Modality-specific and supramodal mechanisms of apraxia. *Brain*, *105*, 301-312. doi:10.1093/brain/105.2.301
- Donkervoort, M., Dekker, J., & Deelman, B.

- (2006). The course of apraxia and ADL functioning in left hemisphere stroke patients treated in rehabilitation centres and nursing homes. *Clinical Rehabilitation*, *20*(12), 1085–1093. doi: 10.1177/0269215506071257
- Foundas, A. L., Macauley, B. L., Raymer, A. M., Maher, L. M., Rothi, L. J., & Heilman, K. M. (1999). Ideomotor apraxia in Alzheimer disease and left hemisphere stroke: limb transitive and intransitive movements. *Neuropsychiatry of Neuropsychology, Behavior, and Neurology*, *12*, 161–166.
- Fridman, E. A., Immisch, I., Hanakwa, T., Bohlhalter, S., Waldvogel, D., Kansaku, et al (2006). The role of the dorsal stream for gesture production. *Neuroimage*, *29*, 417–428. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.07.026
- Geusgens, C. A., van Heunten, C. M., Cooijmans, J. P., Jolles, J., & van den Heuvel, W. J. (2007). Transfer effects of a cognitive strategy training for stroke patients with apraxia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *29*(8), 831–841. doi:10.1080/13803390601125971
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Goldenberg, G., Hentze, S., & Hermsdorfer, J. (2004). The effect of tactile feedback on pantomime of tool use in apraxia. *Neurology*, *63*(10), 1863–1867. doi: 10.1212/01.WNL.0000144283.38174.07
- Goldmann Gross, R., & Grossman, M. (2008). Update on apraxia. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, *8*(6), 490–496.
- Grezes, J., & Decety, J. (2001). Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: a meta-analysis. *Human Brain Mapping*, *12*(1), 1–19. doi:10.1002/1097-0193(200101)
- Haaland, K. Y., Harrington, D. L., & Knight, R. T., (2000). Neural representations of skilled movement. *Brain*, *123*, 2306–2313. doi:10.1093/brain/123.11.2306
- Hanna-Pladdy, B., Heilman, K. M., & Foundas, A. L. (2001). Cortical and subcortical contributions to ideomotor apraxia: Analysis of task demands and error types. *Brain*, *124*, 2513–2527. doi:10.1093/brain/124.12.2513
- Heilman, K. M., Rothi, L. J., Valenstein, E. (1982). Two forms of ideomotor apraxia. *Neurology*, *32*, 342–346. doi: 10.1212/WNL.32.4.342
- Heilman, K. M., Watson, R. T., & Rothi, L. G. : *Disorders of skilled movements: limb apraxia*. In Feinberg, T. E., & Farah, M. J. (eds). Behavioral Neurology and Neuropsychology. McGraw-Hill, New York, 1996, pp 227–235.
- Hermsdoger, J., Terlinden, G., Muhlau, M., Goldenberg, G., & Wohlschlagel, A. M., (2007). Neural representation of pantomime and actual tool : Evidence from an event-related fMRT study. *Neuroimage*, *36*, T109–T118. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.03.037
- Kroliczak, G., & Frey, S. H. (2009). A common network in the left cerebral hemisphere represents planning of tool use pantomimes and familiar intransitive gestures at the hand-independent level. *Cerebral Cortex*, *19*, 2396–2410. doi: 10.1093/cercor/bhn261
- Johnson-Frey, S. H., Newman-Norlund, R., & Grafton, S. T. (2005). A distributed left hemisphere network active during planning of everyday tool use skills. *Cerebral Cortex*, *15*, 681–695. doi: 10.1093/cercor/bhh169
- Leiguarda, R. C., & Marsden C. D. (2000). Limb apraxias: Higher-order disorders of sensor-

- imotor integration. *Brain*, *123*, 860–879. doi:10.1093/brain/123.5.860
- Liepmann, H. (1908). Drei Aufsätze aus dem Apraxiegebiet. Berlin: Karger.
- Maher, L., Rothi, L., & Greenwald, M. (1991). Treatment of gesture impairment: a single case. *American Speech Hearing Association*, *33*, 195
- Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Passman, L. J., Cimini Cunha, F., Souza-Lima, F. & Andreiuolo, P. A. (2000). Functional MRI correlates of real and imagined too-use pantomimes. *Neurology*, *54*, 1331–1336.
- Ohgami, Y., Matsuo, K., Uchida, N. & Nakai, T. (2004). An fMRI study of too-use gestures: body part as object and pantomime. *NeuroReport*, *15*, 1903–1906.
- Osiurak, F., Jarry, C., & Le Gall, D. (2011). Re-examining the gesture engram hypothesis. New perspectives on apraxia of tool use. *Neuropsychologia*, *49*(3), 299–312. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.041
- Papagno, C., Della Sala, S., & Basso, A. (1993). Ideomotor apraxia without aphasia without apraxia: The anatomical support for a double dissociation. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *56*, 286–289. doi:10.1136/jnnp.56.3.286
- Pearce, J. M. S. (2009). Hugo Karl Liepmann and apraxia. *Clinical Medicine*, *9*(5), 466–470. doi: 10.7861/clinmedicine.9-5-466
- Pramstaller, P. P., & Marsden, C. D. (1996). The basal ganglia and apraxia. *Brain*, *119*, 319–340. doi:10.1093/brain/119.1.319
- Price, C. J., Crinion, J. T., Leff, A. P., Richardson, F. M., Schofield, T. M., Prejawa, S., Ramsden, S., Gazarian, K., Lawrence, M., Ambridge, L., Andric, M., Small, S. L., Saphier, M. L. (2010). Lesion sites that predict the ability to gesture how an object is used. *Archives Italiennes Biologie*, *148*, 243–258.
- Rizzolatti, G., Camarda, R., Fogassi, L., Gentilucci, M., Luppino, G., & Matelli, M. (1988). Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey. II. Area F5 and the control of distal movements. *Experimental brain research*, *71*(3), 491–507.
- Rothi, L. J. G., Ochipa, C., & Heilman, K. M. (1991). A cognitive neuropsychological model of limb praxis. *Cognitive Neuropsychology*, *8*, 443–458. doi:10.1080/02643299108253382
- Roy, E. A., Square-Storer, P., Hogg, S., & Adams, S. (1991). Analysis of task demands in apraxia. *International Journal of Neuroscience*, *56*, 177–186.
- Schnider, A., Hanlon, R. E., Alexander, D. N., & Benson, D. F. (1997). Ideomotor apraxia: behavioral demensions and neuroanatomical basis. *Brain and Language*, *58*(1), 125–136. doi:10.1006/brln.1997.1770
- Smania, N., Girardi, F., Domenicali, C., Lora, E., & Aglioti, S. (2000). The rehabilitation of limb apraxia: a study in left-brain-damaged patients. *Archive of Physical and Medicine Rehabilitation*, *81*, 379–388. doi:10.1053/mr.2000.6921
- Tabaki, N. E., Vikelis, M., Besmertis, L., Vemmos, K., Stathis, P., & Mitsikostas, D. D. (2010). Apraxia related with subcortical lesions due to cerebrovascular disease. *Acta Neurologica Scandinavica*, *122*(1), 9–14. doi:10.1111/j.1600-0404.2009.01224.x
- Unsal-Delialioglu, S., Kurt, M., Kaya, K., Culha, C., & Ozel, S. (2008). Effects of ideomotor apraxia on functional outcomes in patients with right hemiplegia. *International*

- Journal of Rehabilitation Research*, 31(2), 177–180.
- Weiss, P. H., Dohle, C., Binkofski, F., Schnitzler, A., Freund, H. J., & Hefter, H. (2001). Motor impairment in patients with parietal lesions: Disturbances of meaningless arm movement sequences. *Neuropsychologia*, 39, 397–405. doi:10.1016/S0028-3932(00)00129-9
- Weiss, P. H., Rahbari, N. N., Hesse, M. D., & Fink, G. R. (2008). Deficient sequencing of pantomimes in apraxia. *Neurology*, 70(11), 834–840. doi: 10.1212/01.wnl.0000297513.78593.dc
- Westwood, D. A., Schweizer, T. A., Health, M. D., Roy, E. A., Dixon, M. J., Black, S. E. (2001). Transitive gesture production in apraxia: Visual and nonvisual sensory contributions. *Brain and Cognition*, 46, 300–304. doi:10.1016/S0278-2626(01)80088-9
- Wheaton, L. A., & Hallett, M. (2007). Ideomotor apraxia: a review. *Journal of the Neurological Sciences*, 260, 1–10. doi:10.1016/j.jns.2007.04.014
- Zwinkels, A., Gwusgens, C., van de Sande, P., & van Heugten, C. (2004). Assessment 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. *Clinical Rehabilitation*, 18, 819–827. doi: 10.1191/0269215504cr816oa

Abstract

The Understanding of The Ideomotor Apraxia: Focusing on The Neurological Causes

Shin, Su-Jung^{*}, M.S., O.T., Lee, Joo-Hyun^{**}, M.S., O.T.,
Park, Jin-Hyuck^{**}, M.P.H., O.T.

^{*}Dept. of Occupational Therapy, Won-Ju Severance Christian Hospital

^{**}Dept. of Occupational Therapy, The Graduate School, Yonsei University

Introduction : The Understanding of neurological lesion relating to apraxia will help to predict symptoms according to a lesion and to establish a proper treatment and goal. So, This study will explain causes and mechanism of a movement error of ideomotor apraxia through literature review and also will suggest the evidence using in treatment.

Body : Ideomotor apraxia may occur a damage of the production part in praxis system, and is common in damage of a cortex rather than damage of a subcortex. According to study with gesture, movement of upper limbs is relate of left parietal lobe but finger movement is relate of frontal lobe. The visual and tactile stimulation through using real objects could guide into proper movement aside from memory of a skilled action.

Conclusion : Praxis can occur through diverse neurological processing and various external stimulations can help praxis processing. Therefore, the treatment of ideomotor apraxia need to use this stimulations.

Key words : Ideomotor apraxia, Model of praxis, Cause