

## 실행증의 평가와 치료

가톨릭대학교 의과대학 성가병원 재활의학교실

박 주 현

### Assessment and Treatment of Apraxia

Joo Hyun Park, M.D., Ph.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Holy Family Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea

Apraxias are deficits of higher motor behavior that are not primarily caused by sensorimotor dysfunction, or communication problems, or dementia. A patient with apraxia does not know what to do, because the plan of action is disrupted, or in other cases, the patient knows what to do but not how to do it. A variety of forms of apraxia originate from lesions of different levels and structures of the motor system, reflecting its complexity. The multifarious types of apraxia differentially affect the activities of daily living and hence show marked differences in the prognosis of recovery and the need of treatment. Therefore, objective diagnosis and appropriate treatment of the different types of apraxia are of foremost clinical importance. In this paper, we reviewed the current literature on the assessment and treatment of apraxia. (Brain & NeuroRehabilitation 2009; 2: 64-70)

**Key Words:** assessment, treatment, apraxia

## 서 론

실행증은 후천적인 뇌질환에서 나타나는 가장 중요하지만 가장 적게 이해되고 있는 행동신경증후군이다. 실행증이 있는 환자는 운동, 감각, 인지장애를 동반하지 않았는데 익숙하고 의도적인 행동을 실행하기 어려워 도구를 원활하게 사용할 수 없고 그렇기 때문에 일상생활 동작을 잘 수행하기 어렵다.

실행증은 뇌졸중 이후나 치매 환자에서 흔히 발생하며, 발생빈도는 뇌졸중 급성기에 대략 30%로 보고되었으나<sup>1</sup> 뇌졸중의 대뇌반구병변 부위에 따라 차이가 있으며, 보고한 저자들마다 평가 방법과 대상 환자 등에 따라 차이를 보이지만 좌측 대뇌반구병변에서 월등히 높게 발생하였다(Table 1).<sup>2</sup>

실행증은 이환된 뇌병변에 따라 다양한 증상을 일으키지만 좌측대뇌반구병변 이외의 원인과 병태생리도 명확히 밝혀지지 않았다. 그리고 많은 저자들에 의해서 여러 종류로 분류 및 정의되고 있으나 아직까지 표준화된 분류

방법이 없어 용어를 정의하는데 논쟁의 여지가 있으며, 또

**Table 1.** Overview of Studies on the Prevalence of Apraxia<sup>2</sup>

Author	% Apraxia	
	LBD	RBD
Liepmann (1908)	50	0
Pieczuro & Vignolo (1967)	46	9
De Renzi, Pieczuro & Vignolo (1968)	28	0
Basso, Luzatti & Spinler (1980)	39	.*
De Renzi, Motti & Nichelli (1980)	50	20
De Renzi, Faglioni & Sorgato (1982)	32/34 <sup>†</sup>	2/6 <sup>†</sup>
Kertesz & Ferro (1984)	55/45	-
Basso, Faglioni & Luzatti (1985)	45	-
Basso, Capitani, Della Sala & Laiacona (1987)	43	-
Barbieri & De Renzi (1988)	57	34
	50	13
Goldenberg (1996)	43	13
Goldenberg & Hagmann (1998)	55	- <sup>†</sup>
Donkervoort, Dekker & van den Ende, et al. (2000)	28/37 <sup>§</sup>	-

LBD: left brain damaged, RBD: right brain damaged. \*No patients with right brain-damage were included in the study. <sup>†</sup>Imitation and object use pantomime were tested respectively. <sup>‡</sup>RBD patients were tested, but the percentages cannot be derived from the publication. <sup>§</sup>Patients were tested in rehabilitation centers and nursing homes, respectively.

교신저자: 박주현, 경기도 부천시 원미구 소사동 2번지  
 ☎ 420-717, 가톨릭대학교 성가병원 재활의학과  
 Tel: 032-340-2170, Fax: 032-340-2255  
 E-mail: drpjh@catholic.ac.kr

한 실행증을 진단 평가하는데 객관적인 검사 방법이 없을 뿐 아니라 치료효과에 대한 연구도 미약한 편이다. 이에 Tate와 McDonald<sup>3</sup>는 실행증을 “임상의의 진퇴양난 (clinician's dilemma)”이라고 언급하기도 하였다. 따라서 임상에서 실행증 환자를 평가할 때 믿을만한 진단기준과 개선된 임상검사 도구들이 필요하다. 저자는 이제까지 보고된 논문을 중심으로 평가와 치료에 대하여 정리하여 임상에서 실행증을 진단하고 치료하는데 조금이라도 도움이 되고자 한다.

## 평 가

실행증의 진단은 주로 배제하면서 이루어진다.

평가는 크게 정량적 방법, 정성적 점수화 방법과 오류 분석으로 구분할 수 있다.

### 1) 임상적 평가(Clinical assessment)

임상적 평가는 실행증을 평가하는데 있어서 전형적이고 기본적인 방법으로 환자의 행동(gesture production)을 관찰하며 검사하는데, 환자에게 여러 다양한 행동을 하도록 요구한다. 도구와 같은 목적 대상물을 다루는 동작(이하 “목적행동”으로 표기), 생각이나 느낌을 표현하는 동작(이하 “자동행동”으로 표기), 손을 턱 아래 갖다 대는 것과 같이 의미 없는 움직임, 근위부와 원위부 움직임 등을 평가하며, 이 중에서 특히 목적행동을 검사하는 것이 민감하

다고 알려져 있다. 환자가 실질적으로 경례 또는 팔을 움직여 하는 행동, 담뱃불을 붙이거나 빵을 찌는 것과 같은 물체를 다루는 행위를 수행하게하고 이를 관찰하고 평가한다. 실행증 환자는 대부분 무언극(pantomime)을 하는데 장애를 보인다. 예를 들어 환자에게 빵을 찌는 행위를 실행할 것을 요구하면 환자는 자신의 주먹을 공과 같이 만든 후에 탁자를 때린다. 만약에 환자에게 칼과 빵을 제공하면 일반적으로 환자의 실행증은 개선된다. 더불어 행동의 인식과 이해를 추가하여 검사를 할 수 있다(Table 2).

실행증의 치료효과를 연구한 대부분의 임상연구에서는 주로 행동의 모방, 무언극, 사물의 이용에 대하여 관찰 검사하였고, 일상생활동작 중에서 몸차림하기, 옷 입고 벗기, 식사하기를 평가에 사용하였다.<sup>5,6</sup>

몇몇 표준화된 검사들은 목표지향 움직임(goal directed gesture)을 환자가 수행하도록 고안되었다. 그중에 하나인 플로리다 실행증 선별검사(Florida Apraxia Screening Test-Revised, FAST-R)는 Rothi 등<sup>7</sup>에 의해 개발되었고, 검사자의 언어적 지시에 대한 환자의 행동을 표현하는 30개 항목으로 구성되어 있다. 검사는 무언극의 내용, 반응 시간, 반응 순서와 공간특징에서 나타난 오류를 종합하고 점수화 하여 실행증 유무를 판별하는데 도움을 주고 있다.

실행 오류의 타입은 시간적 오류, 공간적 오류, 내용오류, 대체오류, 확대오류, 토막오류, 관련오류, 집요하게 반복하기, 과잉행동, 생략, 신체의 일부를 사물로 인식하기 등 매우 여러 가지로 분류되고 있으나,<sup>8</sup> 오류 타입과 병변

Table 2. Apraxia Testing Methods<sup>4</sup>

Method	Example
Gesture to command: should include both transitive movements (tool use) and intransitive movements (nonverbal communication).	Transitive: “Show me how you would open the door with a key, use a hammer” Intransitive: “Show me how you hitchhike, salute, wave good-bye”
Gesture to imitation	Examiner produces a gesture and asks the client to “do it the same way I do it; don’t name the gesture and don’t start until I’m finished”; can be familiar gestures or nonsense gestures (e.g., hand to the forehead).
Gesture in response to tool	Visual: Examiner shows the tool and says, “Show me how you use this” Tactile: With eyes closed or covered, client examines the tool by hand and examiner says, “Show me how you use this”
Gesture in response to seeing object on which the tool acts: tool selection task	Examiner presents client with object representing an incomplete action (e.g., if the target is sawing, client is shown a partially cut piece of wood); client must choose the correct tool from a choice of three, one of which is the saw.
Actual tool use	Patient is given a tool (e.g., hammer) and asked, “Show me how you use this”
Gesture decision: discrimination between correctly and incorrectly pantomimed movements	Examiner makes a gesture and asks the client, “Is this the correct way to...” (e.g., use a pair of scissors).
Gesture comprehension	Examiner makes a gesture and asks the client, “Tell me what I am doing” “What tool am I using?” “Am I using a hammer or a saw?”
Serial acts	Examiner tells client, “Fold letter, put it in an envelope, seal envelope, and place stamp on it”

과의 상관관계는 아직 명확하지 않다. 이와 같은 정성적인 점수화 방법은 실행 본질에 대한 자세한 정보를 얻을 수 있으나 신빙성이 떨어지는 면이 있다.

## 2) 운동학적 분석(Kinematic analysis)

많은 연구들에서 이용하는 정량적 방법으로 행동오류를 객관적으로 측정하기 위해 운동학적 분석을<sup>9-12</sup> 이용하여 기계적이고 시각적인 방법으로 움직임의 속도, 정확성, 궤도의 모양 등을 기록할 수 있다(Fig. 1). 단일관절의 움직임, 특히 손을 이용한 모방행동의 속도와 움직임 궤도그래프, 연속움직임의 반복 반응시간그래프 등을 이용하여 관념운동실행증과 관념실행증을 구별할 수 있다. 3차원 동작분석을 이용하는 연구들이 이루어지면서 관념운동실행증 환자에서 느리고 주저하는 수부의 속도, 불규칙적이고 유동적이지 않은 속도곡선, 비정상적인 진폭, 손목궤도의 모양과 방향의 변화, 궤도곡선과 수부속도의 불일치 등의 소견이<sup>13</sup> 보고되고 있다(Fig. 2).

## 3) 기타

구성활동 평가는 보통 그래픽과 조립의 두 종류로 이루어진다. 그래픽은 환자가 기하학적 모양을 복사하거나 집, 시계, 꽃 등을 견본 없이 지시하여 그리도록 한 것으로,

Goodglass와 Kaplan<sup>14</sup>은 지시에 따른 그림그리기를 점수화하여 이용하였다. 조립은 막대기배열과 입체블록을 이용하여 하는데. 환자가 수행하는 동안에 완성하는 방법, 환자의 요구와 정서적인 표현, 망설임과 우유부단, 결정의 번복, 오류의 종류 등을 기술하며 표준화된 방법은 아니다. 보다 객관적인 평가방법으로 Lowenstein 작업치료인지평가(Lowenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment LOTCA)가 있으며 뇌손상 성인 환자에게 표준화되어 있고, 블록디자인, 복사, 그림그리기, 페그보드 등으로 구성되어 있다.<sup>14</sup>

착의실행증은 보통 윗저고리를 안으로 뒤집어 놓고 환자 스스로 착의하는 것을 관찰하는데, 시각장애, 편측무시, 구성실행증과 같은 근본적인 문제들을 구별할 수 있어야 한다.

언어실행증의 진단은 포괄적인 언어운동평가를 통해 이루어지며 성인실행증기구(Apraxia Battery for Adult)와 포괄적인 실행증검사(Comprehensive Apraxia Test) 등이 있다.<sup>15</sup>

## 4) 감별진단

관념운동실행증과 편마비, 파킨슨 질환과 근육긴장이상과 같은 이상운동질환, 구심로차단, 히스테리, 피병 등

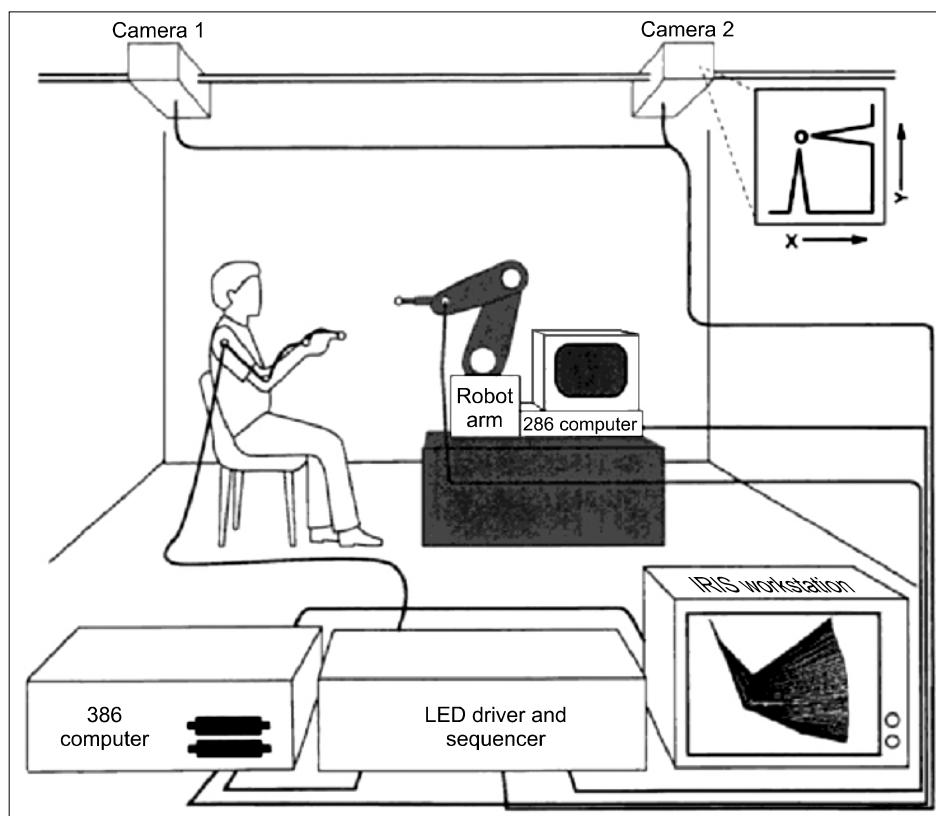
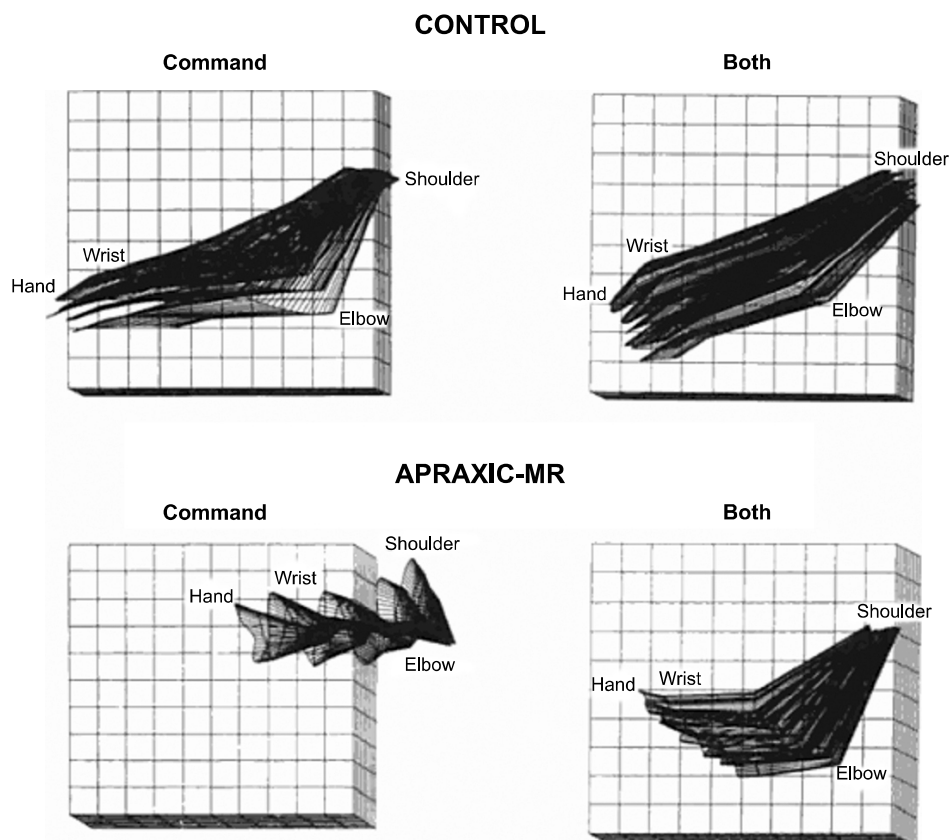


Fig. 1. Three-dimensional movement monitoring system. The main hardware components and the positioning of the LEDs on a participant is shown.<sup>10</sup>



**Fig. 2.** Reconstructed three-dimensional limb trajectories of a control (top) and apraxic individual (bottom) for movement to verbal command and manipulation of tool and object (both). Stick figures represent successive limb positions at 20 ms. intervals for both top and lower right panels, and at 10 ms. intervals for lower left panel. Calibration grid lines are spaced .05 meters apart. The trajectory paths of the control are linear and tightly organised, with closely overlapping planes of movement. In contrast, the apraxic patient produced wrist paths which were curved and executed in variable planes of movement both when gesturing to verbal command and when actually manipulating the tool and object.<sup>10</sup>

과 식별하여야 하며, 흔치 않지만 알츠하이머 질환, 진행성 핵상마비, 픽 질환, 전두측두엽 치매, 비특이적 진행성 신경아교종 등이 실행증의 원인이 될 수 있으므로 고려하여야 한다. 종괴성 병변과 퇴행성 변화에 따른 위축을 알기 위해 뇌영상(CT, MR) 등을 시행할 수 있다.

실행증이 좌측대뇌반구 병변 환자에게 흔하기 때문에 대부분 환자에서 실어증이 동반한다.<sup>14</sup> 실어증이 동반된 환자에서 실행증과 감별은 쉽지 않지만, 간편한 방법으로 실행증이 없이 실어증만 보이는 환자는 독립적인 생활을 영위하는 것이 가능하나 팔다리 실행증이 동반된 환자의 경우 의존하게 됨을 알 수 있다. 그리고 환자에게 구체적으로 “예/아니오” 답변을(유창하지 않을 경우에는 지적하게 함) 하도록 하면 도움이 된다. 환자가 행동을 제대로 하지 못하지만 “예/아니오” 대답을 적절하게 할 경우는 실행증일 가능성이 크고, 그와 반대이면 언어적 문제를 가지고 있는 경우이다.

## 치 료

### 1) 치료에 대한 초기 연구

뇌손상 이후에 실행증의 발생빈도는 고려할 정도가 되

지만 회복과 치료에 대한 문헌이 매우 드물다. 치료 효과에 대한 과학적이고 객관적인 연구가 충분하지 않는 이유는 다음과 같다. 첫째로 실행증이 동반된 환자가 장애를 인식하지 못하며 또한 거의 불평하지 않는다. 대부분 우세 손 마비가 동반된 환자는 비우세손을 사용함에 따라 실행증을 인지하지 못한다.<sup>16</sup> 그리고 실어증이 동반된 경우도 흔하므로 그들의 장애를 표현하는데 제한을 보인다. 둘째로 대부분의 연구자들이 실행증이 자연적으로 회복하기 때문에 치료할 필요가 없다고 믿고 있으며, 셋째로 실행증이 검사할 때 요구된 무언극 행위에서만 일어나고 적절한 도구를 사용할 때 개선되므로 환자의 생활에 부정적인 장애를 거의 일으키지 않는다고 믿는 몇몇 저자들도 있어 실행증을 행동하는 의미보다는 이론적이고 국소적인 가치로만 생각하였다.<sup>14</sup>

그러나 많은 학자들이 팔다리 실행증을 보이는 환자가 도구사용에만 장애를 보이는 것이 아니라는 생각을 하였고 이를 뒷받침하는 연구보고를 하고 있다. Poizner 등은 도구를 조작하는데 행동의 타이밍과 경로에서 어려움을 보인 환자가 도구를 사용하여 개선되기는 했지만 계속 비정상이 관찰되었다고 보고하였다.<sup>14</sup> 그리고 실행증이 일상생활동작수행을 방해하기 때문에 현재는 이에 대한 치

료가 신경재활 전체에 걸쳐서 필요한 분야라는 것에 대부분 동의하고 있다.

## 2) 치료효과에 대한 최근 연구

최근에 Buxbaum 등<sup>17</sup>은 실행증 치료에 대한 10개의 문헌을 검토하여 치료효과에 대하여 보고하였다.<sup>18</sup> 치료적인 방법으로 다양한 암시 주기(multiple cues), 오류유형감소(error reduction), 6단계 업무체계에 따른 지시(6 stage task hierarchy), 유도교육(conductive education), 전략 훈련(strategy training), 목적/자동 행동훈련(transitive/ intransitive gesture training), 재활치료(rehabilitative treatment)와 오류 없는 완수(errorless completion) 및 탐색훈련(exploration training) 등이 포함되었는데, 대부분의 연구가 한명의 환자를 대상으로 하였거나 단일군으로 구성되었기 때문에 치료효과를 논의하기가 어려웠고, 치료방법 또한 보편화(generalization)되지 않아 광범위하게 사용하기에는 아직 많은 제한이 있다(Table 3).

그중 몸짓유발운동과 같은 행동훈련(gesture production exercise)과 전략 훈련을 이용하여 치료한 연구에서만

무작위임상실험 방법을 사용하여 치료효과를 입증하였다. Smania 등<sup>19</sup>은 뇌손상 이후 2개월 이상 지속되는 팔다리 실행증 환자 13명에게 동작유발운동과 행동훈련을 시행한 반면에, 대조군에게는 실어증환자를 위한 일반적인 치료를 시행한 후, 관념실행증과 관념운동실행증 모두에서 의미 있게 증상이 개선되는 것을 관찰하였다. Donker-voort 등<sup>20</sup>은 실행증이 동반된 좌측 대뇌반구 뇌졸중 환자 113명을 일반적인 작업치료군과 전략적인 훈련이 통합된 작업치료군으로 분류하여 5개월 동안 치료하였고, 치료 8 주후에는 전략적인 훈련군에서 효과를 보였으나 5개월 후에는 두 군 사이에 차이가 나타나지 않아 치료효과가 지속되지 않음을 보고하였다.

## 3) 기타

구성실행증 환자의 치료에 관한 문헌이 매우 적으나 1992년 Neistadt가 성인 뇌손상 환자에게 음식을 준비하는 적응훈련과 나무블록을 이용한 치료훈련을 하게하여 효과를 비교한바 나무블록을 이용한 치료훈련에서 개선을 보여 직무 특화(task specific)를 통한 기능적 접근이 도

**Table 3.** Summary of Apraxia Treatment Studies<sup>17</sup>

	Apraxia type (s)	Trained items	Duration	Intensity	Treatment effect	Generalization	Maintenance	Apraxia impact	ADL impact
Multiple cues (n = 1)	IMA	Gestures	2 wks	1 hr daily	Y	Y	Y-tested items only (2 wks)	NA	NA
Error type reduction (n = 2)	IMA	Gestures	Varied; 6~11 wks	Varied; once daily 4 days/wk or twice daily 2 days/wk	Y	N	Y-tested error types only (2 wks)	N	NA
Six-stage task hierarchy (n = 1)	IMA + IA	Gestures	8 mos	45 mins; once weekly	Y	N	NA	N	NA
Conductive education (n = 1)	IMA	Gestures	3 wks	Daily	Y	N	NA	NA	NA
Strategy training (n = 89)	IA?*	ADL	Varied; 8~12 wks	Varied; 25 sessions, 15 hrs total	Y	Y	N (5 mos)	Y	Y
Transitive/intransitive gesture training (n = 13)	IMA	Gestures	10~11 wks	35 sessions, 50 mins each	Y	Y	NA	Y	NA
Rehabilitative treatment (n = 20)	IA or IMA	Gestures	10 wks	30 sessions, 50 mins each	Y	Y	Y (2 wks)	Y	Y
Errorless completion + exploration training (n = 15)	NA	ADL	2~5 wks	5 days/wk plus 20~40 mins of practice daily	Y	N	Y (6~30 mos)	NA	NA
Errorless completion (n = 6)	IMA	ADL	2 wks	6 sessions, 1 hr each	Y	N	Y (3 mos)	NA	NA
Exploration training (n = 6)	IMA	ADL	2 wks	6 sessions, 1 hr each	N	N	Y (3 mos)	NA	NA

IMA: ideomotor apraxia, IA: ideational apraxia, Y: yes, N: no, NA: not assessed/no information provided. \*Inability to carry out purposeful activities.

음이 됨을 알 수 있었다.<sup>14</sup>

착의실행증 환자의 치료는 일반적으로 환자에게 착의의 패턴을 가르치고, 옷의 앞뒤를 표시하거나 착의 순서 등의 라벨을 부치는 인지단서(cognitive cue)를 이용하기도 한다. Cook 등은 (1991) 녹음 테이프를 이용하여 효과를 보았다. 기타 다른 방법으로 치료경과의 기록 및 평가를 위해 비디오분석을 이용할 수도 있다.<sup>14</sup>

언어실행증의 치료로는 발음운동치료(articulatory kinematic treatment)가 가장 많이 행해지고 있으며, 언어생성에 있어 속도, 리듬, 시간 또는 운율적인 관점에서 치료가 접근되기도 한다. 하지만 아직까지 치료효과에 관한 연구가 드물어, 향후 환자의 특성에 적절한 치료적인 접근을 위하여 필요한 연구 등이 활발히 이루어져야 한다.<sup>15</sup>

실행증 환자에 대한 약물치료의 효과가 알려진 것은 없다. 관념운동실행증에 대한 약물치료로 시네멧, 로피니롤과 프라미페솔(도파민작용제) 등이 피질기저핵 신경절변성 환자에게 시도되었으나 효과를 보이지 않았다. 항경직성약제로 바클로펜과 실다루드 투여와 보툴리눔독소(마이오블록) 주사 등이 움켜진 주먹으로 인해 팔을 이용하는 데 제한이 있는 통제불능 손증후군환자(alien hand syndrome)에게 시도되고 있다.

#### 4) 실행증 환자 치료 시 고려할 사항

실행증 환자를 치료할 때 환자에게 도움을 주기위해 다음 실행증 치료 원칙들을 고려한다. 환자는 익숙한 것을 다루는 게 더 쉬우며 복잡한 행동보다 단순한 것을 더 잘 한다. 같은 도구를 사용하는데 여러 가지 방법을 알려주면 환자는 혼란스럽다. 한 번에 한 가지 업무만 수행하도록 하며 또한 한 가지 업무도 단계를 나누어 한 단계씩 수행하고 이를 완수하면 다음 단계로 진행한다. 환자는 몸짓을 이용한 의사소통이 어려워 조용해지고 이완되며 단어에 집중하면서 단어를 반복해서 다시 말하게 되는데 치료사는 이때 눈 맞춤을 유지하고 웃으며 환자가 긴장을 풀고 작은 손짓을 하도록 유도하고, 도구를 이용하기 어려우면 손, 손가락 사용을 허용한다. 안전이 중요하므로 환자 주변에 있는 날카로운 물건들은 제거한다. 움직임을 유도할 때 우선 환자에게 촉각, 고유수용체, 운동자극을 먼저 제공하며 지시는 간단하게 하고 가능한 단어를 적게 사용한다. 자연스럽고 일상적인 환경을 조성하여 피질하단위에서 행동하게 한다. 환자가 산만하지 않고 이완할 수 있게 고려하고 혼란을 줄이기 위해 목적지향적인 행동을 하게 한다.<sup>21</sup>

## 예 후

실행증의 예후는 환자의 일상생활동작수행의 정도와 상관관계가 있어 뇌졸중환자의 경우 안정적이지만 퇴행성질환과 중양에서는 점차 의존의 정도가 증가한다. 실행증은 일반적으로 시간이 지나면서 개선된다. 하지만 모방과 도구사용에서 보이는 시공간적인 오류는 영구적으로 지속될 수 있다.<sup>14</sup> 회복 예후는 병변 부위와 상관이 있으며 전방부 병변의 경우에 양호한 회복을 보였으나,<sup>18</sup> 병변의 크기, 초기 중증정도, 실어증 종류 등과는 의미 있는 관계가 밝혀지지 않았다.

## 결 론

실행증은 좌측대뇌반구 손상환자에서 일상생활동작을 독립적으로 수행하기 어렵게 하고, 도구 선택과 사용, 쉬운 행위습득, 행위생성의 특성 등에 있어서 잠재적으로 부정적인 장애를 보인다. 그러므로 환자 전체 치료계획의 한 부분으로 실행증의 평가, 치료와 관리를 고려하여야 한다. 그리고 향후 실행증 분류에 대한 표준화가 이루어져 용어 정의에 대한 혼란을 줄이도록 노력하여야 한다. 더불어 실행증의 치료는 구조적이고 기능적인 행동에 초점을 맞추면서 치료효과를 객관적으로 평가하는 방법 등에 대한 지속적인 연구가 병행되어야 한다.

## 참 고 문 헌

- 1) Zwinkels A, Geusgens C, van de Sando P, Van Heungten C. 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. *Clin Rehabil.* 2004;18:819-827
- 2) van Heugten CM. Apraxia. In: Eslinger PJ, eds. *Neuropsychologic intervention; Clinical research and practice*. New York: Guilford Press; 2005;222-265
- 3) Tate RL, McDonald S. What is apraxia?: the clinician's dilemma. *Neuropsychol Rehabil.* 1995;5:273-297
- 4) Quintana LA. Assessing abilities and capacities: vision, visual perception, and praxis. In: Radomski MV, Trombly Latham CA, eds. *Occupational therapy for physical dysfunction*. 6th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2007:245-259
- 5) Goldenberg G, Hagmann S. Tool use and mechanical problem solving in apraxia. *Neuropsychologia.* 1998;36:581-589
- 6) van Heugten CM, Dekker J, Deelman BG, van Dijk AJ, Stehmann-Saris JC, Kinebanian A. Outcome of strategy training in stroke patients with apraxia: a phase II study. *Clin*

- Rehabil.* 1998;12;294-303
- 7) Rothi LJG, Raymer AM, Heilman KM. Limb praxis assessment. In: Rothi LJG, Heilman KM, eds. *Apraxia; The neuropsychology of action*. East Sussex UK: Psychology Press Publishers; 1997:61-73
  - 8) Petreska B, Adriani M, Blanke O, Billard AG. Apraxia: a review. *Prog Brain Res.* 2007;164;61-83
  - 9) Poizner H, Mack L, Verfaelle M, Leslie J, Rothi LJG, Heilman KM. Three-dimensional computergraphic analysis of apraxia: neural representations of learned movement. *Brian.* 1990;113:85-101
  - 10) Poizner H, Merians AS, Clark MA, Rothi LJG, Heilman KM. Kinematic approaches to the study of apraxic disorders. In: Rothi LJG, Heilman KM, eds. *Apraxia; The neuropsychology of action*. East Sussex UK: Psychology Press; 1997:93-110
  - 11) Harrington DL, Haaland KY. Representations of actions in ideomotor limb apraxia: clues from motor programming and control. In: Rothi LJG, Heilman KM, eds. *Apraxia; The neuropsychology of action*. East Sussex UK: Psychology Press; 1997:111-148
  - 12) Hermsdörfer J, Mai N, Spatt J, Marquardt C, Veltkamp R, Goldenberg G. Kinematic analysis of movement imitation in apraxia. *Brain.* 1996;119;1575-1586
  - 13) Leiguarda RC, Marsden D. Limb apraxia: high-order disorders of sensorimotor integration. *Brain.* 2000;123;860-879
  - 14) Maher LM, Ochipa C. Management and treatment of limb apraxia. In: Rothi LJG, Heilman KM, eds. *Apraxia; The neuropsychology of action*. East Sussex UK: Psychology Press; 1997:75-91
  - 15) Cherney LR, Small SL. Aphasia, apraxia of speech and dysarthria. In: Stein J, Harvey RL, Macko RF, Winstein CJ, Zorowitz RD. *Stroke recovery and rehabilitation*. New York: Demos Medical Pub; 2009:171-174
  - 16) Heilman KM, Rothi LJG. Apraxia. In: Heilman KM, Valenstein E. eds. *Clinical neuropsychology*. 3rd ed. New York: Oxford University Press; 1993:141-163
  - 17) Buxbaum LJ, Haaland KT, Hallett M, Wheaton L, Heilman KM, Rodriguez A, Rothi LJG. Treatment of limb apraxia: moving forward to improved action. *Am J Phy Med Rehabil.* 2008;87;149-161
  - 18) Salter K, Teasell R, Bitensky J, Foley N, Bhogal SK. Cognitive disorders and apraxia. In: Teasell R, ed. *The evidence based review of stroke rehabilitation (EBRSR)*. 11th ed. London, Ontario Canada: Second National Stroke Rehabilitation Conference; 2008;56-61
  - 19) Smania N, Girardi F, Domenciali C, Lora E, Aglioti S. The rehabilitation of limb apraxia: a study in left brain damaged patients. *Arch Phys Med Rehab.* 2000;81;379-388
  - 20) Donkervoort M, Dekker J, Stehmann-Saris JC, Deelman BG. Efficacy of strategy training in left-hemisphere stroke patients with apraxia: a randomized clinical trial. *Neuropsychol Rehab.* 2001;11;549-566
  - 21) Heilman KM, Doty L, Stewart JT, Bowers D, Rothi LJG. Helping people with progressive memory disorder: a guide for you and your family. 2nd ed. *University of Florida Health Science Center*. University of Florida: 1999;chap 8; Disorders of skilled movements-apraxia