

지지조건에 따른 시각되먹임이 뇌손상환자의 일어서기 과정 동안 자세조절에 미치는 영향

신준범¹, 이재식²

¹부산대학교 대학원 인지과학협동과정, ²부산대학교 사회과학대학 심리학과

Abstract

The Effect of Visual Feedback on Postural Control During Sit-to-Stand Movements of Brain-Damaged Patients Under Different Support Conditions

Jun-beom Shin¹, MSc, PT, Jae-sik Lee², PhD

¹Dept. of Cognitive Science, The Graduate School, Pusan National University,

²Dept. of Psychology, College of Social Sciences, Pusan National University

The purpose of this study was to investigate the effect of visual feedback on the postural control of stroke patients, by systematically varying conditions of visual feedback [eye-open condition (EO) vs. eye-closed condition (EC)], and base-support (both-side support, affected-side support, and unaffected-side support). In this study, we allocated 41 stroke patients with no damage in the cerebellum and visual cortex who can walk at least 10 meters independently, and 35 normal adults who have no experience of stroke to the control group. Both groups were asked to perform a "sit-to-stand" task three to five times, and their postural control ability was measured and compared in terms of asymmetric dependence (AD) instead of the traditional symmetric index (SI) in the literature. The results showed that although both subject groups maintained better postural control in the EO condition than in the EC condition, the patient group appeared to be more stable in EC than in EO when they were required to perform the task of the support condition given on the affected side. These results implied that visual feedback can impair stroke patients' postural control when it is combined with a specific support condition.

[Jun-beom Shin, Jae-sik Lee. The Effect of Visual Feedback on Postural Control During Sit-to-Stand Movements of Brain-Damaged Patients Under Different Support Conditions. Phys Ther Kor. 2012;19(3):40-50.]

Key Words: Asymmetric dependence; Postural control; Stroke; Visual feedback.

I. 서론

정상인과 비교하여 뇌손상환자들은 운동장애가 나타나는 쪽의 지절을 움직일 때 체간근육의 활성화가 상대적으로 느리기 때문에 자세가 비대칭으로 나타난다(김원호, 2011; 원종임, 2006; Dickstein 등, 2004). 이것은

뇌손상환자들의 경우 직립자세와 관련된 체간과 근위관절의 자세조절이 시간적/공간적으로 부적절하게 이루어지기 때문이다. 또한 각 지절에서 선택적 근수축 과정을 통해 이루어지는 동작조절 과정도 적절하게 조절되지 못한다. 이러한 특성들은 뇌손상환자들의 비대칭성이 동작조절 과정보다는 자세조절 과정에서의 어려움에

통신저자: 이재식 jslee100@pusan.ac.kr

더 많은 영향을 받는다는 것을 시사한다.

뇌손상환자들은 자세조절 과정 동안 시각정보에 지나치게 의존하는 경우가 있다(Bonan 등, 2004; Marigold와 Eng, 2006). 예를 들어, 보행과 같은 동적 자세조절의 경우 뇌손상환자들은(머리를 숙이는 등의 방법을 통해) 자신의 발을 항상 시각장 안에 포함시킴으로써 발의 움직임에 따른 주변상황에서의 변화를 시각적 되먹임으로 이용한다. 이와 유사하게 정적 자세에서도 고유수용성 감각보다는 발 위치에 대한 시각되먹임을 통해 신체도식을 형성하고 자세를 조절한다. 시각과 전정감각은 주변 환경에 대한 정보를 전달하는 구심성(afferent) 감각 정보들로서 자세조절 과정에 필요한 정보이기는 하지만 이들이 직접적으로 자세조절을 이끌어내는 것은 아니다. 이와는 대조적으로 근방추(muscle spindle)와 골지건(golgi-tendon organ; GTO) 등과 같은 감각기관들은 구심성 감각 정보(즉, 고유수용성 감각)를 전달해줄 뿐만 아니라 근육의 긴장도나 근육의 수축 속도에 반응하여 적합한 움직임이 나타나도록 조절하는 원심성 작용(efferent control)도 수행한다(Tyson 등, 2006; Yelnik 등, 2002). 다시 말해, 자세조절 과정에서는 시각과 전정감각, 그리고 고유수용성 감각이 모두 필요하기는 하지만, 전자의 경우는 순수하게 감각기능을 담당하는 감각기관인 반면, 후자의 경우는 감각기능과 운동기능을 모두 수행하는 감각기관이면서 동시에 운동기관으로도 작용을 한다. 이러한 특성들은 뇌손상환자들이 고유수용성 감각보다는 시각되먹임에 지나치게 의존할 경우 자세조절에서 더 많은 어려움을 경험할 수 있다는 것을 시사한다.

뇌손상환자의 자세조절에 대한 기존의 연구들에서는 전후(anterior-posterior)방향으로의 비대칭을 변인으로 하여 주로 연구를 하였으나(Bonan 등, 2004; Wright 등, 2007), 뇌손상환자들은 편측마비로 인한 전형적인 자세조절의 문제 때문에 좌우 방향에 대한 자세조절의 문제가 더욱 중요하다(Geurts 등, 2005). 더구나 상대적으로 비손상측 하지에서의 자세조절이 더 많이 이루어질 것이라는 생각이 일반적인 판단이며, 보행등에서 비대칭의 정도와 치료의 효과 등을 알고자 하는 변인으로서 개별 하지에서의 독립적인 지지시간과 보폭을 비교하였다(Allen 등, 2011). 그러므로 뇌손상환자의 경우에는 편측운동장애로 인하여 지지조건을 평지와 같은 양측지지조건과 손상측 그리고 비손상측 하지에서 체중지지가 다르게 이루어지는 좌-우 경사면과 같은 지지조

건에서는 비대칭의 정도가 더 심화될 것이다. 더구나 시각정보가 제한되는 폐안조건에서는 지지조건과 더불어 더욱 비대칭적인 자세를 유발할 것으로 예상하였다. 이와 관련하여, 정상인의 경우에서 지지조건에 따른 시각되먹임이 자세조절에 미치는 영향을 비교해보는다면 더욱 다양한 결론을 얻을 수 있을 것이다. 또한 지지면(base of support; BOS)에 투사되어 나타나는 압력중심점(즉, 참조점 reference point)이 지지면의 중심에 가까이 위치한다고 해서 자세조절이 잘 이루어졌다고 할 수는 없다. 이러한 참조점에 기초한 접근은 인체가 아주 정밀한 복합관절로 이루어져 있고, 전신적인 조절시스템에 의하여 균형을 유지하고 있다는 점을 무시하는 것이다(이동우, 2005; 채정병 등, 2001). 뇌손상환자의 자세조절 능력의 평가와 훈련에서 참조점을 사용할 경우 발생할 수 있는 또 다른 문제는 참조점이 시각되먹임 이외에 다른 되먹임은 제대로 제공해 주지 못할 뿐만 아니라, 신체에 직접적으로 전달되는 체성감각과 같은 또 다른 유형의 되먹임과는 시간적/공간적으로 차이가 있을 수 있다는 점이다.

압력중심점을 기초로 하는 참조점은 하나의 점으로 제시되는 것이 일반적이다. 그러나 이러한 시각되먹임은 물체의 형태와 특성을 파악하기 위하여 주로 사용되는 중심시(central vision)를 이용한 되먹임이다(Shumway-Cook 등, 1985). 반면 자세조절에 좀 더 효율적으로 사용될 수 있는 시각되먹임은 주변 환경과 그 환경에서 주어진 자극 정보를 파악하는데 사용되는 주변시(peripheral vision)를 통한 되먹임이다(Berencsi 등, 2005). 따라서 뇌손상환자의 자세조절 평가에서 참조점을 통한 중심시 위주의 시각되먹임은 적합하지 않을 수도 있다. 이와 관련하여 Taube 등(2008)은 시각되먹임의 유형에 따라 뇌손상환자의 자세조절 훈련에서 효과의 차이가 있는지 비교하기 위하여 훈련조건에서 뇌손상환자의 가슴 중앙에 부착된 레이저 포인터로부터 정면의 벽에 비추어진 빛을 참조점으로 이용하여 자세 변화에 따라 참조점이 움직이면 그 위치를 변경하기 위하여 자세를 다시 수정하는 방법으로 환자들을 훈련시켰다. 따라서 이 조건은 중심시를 이용하여 참조점을 응시하는 조건이라 할 수 있다. 다른 조건에서는 레이저 포인터 빛을 사용하지 않고 그 대신 육안으로 관찰되는 주변시 정보를 이용하여 자세를 조절하도록 훈련시켰다. 그 결과 중심시를 이용한 방법보다는 주변시를 이용한 훈련 조건에서 자세조절 능력이 더욱 향상되는 것

을 발견하였다.

앞에서도 기술하였듯이 시각은 자세조절에 긍정적인 영향을 미치는 가장 강력한 요소라는 생각이 지배적으로 받아들여졌고, 이에 따라 자세조절 능력의 평가와 훈련 프로그램에 시각되먹임이 적용된 연구 사례들이 많이 보고되고 있다(강민혁 등, 2011; 김도균 등, 2005; Bauer 등, 2008; Marigold와 Eng, 2006). 그러나 다른 연구에서는 정상 성인의 경우에 시각되먹임이 제공되지 않아도 자세조절 능력은 큰 차이가 없다는 결과가 관찰되기도 하였고(Starkes 등, 1992), 뇌손상환자들은 뇌손상 이후 비대칭적인 자세의 불균형을 극복하기 위한 보상 전략으로 시각되먹임에 과도하게 의존한다는 결과들도 제시되었다(Bonan 등, 2004; Taube 등, 2008). 특히 뇌손상환자의 경우 시각되먹임을 제공하지 않는 것이 자세조절에 오히려 효율적이라는 연구도 보고되고 있다. 예를 들어, 임길병 등(2002)의 연구에서는 시각되먹임이 차단된 조건에서 발목 관절의 위치 감각이 향상되고 체성감각의 되먹임이 더욱 활성화되는 것이 확인되었고, 이와 유사하게 힘판(force plate)을 이용한 압력중심점(center of pressure; COP)의 변위에 대한 측정 연구에서도 폐안상태에서 자세조절 능력이 더 향상된다는 것이 관찰되었다(장의수 등, 1999; Bauer 등, 2008; Dornan 등, 1978). 자세조절 능력에 대한 평가와 훈련에서 압력중심점의 움직임을 이용한 연구들이 갖고 있는 또 다른 문제 중 하나는 이러한 평가와 훈련 과정에서 사용되는 현수장치(harness)의 특성과 관련이 있다. 뇌손상환자의 자세조절 능력 평가와 훈련을 위해 현수장치를 사용하는 주된 이유는 환자들이 넘어지는 것을 방지하기 위한 것이다. 그러나 안전을 이유로 현수장치를 사용할 경우 힘판에 투사되는 압력이 현수장치에 의해 상쇄되는 결과를 초래할 수 있기 때문에 자세조절과 관련된 지표들이 정확하게 측정되지 않을 수도 있다.

본 연구의 목적과 기존 연구와의 차별성을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 기존의 연구에서는 뇌손상환자의 자세조절에 시각되먹임이 미치는 효과에 대해 일관적이지 않은 결과를 보고하고 있는데, 본 연구에서는 기존의 연구들과 차별되는 몇 가지 변인을 적용하여 시각되먹임의 효과를 다시 검증하고자 한다. 뇌손상환자에게 시각되먹임이 실질적으로 자세조절에 도움이 되는 긍정적인 되먹임(positive feedback)인지, 아니면 이와는 반대로 체성감각에 의한 조절작용을 방해하는 부정적인 되먹임(negative feedback)으로 작용하여 자세조절에서

비대칭을 심화시키는 효과를 갖는지 확인하는 것이 본 연구의 핵심적 목표이다. 그러므로, 위에서 지적하였듯이 참조점을 이용한 시각되먹임은 이론적/실용적 측면에서 몇 가지 문제를 갖고 있는 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 시각적 참조점을 사용하지 않는 대신 뇌손상환자들이 일상생활에서 경험하는 상황에 근접하는 실험조건을 통해 시각되먹임의 효과를 검증하고자 한다. 둘째, 기존의 연구에서는 주로 환자의 전후 방향 움직임을 측정하였으나 본 연구에서는 좌우 방향으로의 움직임을 주요 종속변인으로 측정하고자 한다. 특히, 좌우 방향으로의 자세조절 특성을 좀 더 구체적으로 세분화하여 검증하기 위해 자세조절 상황에서 지지조건들을 달리하여 각 지지조건에 따른 자세조절 수행에서의 차이를 비교하였다. 셋째, 본 연구에서는 기존의 자세조절 수행 지표로 많이 사용되어 온 대칭지수(symmetric index; SI)의 문제점을 지적하고 이를 해결하기 위한 방법으로 비대칭 의존도(asymmetric dependence; AD)라는 새로운 방식의 측정치를 제안하여 이를 기초로 연구대상자들의 좌우 방향으로의 자세조절을 분석하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구에서는 환자집단과 통제집단으로 나누어 실험을 진행하였다. 환자집단의 경우 뇌혈관 손상이나 기타의 뇌손상으로 진단받아 신체 한쪽의 자세조절과 동작조절에 장애가 있지만, 보행 보조도구 없이 10 m 이상 독립 보행이 가능하고, 의사소통에 문제가 없으며, 소뇌와 시각 영역에서의 손상이 없고, 최초 발병 후 3개월 이상이 지난 만성 뇌손상 환자들을 선발하였다. 이들은 2009년 10월부터 2011년 6월까지 뇌손상으로 인한 신체 한쪽의 편측장애를 이유로 부산과 경남지역에 위치한 8개 병원(부산 K병원, D병원, D한방병원, H병원, I병원, K병원, M병원과 김해지역의 H병원)에서 입원/통원 치료를 받고 있는 환자 중 실험조건에 부합하는 환자들이었다. 통제집단으로는 뇌손상 병력이 없고 의사소통에도 문제가 없는 정상 성인들을 대상으로 구성하였다. 보통 6개월 혹은 1년 이상 계속되는 질환을 만성질환이라고 하지만, 뇌손상환자들을 대상으로 한 본 연구에서 외과적 처치 등의 일차적인 처치가 끝

표 1. 연구 대상자의 특성

(N=76)

구분	세부분류	환자집단 (n ₁ =41)	통제집단 (n ₂ =35)
성별	남(n)	23	17
	여(n)	18	18
나이(세)		56.8±10.2 ^a	56.0±10.3
손상부위(환자)	오른쪽(n)	26	29
/우세측(통제)	왼쪽(n)	15	6

^a평균±표준편차.

난 후 편측장애와 운동장애가 나타나는 3개월 이상의 환자들을 대상으로 하였다. 정경훈 등(2008)의 연구에서 뇌손상 후 3개월 이상을 만성이라고 정의하기는 하였지만 뇌졸중 발생 이후의 기간에 대한 고려도 있어야 할 것이다. 연구 대상자들의 특성에 대한 구체적 자료는 표 1에 제시되어 있다.

2. 측정도구

본 연구에서 연구대상자들의 자세조절은 현수장치와 복부벨트를 착용하도록 하고 배꼽(navel) 위치에 형광 오렌지색 표지를 부착시킨 후, 초당 30프레임의 NTSC 방식을 이용하는 캠코더¹⁾를 사용하여 동영상으로 촬영하였고, 960×220픽셀, 16:9 와이드, MPEG 2 방식의 디지털 파일로 저장하였다. 촬영한 동영상을 프레임 단위로 분석하기 위하여 조그서를 기능이 있는 키보드²⁾를 이용하였다.

동영상은 전두면(frontal view)상에서 좌우 최대 변위의 위치를 프레임 단위로 찾아낸 후, 해당 장면을 캡처하여 따로 저장하여 분석하였다. 경사면에서의 균형능력 평가를 위해 직각삼각형 경사판을 이용하였다. 크기는 50×55×14 cm였다. 경사판은 압축형 쿠션으로 경사판 위에 연구 대상자가 섰을 때 부피가 거의 줄어들지 않는 제품을 사용하였다. 자세조절 능력을 평가를 위한 동영상 분석 프로그램은 스위스 로잔공대(EPFL)의 Audiovisual Communication 연구소의 핵심 기술을 바탕으로 분리/독립하여 1998년에 설립한 닥트피쉬라는 회사의 한국법인에서 보급 중인 동작 분석 프로그램으로 닥트피쉬 소프트웨어(Dartfish-Pro suite version 4.5)을 사용하였다. 이 프로그램은 국가대표선수들이 훈련하는 선수촌을 비롯한 프로구단에서 재활 훈련과 교정에 이용되고 있으며, 환자들과 선수들의

동작분석에 대한 몇몇 연구에도 이용되고 있다(오테영 등, 2010).

3. 실험절차

연구 대상자들이 실험 장소에 입실하면 먼저 실험 참가동의서를 읽고 이에 동의할 경우 서명하도록 하였다. 그 다음 표지를 부착해 놓은 현수장치를 착용하도록 하였다. 중심 표지가 배꼽 위치에 정확하게 위치하도록 벨트의 길이를 적절하게 조정하였다. 환자집단과 통제집단에 속한 연구 대상자들은 각각 두 가지의 시각 되먹임 조건(개안 vs. 폐안)과 세 가지의 지지조건[평지에서의 양측지지조건과 경사판을 이용한 손상측지지조건(비우세측 지지) 또는 비손상측지지조건(우세측 지지)]의 조합으로 구성된 실험 조건들에 참가하였다. 시각되먹임 조건에서 폐안조건의 경우 수면안대를 착용하도록 한 반면, 개안조건의 경우 연구 대상자들이 주변 시를 이용할 수 있도록 시각적 초점을 지정하지 않았다.

본 연구에서 요구된 자세조절은 기본적인 직립 동작으로, 앉아 있다 일어나는(sit-to-stand) 동작이었고 평지와 경사판(좌-우)의 세 가지 지지조건에서 모두 3~5 회씩 실시하였다. 실험 도중 어지러움이나 넘어질 것 같은 느낌을 호소하는 경우에는 즉시 과제 수행을 중단하도록 하였으며, 실험의 전과정에서 실험자가 연구 대상자의 옆에 서서 넘어짐에 대비하였다. 발에서의 자연스러운 움직임을 허용하도록 신발을 벗도록 하였고, 최대한 일상생활에서 수행하는 것과 같은 자연스러운 동작으로 과제를 수행하도록 하였다. 캠코더를 이용한 동영상 촬영은 연구 대상자의 전신이 촬영될 수 있도록 이틀로부터 3 m 떨어진 위치에 삼각대로 고정시킨 후 전두면을 촬영하였다.

환자집단의 경우 평지에서 앉아 있다 일어서는 동작

1) DCR-SR85, 소니, 도쿄, 일본.

2) GR 100, (주)캠스토리, 서울, 한국.

을 실시하는 양측지지 조건, 좌-우측 경사면에서 실시하여 장애가 나타나는 손상측이 지지되는 조건(손상측 다리가 아래 경사면에 위치하는 조건), 그리고 비손상측이 지지되는 조건(비손상측 다리가 아래 경사면에 위치하는 조건) 각각에서 개안조건과 폐안조건 모두에 대해 3회씩 과제를 수행하였다.

따라서 다음과 같은 6가지의 실험조건들이 구성되었다: 양측-개안, 양측-폐안, 손상측-개안, 손상측-폐안, 비손상측-개안, 비손상측-폐안. 통제집단의 경우 손상측(혹은 비손상측)의 개념보다는 상대적으로 잘 쓰는 다리 쪽을 우세측으로, 반면 잘 쓰지 않는 다리 쪽을 비우세측으로 정의하여 지지조건을 설정하였다. 따라서 통제집단의 경우에는 ‘양측-개안’, ‘양측-폐안’, ‘우세측-개안’, ‘우세측-폐안’, ‘비우세측-개안’, ‘비우세측-폐안’의 6가지 실험조건으로 구성하였다.

4. 자료수집

각 연구 대상자들이 할당된 실험조건에 따라 개인별로 모두 6개의 동영상 파일이 촬영되었다. 촬영된 동영상파일은 분석을 위해 Virtual-Dub 프로그램을 이용하여 모든 동영상파일을 Microsoft MPEG-4 VKI codec V2 코덱으로 압축한 후 AVI 파일형태로 저장하였다.

가. 동영상 분석

여섯 개로 분류한 자세조절의 각 영상들은 다트피쉬 프로그램을 이용하여 다음과 같이 분석하였다(그림 1).

1) 동영상에서 두 발의 지지면 폭을 ‘1’로 설정: 프로그램에서는 미터(m)단위로 표시가 되지만 분석에서는 단위를 고려하지 않음.

2) ‘1’로 설정된 지지면 폭을 1/2로 구분하는 수직선 설정(중심 수직선).

3) 중심 표지의 이동 경로를 추적하도록 열십자 마크(+)를 지정한 후 ‘트래킹’ 기능 설정.

4) 앉아 있다 일어서는 동작 동안 트래킹 경로의 좌우 최대 변위가 표시되도록 네모 상자를 그려 좌우변을 최대변위에 일치시킴.

5) 중심 수직선에서 왼쪽 또는 오른쪽의 최대이동 변위까지(네모상자의 좌-우변) 각각의 변위를 표시: 기준이 되는 지지면의 ‘1’ 값에 대하여 좌우 변위가 자동적 비율(R)로 표시됨.

6) 저장된 이미지는 GR-100 키보드의 편집프로그램

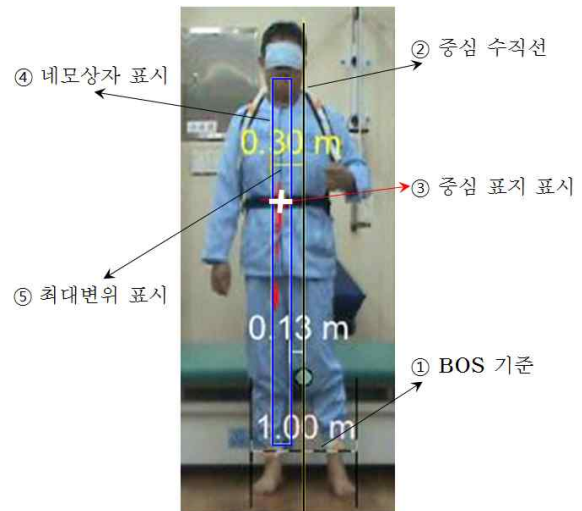


그림 1. 동영상 파일 분석을 위한 기준의 설정.

에서 조그서틀 기능을 이용하여 최대 변위를 찾아냄.

7) 최대 변위를 나타내는 장면을 캡처하여 이미지 파일(jpg)로 저장.

8) 이미지 파일에서 최대 변위를 참가자별로 구분하여 엑셀 파일로 저장.

9) 엑셀 파일에서 아래와 같이 각 지지조건에 따라 개안조건과 폐안조건에서의 중심 표지 이동의 비율값 추출. 단, 최대 변위값은 중심 수직선을 기준으로 지지조건과 동일 방향의 경우 비율값을 (+)값으로, 반면 지지조건과 반대 방향일 경우 비율값을 (-)값으로 기록.

나. 비대칭 의존도(AD)

특히 뇌손상 환자의 경우 손상측 혹은 비손상측으로의 자세조절 비율은 뇌손상 이후 자세조절 방향의 패턴을 알려주는 중요한 지표가 될 수 있기 때문에 뇌손상 환자의 자세조절에서 좌우 대칭성의 정보뿐만 아니라 자세조절이 주로 이루어지는 방향에 대한 정보도 함께 제공되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 중심 표지의 이동 변위에 대한 차이값을 통해 어느 방향으로 비대칭이 증가하는지 계산하였다. 본 연구에서는 이러한 지표를 ‘비대칭 의존도’라고 명명하고자 한다. 본 연구에서 비대칭 의존도는 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{비대칭 의존도(AD)} = R_{\text{비손상(우세)}} - R_{\text{손상(비우세)}}$$

여기에서 ‘R_{손상}(혹은 정상인의 경우 비우세)’는 중심

표 2. 집단별 지지조건과 시각조건에 따른 비대칭 의존도값에 대한 변량분석표 (N=76)

변량원	자승합	자유도	평균자승합	F	p	η^2
환자집단						
지지조건(A)	1.041	1	1.041	62.77	.000	.61
Error	.663	40	.017			
시각조건(B)	.019	1	.019	4.12	.049	.09
Error	.185	40	.005			
A × B	.013	1	.013	4.76	.035	.11
Error	.106	40	.003			
통제집단						
지지조건(A)	.937	1	.937	86.45	.000	.72
Error	.369	34	.011			
시각조건(B)	.004	1	.004	.61	.441	.02
Error	.252	34	.007			
A × B	.026	1	.026	5.50	.025	.14
Error	.159	34	.005			

선에서 손상(비우세)측으로의 최대변위비율을, 반면 'R 비손상(혹은 정상인의 경우 우세)'는 비손상(우세)측으로의 최대변위 비율을 나타낸다. 비대칭 의존도의 값에 대한 해석은 다음과 같다.

- 1) 비대칭 의존도=0: 완전한 대칭(절대값이 클수록 비대칭)
- 2) 비대칭 의존도>0: 비손상측(또는 우세측) 조절 비율이 크다. 즉, 자세조절이 비손상측(또는 우세측)에서 더 많이 이루어진다.
- 3) 비대칭 의존도<0: 손상측(또는 비우세측) 조절 비율이 크다. 즉, 자세조절이 손상측(또는 비우세측)에서 더 많이 이루어진다.

5. 분석방법

뇌손상환자들로 구성된 환자집단과 정상 성인들로 구성된 통제집단의 지지조건과 시각조건에 따른 비대칭 의존도 값을 각각 구분하여 반복측정 변량분석[시각조건(2)×지지조건(3)]을 통해 비교/분석하였다(표 2). 통계 분석은 PASW Statistics ver. 18.0 프로그램을 사용하였다. 지지조건에서 뇌손상 환자의 경우는 운동 장애가 어느 방향에서 나타나는지에 따라 손상측 혹은 비손상측 지지조건으로 구분되었으나, 통제집단의 경우는 장애가 발생하는 방향의 개념보다는 잘 사용하는 발이 어느 발인지에 따라 구분한 '우세측' 혹은 '비우세측'으로 지지조건이 구분된다. 다시 말해 두 집단 모두에서 지

지조건은 동일하지만 지지의 속성은 상이하다. 또한 두 집단 모두에서 지지조건과 시각조건 사이의 상호작용 효과가 통계적으로 유의하였기 때문에 이러한 상호작용 효과의 소재를 파악하기 위해 각 집단별로 대응표본 t-검정을 실시하였다. 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 정하였다.

III. 결과

1. 지지조건과 시각조건에 따른 집단별 비대칭 의존도에 대한 변량분석 결과

환자집단과 통제집단 모두에 대해 비대칭 의존도 값을 계산하였으며 이에 대한 결과값은 그림 2에 요약되어 있다. 환자집단의 경우는 비손상측지지-폐안조건에서의 비대칭 의존도 값이 가장 컸고(AD=.294) 손상측지지-개안조건에서의 비대칭 의존도 값이 가장 작았으며(AD=-.042), 이러한 차이는 통계적으로 유의하였다. 지지조건과 시각조건에서 각각 주효과가 유의하였으며, 그리고 지지조건과 시각조건 사이의 상호작용 효과도 유의한 것으로 나타났다.

반면 통제집단의 경우는 우세측지지-폐안조건에서의 비대칭 의존도 값이 가장 컸고(AD=.197) 양측지지-폐안조건에서의 비대칭 의존도 값이 가장 작았으며(AD=.009), 이 또한 통계적으로 유의하였다. 지지조건에서만 주효과가 유의하지 않았다.

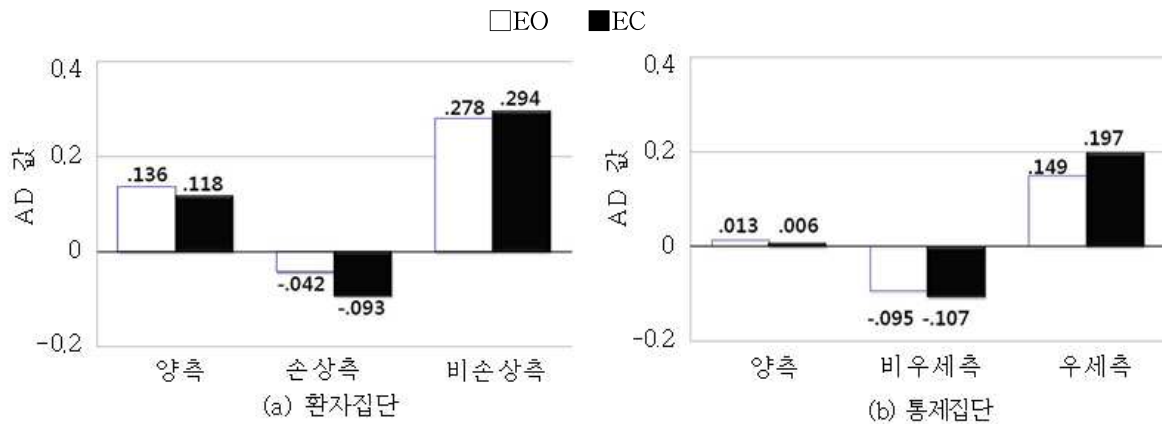


그림 2. 집단별 비대칭의존도(AD) 값 비교(EO: eye-open condition, EC: eye-closed condition).

2. 지지조건에 따른 시각되먹임 효과의 차이검증

환자집단의 경우 손상측 지지조건에서만 개안조건과 폐안조건 사이의 비대칭 의존도 값 차이가 유의하였던 반면(개안=-.042 vs. 폐안=-.093, 차이=.050, $t=3.194$, $p=.003$), 통제집단의 경우는 우세측 지지조건에서만 개안조건과 폐안조건 사이의 비대칭 의존도 값 차이가 유의하였다(개안=.149 vs. 폐안=.196, 차이=-.047, $t=2.382$, $p=.023$).

IV. 고찰

기존의 연구들은 뇌손상환자들에 대한 시각되먹임의 제공이 자세조절에 유용하다는 결과를 보고하였다(Pokorná, 2006). 이를 바탕으로 자세조절 평가와 훈련 프로그램에 시각되먹임이 많이 이용되었다. 예를 들어, 힘판이나 밸런스마스터(Balance Master) 등과 같은 장비를 이용하여 자세조절 능력을 평가하거나 훈련하는 경우, 신체의 압력중심점이 모니터상에 제시되는 참조점을 시각되먹임으로 이용하였다. 뇌손상환자의 이러한 자세조절 기능을 검토하기 위해 기존의 연구들에서는 뇌손상환자들의 전후 방향에 대한 자세조절을 주로 검토하였다(Bonan 등, 2004; Ting, 2007; Wright 등, 2007). 그러나 뇌손상환자의 경우 손상측 하지에서 자세조절이 어려워지기 때문에 신체는 전반적으로 비대칭이 심해지는 결과를 초래하고, 전후 방향보다는 좌우 방향으로의 비대칭이 자세조절을 더 어렵게 할 수 있다(Baloh 등, 1998; Carver 등, 2011; Pereira 등, 2010; O'Sullivan 등, 2006). 임상현장에서의 재활훈련과정동

안 특히 하지에서 체간을 지지하는 선자세 또는 보행에서 과도한 시각적 의존으로 인해 머리가 과도하게 아래쪽으로 숙여져서 경추의 굴곡이 정상적인 자세조절을 방해하는 모습을 볼 수가 있었다. 이에 본 연구자들은 자세조절에 미치는 시각정보의 영향에 대하여 의문을 품게 되었다. 이러한 특징에 근거하여 본 연구에서는 뇌손상환자의 자세조절 능력을 폐안과 개안으로 나눈 시각조건에서 살펴보았다. 더불어 전후 방향보다는 좌우 방향의 측면에서 살펴보았으며, 그 결과가 임상적으로 많은 도움이 될 것이다. 특히, 좌우 방향으로의 자세조절 수행이 갖는 특성을 좀 더 세분화하여 살펴보기 위해 경사판(50×55×14; 가로×세로×높이)을 이용하여 제공되는 지지조건을 평지(양측지지), 손상측지지 및 비손상측지지 조건으로 달리하여 살펴보았으며, 그 결과는 기존의 생각과는 달리 폐안-손상측지지 조건에서 손상측 하지의 자세조절능력이 적절하게 이루어지는 것으로 나타났으며 비대칭의존도도 비손상측 지지조건의 경우보다 적게 나타났다.

일반적으로 뇌손상환자의 자세조절 능력을 측정하기 위한 지표는 Robinson 등(1987)이 제안한 대칭지수(SI)가 있다. 대칭지수의 산출 공식은 $SI=100(D_{손상}-D_{비손상})/5(D_{손상}+D_{비손상})$ 이다. 여기에서 'D_{손상}'은 손상측으로의 최대이동 값을, 반면 'D_{비손상}'은 비손상측으로의 최대이동 값을 나타낸다. 그러나 실제 대칭지수는 계산 과정에서 'D_{손상}-D_{비손상}=0' 또는 'D_{손상}+D_{비손상}=0'이 되는 경우가 발생하기도 하는데, 자세조절에서 대칭 형태가 정반대인 두 가지 경우가 모두 동일하게 0의 값을 갖게 된다. 예를 들어, 손상측과 비손상측의 변위 비율이 동일한 경우와, 대칭적인 자세조절로 인해 중심수직선 상에

표 3. 집단별 지지조건에 따른 시각조건간 비대칭의존도 차이 값

(N=76)

지지조건	평균차이(EO ^a - EC ^b)	t	자유도	p
환자집단(n=41)				
양측	.019	1.807	40	.078
손상측	.050	3.194	40	.003
비손상측	-.016	-1.247	40	.220
통제집단(n=35)				
양측	.007	.398	34	.693
비우세측	.013	.778	34	.442
우세측	-.047	-2.382	34	.023

^aeye-open condition, ^beye-closed condition.

서만 (중심 표지로 측정된) 자세 이동이 나타난다면, 대칭지수가 전자는 넓은 이동폭을 보이는 '0'이 될 것이고, 후자는 전혀 이동폭이 없는 '0'이 되어 동일한 값을 나타내게 된다. 즉, 대칭지수는 환자들이 얼마나 대칭적으로 자세를 조절하였는지의 정보는 제공해 주지만, 신체의 좌우 방향 중 어느 방향으로 신체조절이 주로 이루어졌는지에 대한 정보는 제공하지 못한다.

뇌손상 환자의 자세조절과정에서 손상측 이동비율인 R손상이 -.13이고 비손상측 이동비율이 R비손상이 +.30인 경우를 예를 들어보자. 이 환자의 비대칭 의존도 값은 $.30 - (-.13) = .43$ 이 된다. '.43'이라는 비대칭 의존도 값은 이 값이 0이 아니라는 것을 통해 이 환자의 경우 자세조절이 비대칭적으로 이루어졌을 뿐만 아니라, 이 값이 양수라는 점을 고려하면 비손상측에서의 자세조절 비율이 더 크다는 것을 알려준다. 반면 동일한 자료를 대칭지수로 계산하면, $D_{손상} = -.13$, $D_{비손상} = .3$ 이므로 대칭지수(SI) = $100 \times ((-.13) - .3) / (5 \times (-.13 + .3)) = -14.62$ 이다. 그러나 반대 방향으로 동일한 값만큼 움직인 경우(즉, $D_{손상}$ 값을 -.13 대신 .13, $D_{비손상}$ 값을 .3 대신 -.3이라 할 경우)의 대칭지수는 동일한 값 [SI = $100 \times (.13 - (-.3)) / (5 \times (.13 - .3)) = -14.62$]이 된다. 따라서 대칭지수를 이용하면 비대칭의 정도는 알 수 있지만, 손상측과 비손상측 중 어느 쪽으로 자세조절 비율이 더 컸는지에 대한 정보는 불확실하다.

본 연구에서 가장 중요하게 살펴보고자 한 것은 시각되먹임의 제공 여부가 연구 대상자들의 자세조절에 어떠한 영향을 주는지 살펴보는 것이었다. 시각되먹임의 제공이 뇌손상환자의 자세조절에 어떠한 영향을 주는지에 대해서는 연구들에 따라 일관적이지 못한 결과들이 보고되었다. 예를 들어, 시각되먹임은 자세조절에 긍정적인 영향을 미치는 가장 강력한 요소이며(Dornan

J 등, 1978), 자세조절 능력의 평가와 훈련 프로그램에 시각되먹임의 제공이 중요하다고 보고한 연구들도 있으며(이동진과 이완희, 2008; Pokorná, 2006), 이와는 달리 정상 성인의 경우에 시각되먹임은 자세조절과 관련이 없는 것으로 보고된 연구도 있다. 심지어 뇌손상환자의 경우 시각되먹임을 제공하지 않는 것이 자세조절에 오히려 효율적이라는 연구도 보고되었다(나영무 등, 2003; 임길병 등, 2002; Bauer 등, 2008). 시각되먹임의 기능에 대한 이러한 연구 결과들에서의 불일치는 뇌손상환자에게 요구되는 과제의 유형이나 측정치의 유형, 그리고 자료의 분석방법등에서 연구자들에 따라 차이가 있었기 때문일 것이다. 특히 자세조절 과제에서 참조점을 이용하여 중심시만으로 자세조절에 필요한 시각되먹임을 제공할 경우 주변시를 활용하여 주변의 환경과 관계하여 좌우 방향으로의 움직임에 대한 자세조절을 하는 경우보다는 정보 제공에 한계가 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 연구 대상자들이 자세를 조절하기 위해 참조점을 사용하도록 하기보다는 Bauer 등(2008)의 연구에서 사용된 방법에 따라 눈을 뜨거나 감은 조건을 통해 시각되먹임의 제공 효과를 검증하였다. 그 결과, 전반적으로 환자집단이나 통제집단 모두에서 시각되먹임을 제공한 조건(개안조건)이 그렇지 않은 조건(폐안조건)에 비해 더 우수한 자세조절 수행을 이끌어 내는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 시각되먹임의 효과는 지지조건에 따라 차별적으로 관찰되었다. 즉, 환자집단의 경우 비대칭성과 그 정도를 나타내는 비대칭 의존도값이 손상측 지지의 경우 개안조건과 폐안조건 사이에 유의한 차이를 보였는데(표 3), 이러한 결과는 환자집단의 경우 개안조건에 비해 폐안조건에서 유의하게 더 큰 음수(-)의 비대칭 의존도 값이 관찰되었기 때문이다. 이것은 뇌손상환자들이 손상측 지지조건에

우 예상과 달리, 손상측 하지를 더 많이 사용하여 자세를 조절한다는 것을 시사하고, 특히 이러한 경향은 폐안조건에서 더 두드러진다는 것을 의미하며, 이는 기존 연구에서 사용되던 대칭지수에서는 알 수 없는 유용한 정보이다(그림 2). 반면 통제집단의 경우 시각조건의 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났으나, 개안조건과 폐안조건 사이의 유의한 차이가 우세측 지지조건에서만 관찰되는 경향성을 보였다. 이러한 결과는(일반적으로 알려져 있듯이) 정상인들은 폐안조건에서 우세측을 더 많이 사용한다는 것을 시사한다(표 3). 즉, 자세조절을 위해서는 시각정보와 고유수용성 감각의 정보 등이 모두 유용하게 이용되지만 통제집단에서는 시각정보가 감각기관이면서 동시에 운동기관인 고유수용성감각의 작용에 영향을 미치지 않은 반면, 중추적 조절기능이 손상된 뇌손상환자의 경우에는 시각정보가 운동기관의 활성화에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 이 연구의 결과는 재활훈련을 위해 참조점을 이용하는 방법등의 기존의 연구결과들에서 제시한 시각되먹임의 적용과 달리 좌우비대칭의 큰 특징을 보이는 뇌손상환자들에게 보다 선택적으로 도움이 되는 시각되먹임의 활용방법을 제시할 수 있는 유용한 자료가 될 수 있다.

본 연구의 제한점 및 추후 연구주제들은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 동영상 자료를 통한 자세조절 능력을 주로 비교하였으나 뇌손상환자의 자세조절 비교를 위해 많이 사용되어온 지표인 압력중심점 자료는 분석하지 않았다. 추후 연구에서 좌우 방향으로의 신체적 조절에 대한 동영상 자료뿐만 아니라 힘판을 이용한 압력중심점에서의 변화를 함께 고려할 수 있다면 뇌손상환자가 보이는 자세조절에서의 어려움을 좀 더 수렴적 자료에 근거하여 평가할 수 있을 것이다. 둘째, 본 연구에서는 기존의 대칭지수가 갖는 문제점을 예시하고 그 대안으로 비대칭의존도라는 새로운 개념의 지표를 제안하고 이를 통해 연구 대상자들의 자세조절을 평가하였다. 그러나 뇌손상환자들의 자세조절 능력 평가에 대한 비대칭의존도 지표의 타당성을 다양한 자료에 대한 적용을 통해 검토해 보아야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 기존의 뇌손상환자의 자세조절에 대

한 연구와는 차별적인 연구절차와 분석방법을 사용하여 시각되먹임의 자세조절에 대한 효과를 검증하였다. 본 연구의 의의는 다음과 같다. 첫째, 자세조절의 종속변인으로 많이 사용되어온 전후 방향의 조절능력 측정치 대신 좌우 방향으로의 조절능력을 측정함으로써 뇌손상환자들이 일상생활에서 경험하는 자세조절에서의 어려움을 좀 더 현실적이고 타당하게 검증하였다. 특히, 좌우 방향으로의 자세조절 특성을 좀 더 구체적으로 세분화하여 검증하기 위해 자세조절 상황에서의 지지조건들을 달리하여 각 지지조건에 따른 자세조절 수행에서의 차이를 비교하였다. 둘째, 자세조절 수행을 평가하기 위해 많이 사용되어 온 대칭지수가 갖는 문제점을 예시하고, 이를 해결하기 위해 '비대칭의존도'라는 새로운 지표를 제안한 후 이를 통해 뇌손상환자와 정상집단의 자세조절 능력을 좀 더 구체적으로 비교하였다. 자료 분석 결과, 정상인들의 경우에는 시각조건이 통계적으로 영향을 미치지 못하는 것으로 나타난 것에 비해, 뇌손상환자들은 다른 지지조건에 비해 손상측 지지조건에서 가장 작은 비대칭성을 보였으며, 특히 폐안조건에서 손상측 하지에서의 자세조절능력이 더 크게 나타남을 비대칭 의존도 값을 통해 확인하였다. 이러한 결과는 뇌손상환자의 경우 임상적인 재활훈련에서 어떤 시각조건이 도움이 될 것인지에 대한 단서를 제공해 준다. 즉, 뇌손상환자의 폐안조건은 손상측 하지가 자세조절에 더 많이 이용되도록 활성화시킬 수 있으며, 전반적인 자세의 비대칭을 감소시키는 부분에도 기여할 수 있을 것이다.

인용문헌

- 강민혁, 윤지연, 양재락 등. 전신 기울기 운동 시 시각적 바이오피드백이 올바른 자세 유지 시간과 체간 근육의 근활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2011;18(1):9-17.
- 김도균, 고은혜, 이강성 등. 시각적 정보와 내측쇄기 인술의 높이 차이가 정상 성인의 슬관절 고유수용성 감각에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2005;12(1):22-27.
- 김원호. 과제지향적 접근법이 만성 뇌졸중 환자의 일어 서기 동작 시 환측다리의 체중지지비율과 근활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2011;18(2):18-26.

- 나영무, 이건철, 임길병 등. 뇌졸중 환자에서 시지각 바
이오피드백 훈련이 좌위 균형에 미치는 효과. 대한
재활의학회지. 2003;27(2):164-172.
- 오테영, 송현주, 이슬기, 정예지, 임중수. 경사로 오르기
동안 슬관절 굴곡각도와 족저압의 특성비교. 한국
콘텐츠학회논문지. 2010;10(2):268-276.
- 원종업. 지역사회 뇌졸중 환자를 위한 근력강화 운동과
보행훈련의 효과. 한국전문물리치료학회지. 2006;
13(3):18-23.
- 이동우. 인간의 자세조절 메커니즘에 대한 연구. 한국운
동역학회지. 2005;15(1):45-61.
- 이동진, 이완희. 안대착용 후 시각적 피드백훈련이 편측
무시환자의 균형 및 시지각에 미치는 영향. 특수교
육재활과학연구. 2008;47(3):217-237.
- 임길병, 나영무, 이홍재 등. 편마비 환자에서 촉각 자극
과 균형 원판 훈련의 효과. 대한재활의학회지.
2002;26(6):652-657.
- 장의수, 양원호, 김권영 편마비 환자에서 Balance sys-
tem을 이용한 균형 훈련 효과. 대한재활의학회지.
1999;23(5):899-904.
- 정경훈, 하현근, 신희준 등. 만성 뇌졸중 환자에서 운동
기능 회복에 대한 로봇-보조 보행치료의 효과. 대
한재활의학회지. 2008;32(3):258-266.
- 채정병, 김병조, 배성수. 자세조절과 균형에 관한 고찰.
대한물리치료학회지. 2001;13(2):421-431.
- Allen JL, Kautz SA, Neptune RR. Step length asym-
metry is representative of compensatory mecha-
nisms used in post-stroke hemiparetic walking.
Gait Posture. 2011;33(4):538-543.
- Baloh RW, Corona S, Jacobson KM, et al. A pros-
pectivve study of posturography in normal older
people. J Am Geriatr Soc. 1998;46(4):438-443.
- Bauer C, Gröger I, Rupprecht R, et al. Intrasession
reliability of force platform parameters in com-
munity-dwelling older adults. Arch Phys Med
Rehabil. 2008;89(10):1977-1982.
- Berencsi A, Ishihara M, Imanaka K. The functional
role of central and peripheral vision in the control
of posture. Hum Mov Sci. 2005;24(5-6):689-709.
- Bonan IV, Yelnik AP, Colle FM, et al. Reliance on
visual information after stroke. Part II:
Effectiveness of a balance rehabilitation program
with visual cue deprivation after stroke: A
randomized controlled trial. Arch Phys Med
Rehabil. 2004;85(2):274-278.
- Carver T, Nadeau S, Leroux A. Relation between
physical exertion and postural stability in hemi-
paretic participants secondary to stroke. Gait
Posture. 2011;33(4):615-619.
- Dickstein R, Shefi S, Marcovitz E, et al. Anticipatory
postural adjustment in selected trunk muscles in
post stroke hemiparetic patients. Arch Phys Med
Rehabil. 2004;85(2):261-267.
- Dornan J, Fernie GR, Holliday PJ. Visual input: Its
importance in the control of postural sway. Arch
Phys Med Rehabil. 1978;59(12):586-591.
- Geurts AC, de Haart M, van Nes IJ, et al. A review
of standing balance recovery from stroke. Gait
Posture. 2005;22(3):267-281.
- Marigold DS, Eng JJ. The relationship of asymmetric
weight-bearing with postural sway and visual
reliance in stroke. Gait Posture. 2006;23(2):
249-255.
- O'Sullivan SB, Schmitz TJ. Physical Rehabilitation:
Assessment and Treatment. 5th ed. Philadelphia,
F.A. Davis co., 2006:335-370.
- Paci M, Nannetti L. Physiotherapy for pusher behav-
iour in a patient with post-stroke hemiplegia. J
Rehabil Med. 2004;36(4):183-185.
- Pereira LC, Botelho AC, Martins EF. Relationships
between body symmetry during weight-bearing
and functional reach among chronic hemiparetic
patients. Rev Bras Fisioter. 2010;14(3):259-266.
- Pokorná K. Use of Stabilometric platform and visual
feedback in rehabilitation of patients after the
brain injury. Prague Med Rep. 2006;107(4):433-442.
- Robinson RO, Herzog W, Nigg BM. Use of force
platform variables to quantify the effects of chi-
ropractic manipulation on gait symmetry. J
Manipulative Physiol Ther. 1987;10(4):172-176.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. The growth of
stability: Postural control from a development
perspective. J Mot Behav. 1985;17(2):131-147.
- Starkes J, Riach C, Clarke, B. The effect of eye clo-

sure on postural sway: Converging evidence from children and a parkinson patient. In: Proteau L, Elliott D eds. Vision and Motor control. Elsevier science publisher, 1992:353-373

Taube W, Leukel C, Golhofer A. Influence of enhanced visual feedback on postural control and spinal reflex modulation during stance. Exp Brain Res. 2008;188(3):353-361.

Ting LH, Dimensional reduction in sensorimotor system: A framework for understanding muscle coordination of posture. Prog Brain Res. 2007;165:299-321.

Tyson SF, Hanley M, Chillala J, et al. Balance dis-

ability after stroke. Phys Ther. 2006;86(1):30-38.

Wright GW, Horak FB, Interaction of posture and conscious perception of gravitational vertical and surface horizontal. Exp Brain Res. 2007;182(3):321-332.

Yelnik AP, Lebreton FO, Bobab IV, et al. Perception of verticality after recent cerebral hemispheric stroke. Stroke. 2002;33(9):2247-2253.

논문접수일	2012년 5월 3일
논문심사일	2012년 5월 3일
논문게재승인일	2012년 6월 27일