

## 무시증후군과 관련된 신경해부학

가천의과대학교 의학전문대학원 재활의학교실

이 주 강

### Neuroanatomy of Unilateral Neglect Syndrome

Ju Kang Lee, M.D., Ph.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Gachon University of Medicine and Science School of Medicine

Unilateral spatial neglect is caused by a failure of attentional orienting mechanism. Over 90% of spatial neglect patients have right hemisphere injury. The most frequent sites of damage are right dorsal and ventral frontal cortex (Brodmann area 6, 8, 44), right inferior parietal and superior temporal cortex (Brodmann area 39, 40, 41) and subcortical nuclei (thalamus (pulvinar), putamen, caudate nucleus). Functional neuroimaging studies showed that spatial neglect is associated with lesions of dorsal fronto-parietal network which is involved in top-down control of selective attention, and right ventral fronto-parieto-temporal network which is specialized for detection of salient or unexpected stimuli. The ventral network works as a 'circuit breaker' for the dorsal system, directing attention to salient stimuli. Structural or functional disruption of both network cause unilateral spatial neglect. (**Brain & NeuroRehabilitation 2009; 2: 39-45**)

**Key Words:** neuroanatomy, hemispatial neglect

## 서 론

무시증후군은 뇌졸중환자의 약 25~30%에서 나타난다. 이 중 90%이상의 환자는 우측 뇌반구에 병변이 생긴 경우이며 다양한 뇌부위의 손상이 무시증후군을 유발한다. 무시증후군의 임상양상은 병변 반대측을 대상으로 한 공간 및 사물 지각장애(perceptual dysfunction), 움직임의 장애, 촉각 및 청각 등의 감각장애를 포함한 다양한 이상을 보인다. 무시증후군의 병태생리를 이해하고 치료하기 위해서는 무시증후군을 유발하는 뇌병변의 기능해부학적 이해가 필수적이다. 환자의 뇌병변을 이용한 연구와 최근 들어 빠른 발전을 보이고 있는 기능적 뇌영상 연구를 통하여 많은 중요한 발견과 가설들이 있었으며 본 논문에서 이를 소개하고자 한다.

## 본 론

### 1) 주의(attention)와 선택적 주의(selective attention)

주의(attention)는 크게 나누어서 두 가지 의미로 사용될

수 있는데 하나는 각성(arousal) 및 의식상태(consciousness)를 뜻하는 경우에 쓰일 수 있고 그보다 더 자주 사용되는 의미는 선택적 주의(selective attention)를 뜻하는 경우일 것이다. 각성 및 의식상태를 의미할 때는 의식이 명료한 상태, 졸린 상태, 혼수상태 등으로 구분할 수 있을 것이며 이 글에서는 무시(neglect)와 관련된 선택적 주의에 대해 논할 것이므로 생략한다.<sup>1</sup>

선택적 주의란 현재 이용 가능한 총 정보중의 일부분에 주의를 집중하는 인지능력 또는 현상을 말한다. 이러한 과정은 크게 두 가지 조절경로를 거쳐 일어나게 되는 데 사전지식, 목적, 기대 등의 내부 요인에서 시작되어 선택적으로 집중하는 경우를 내재적 조절(endogenous control, top-down control)이라 하고 외부의 어떤 감각자극에 의하여 집중이 되는 경우를 자극유도 조절(stimulus-driven control, bottom-up control)이라 구분한다.<sup>1,2</sup> 그러나 일상생활에서 일어나는 대부분의 선택적 주의집중은 두 가지 조절경로가 서로 밀접한 영향을 주고 받으면서 선택적 집중을 시작하거나 유지, 강화, 감소 또는 중단하게 된다. 예를 들어 많은 사람이 모인 곳에서 어떤 사람을 찾을 때 예를 들어 여자이고, 20대이며, 키가 크고, 예쁘고, 가방을 들고 있다는 그 사람이 가진 특성(미리 알고 있는 정보)을 기초로 하여 사람들 속에서 그러한 특성에 적합한 사람들에 집중을 하게 된다. 이렇게 원하는 특성에 주의를 집중하는 현상은 내재적 조절이 많이 작용한 결과일 것이다.

교신저자: 이주강, 인천시 남동구 구월동 1198

☎ 406-760, 가천의과대학교 길병원 재활의학과

Tel: 032-460-8427, Fax: 032-460-3722

E-mail: pmrdoc@gilhospital.com

그러나 찾는 도중에 내 의사와 상관없이 눈에 띄게 강력한 자극, 예를 들어 비키니차림의 인기연예인이 큰 소리로 노래를 부르는 장면이 발견되었다면 이것에 주의를 집중하게 될 것이다. 이 경우는 외부자극에 의해 주의를 집중되는 상황으로 자극유도조절이 작용한 결과라 할 것이다. 그러나 이러한 상황에서도 수시로 우리의 의도하는 바에 따라 다른 부위에 주의를 선택적으로 집중시키게 되는 내재적 조절을 사용하게 되므로 우리는 대부분 내재적 조절과 자극유도조절이 적절히 상호작용하면서 선택적 주의집중을 하게 된다.<sup>2</sup>

주의집중에 관련된 신경경로는 크게 domain-general area와 domain-specific area로 나눌 수 있고 domain-general area는 다시 두 부분으로 구성되어있어 총 세 부분으로 나누어 볼 수 있다. Domain-general area에 해당하는 두 부위는 내재적 조절(top-down control)에 관여하는 전두엽, 두정엽, 변연계로 이루어진 “상부(top)”와 의식 조절 및 자극유도조절에 관여하는 상향섬망조직계(ascending reticular activating system; ARAS)이다. 이 두 부분의 주요 기능인 의식의 각성수준, 동기유발정도, 인지정도에 따라 domain-specific area인 일차 감각, 운동, 인지영역들의 활동이 조절받게 된다(Fig. 1).

## 2) 시각정보의 처리경로와 무시증후군

시각정보의 처리는 두 가지 큰 신경경로를 통해 이루어진다. 첫 번째는 사물의 위치와 움직임을 인지하는 “where pathway”로 일차시각중추(V1)에서 시작되어 위세로다발(superior longitudinal fasciculus)을 통해 후두정엽

(posterior parietal cortex)으로 전달되는 신경계로 이루어져 있다. 두 번째는 사물의 정체를 인지하고 분석하는 “what pathway”로 일차시각중추(V1)에서 시작되어 아래세로다발(inferior longitudinal fasciculus)을 통해 하측두엽(inferior temporal cortex)으로 전달되는 신경경로로 구성되어 있다. 두 시스템은 서로 밀접한 관계를 가지고 움직인다.<sup>3,4</sup>

가장 흔한 시공간지각의 이상은 무시증후군이다. 무시증후군은 병변 반대쪽의 정보처리에 문제를 보이는 특징적인 상태를 보이지만 환자마다 큰 폭의 다양성을 보인다. 환자에서 나타나는 무시증후군을 설명할 때 중요한 몇 가지 고려할 점들이 있다. 첫째, 주의력장애는 단순한 감각장애가 아니라는 점이다.<sup>1,5</sup> 둘째, 주의집중의 기준틀(frames of reference)이 무엇이냐에 따라 주의력장애가 나타나는 양상이 달라진다. 주위집중의 기준틀은 크게 ‘자기(self)’ 인식에 중요한 intra-personal frames of reference와 extra-personal frames of reference로 나눌 수 있다. 이 중 후자는 다시 네 가지 정도로 분류되는데 관찰자 중심의 egocentric frames of reference, 관찰자 외의 어떤 사건이나 현상이 기준이 되는 allocentric, 주위환경의 어떤 한 곳이 기준이 되는 world-centered, 어떤 한 사물의 중심을 기준으로 삼게 되는 object-centered로 나눌 수 있다. 이들은 한 환자에서도 서로 각자 독립적으로 혹은 동시에 인식의 기준틀로 작용하므로 무시증후군의 임상양상은 상당히 다양하게 나타날 수 있다.<sup>1</sup> 셋째, 무시증후군은 단순히 시각이나 공간인식에만 국한되어 나타나지 않고 청각, 촉각, 상상 등의 여러 영역에 나타나며 한 영역에만 국한되어 나타나거나 또는 여러 영역에서 동시에 나타날 수도 있다.<sup>1,5</sup> 넷째, 무시증후군은 단순히 인식(perception)만의 문제가 아니라 운동에 관여된 영역 즉 동기부여, 탐구(search), 운동의 장애를 나타내기도 한다. 즉 병변 반대측 공간의 인식장애만이 나타나는 것이 아니라 때로는 병변 반대측 공간으로의 움직임이나 탐구, 움직이려는 동기형성의 장애로 나타나기도 한다.<sup>5</sup> 다섯째, 이미 습득된 개념이 무시에 영향을 미치고 반대로 무시가 이미 습득된 개념에 영향을 주기도 한다.

## 3) 무시증후군과 관련된 뇌부위

### (1) 병변을 이용한 연구

병변을 이용한 연구는 무시증후군을 보이는 환자의 컴퓨터단층촬영이나 자기공명영상을 이용한 뇌영상과 무시증후군의 임상양상을 분석하여 무시증후군을 일으키는 뇌부위를 알아내고자 하는 연구이다. Heilman 등<sup>6</sup>이 최초로 10명의 무시증후군 환자의 뇌전산화단층촬영을 체계

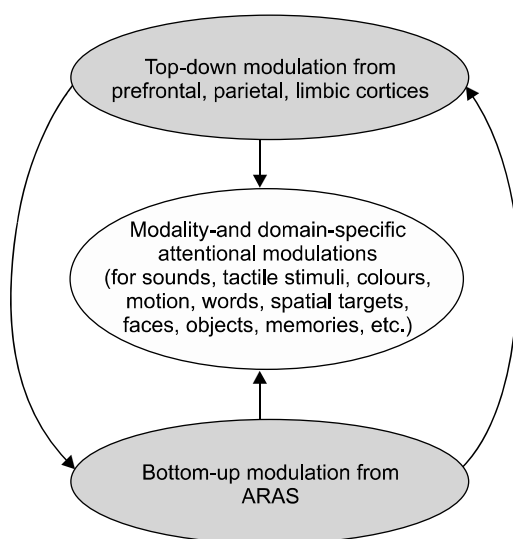


Fig. 1. A schematic representation of three compartment of attentional matrix (adapted from Mesulam, 1999).

적으로 분석하여 하두정엽(inferior parietal lobule)과 측두엽-두정엽-후두엽의 연결부위(temporo-parietal-occipital junction)의 병변이 무시증후군의 유발부위라고 발표한 이후 여러 연구를 통하여 무시증후군을 일으키는 다양한 뇌병변 부위가 보고되었다. 이후의 다른 연구에서 실비안고랑주위(perisylvian region)인 두정엽-후두엽 연결부, 하두정엽의 supramarginal gyrus가 무시증후군 유발부위로 보고되었다.<sup>7</sup> 뇌병변 부위의 지도화(mapping) 방법에 따라 무시증후군을 유발하는 뇌병변부위 혹은 공간지각에 밀접하게 관련된 뇌부위를 좀더 정교하게 알아내기 위한 연구가 진행되었고 후두정엽부위보다 상측두엽부위인 상측두이랑(superior temporal gyrus)이 무시증후군 유발에 중요한 부위로 보고되었다.<sup>8,9</sup> 그러나 연구자에 따라서 하두정소엽(inferior parietal lobule)의 모이랑(angular gyrus)부위가 더 핵심부위라고 보고하기도 하였다.<sup>10</sup>

피질하병변의 경우는 시상의 베게핵(pulvinar nucleus), 중뇌의 위둔덕(superior colliculus), 조가비핵(putamen), 꼬리핵(caudate)이 편측무시를 일으키는 주요 부위로 알려져 있다.<sup>11</sup> 또한 무시증후군을 유발하는 것으로 알려진 주요 피질부위를 연결하는 신경로를 침범하는 병변도 무시증후군을 일으킬 수 있다. 즉 실비안고랑주위의 하부에 위치하는 위세로다발(superior longitudinal fasciculus), 아래 후두전두다발(inferior occipitofrontal fasciculus), 위후두전두다발(superior occipitofrontal fasciculus)을 침범하는 병변의 경우 무시증후군을 일으킬 수 있다.<sup>12</sup>

이상의 여러 연구를 통하여 알려진 결과를 정리해 보면 편측무시증후군을 유발하는 병변의 위치는 우측 뇌반구가 90%이상을 차지한다. 병변의 위치는 다양하게 나타나지만 주로 전두엽과 두정엽, 피질하 회백질에서 주로 나타난다. 여러 연구에서 보고된 바에 의하면 브로드만 영역 6, 8, 44 등의 전두엽 부위, 영역 39, 40, 41 등의 두정엽-측두엽 연결부위, 영역 7에 해당하는 상부두정엽 부위의 피질 병변과 시상, 기저핵 등의 피질하 병변이 편측무시를 유발하는 주요 부위로 알려져 있다(Fig. 2).<sup>5-10,13</sup>

무시증후군을 보이는 환자의 뇌병변을 이용한 해부학적인 연구결과들을 해석할 때 주의할 점은 각 환자들의 병변이 침범부위나 범위가 서로 각자 다르고 이런 다양성이 분석결과에 상당한 영향을 미친다는 사실을 염두에 두어야 할 것이다.<sup>9</sup> 또한 뇌영상에서 동일한 병변을 보이는 환자들에서도 무시증후군의 임상양상은 다르게 나타나고 한 환자에서도 무시증후군의 임상양상이 고정된 것이 아니고 뇌의 가소성에 의해 계속 변화하고 있기 때문에 동일한 병변을 가진 환자라도 임상양상이 변화하므로 연구결과에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 점은 병변을 이용한 무

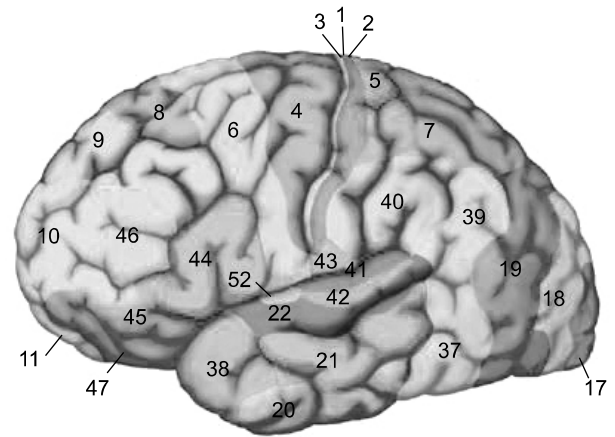


Fig. 2. Brodmann area.

시증후군 연구의 한계점이라 할 수 있을 것이다.

## (2) 기능적 뇌영상을 이용한 연구

### 가) 선택적 주의의 기능해부학

(가) 내재적 조절(top-down control): 우리가 어떤 사물을 찾아낼 때 미리 그 사물에 대한 정보를 주면 좀 더 빠르고 정확하게 찾아 낼수 있게 된다. 이 과정은 우리의 뇌에서 미리 주어진 정보를 이용하여 그 정보처리에 이용되는 뇌부위를 활성화 시켜 놓기 때문에 실제 시각정보가 들어올 때 빠르고 정확한 처리가 가능해지는 것이다. 주어진 정보를 통해 미리 필요한 뇌부위를 활성화시키는 과정이 내재적 조절이다. 내재적 조절을 담당하는 뇌신경부위를 알아보기 위한 기능적 자기공명영상(fMRI) 연구방법은 목표에 대한 선행정보를 주어(cue signal) 그 목표를 찾기 위한 주의를 기울이게 하고 이후 목표(target)를 제시하여 맞추는(response) 과정을 수행하게 한다. 이 때 목표를 선택하기 위한 정보를 준 단계(top-down control 단계)와 목표에 대한 반응을 보이는 단계(response 단계)를 분리하여 분석하면 선택적 주의를 조절하는 뇌신경활성부위를 알아낼 수 있다. Event-related fMRI 과제를 수행하며 선행정보(cue)제시 시점부터 목표(target)제시 시점 사이의 신호가 내재적 조절에 관여하는 부위가 된다(Fig. 3).

이런 연구를 통해 내재적 조절단계에서 활성화된 부위는 intraparietal sulcus(IPs)를 중심으로 한 양측 후두정엽과 양측 전두엽의 frontal eye field (FEF) 부위이다(Fig. 4).<sup>2</sup> 이 부위는 앞서 기술한 시각정보처리경로 중에 “where pathway”와 겹치는 결과를 나타낸다.

(나) 자극유도조절(stimulus driven control): 앞서 기술한 기능적 자기공명영상 과제에서 주어진 선행정보(cue)와 부합하지 않는 목표(invalid target)를 제시하고 나서 할

성화되는 뇌부위를 분석하면 자극유도조절에 관여하는 뇌부위를 알아볼 수 있다. 즉 선행 정보에 의해 미리 활성화된 정보처리신경회로에 부합되지 않는 목표가 제시되면 이 자극에 의해 새로운 목표를 분석하기 위한 선택적 주의가 일어나게 된다. 이러한 자극유도에 의한 새로운 선택적 주의 과정이 일어나기 위해서는 선행정보에 의해 미리 활성화된 정보처리신경회로를 불활성화 시키고 새로운 정보의 처리를 위한 신경회로를 활성화 시키는 과정(reorienting of attentional set)이 일어나게 된다. 이 과정을 Corbetta는 ‘circuit-breaking’기능이라고 하였고 이 때 활성화되는 뇌부위는 우측 하부 전두엽(ventral frontal cortex, VFC)과 측두엽-두정엽 연결부위(temporoparietal junction, TPJ)이다(Fig. 5). 이 부위는 내재적 조절에 관여

하는 상부 전두엽-두정엽 신경망(dorsal fronto-parietal network)보다 하부에 위치하게 된다. 이 하부 전두엽-두정엽 측두엽 신경망(ventral fronto-parieto-temporal network)의 역할은 상부 전두엽-두정엽 신경망이 새로운 자극이나 기대하지 않은 자극 정보처리를 위하여 미리 활성화된 부위로부터 새로운 부위로 주의를 돌리게(“reorienting”) 만드는 것이다.<sup>2,14</sup> 이 신경망의 손상 혹은 기능 이상이 생길 경우 주로 병변 반대측으로의 새로운 자극에 대해 주의를 돌리지 못하는 증상을 유발하게 된다. 즉 이미 주의를 기울이고 있는 주제에서 새로운 주제로 주의를 돌리기 위해서는 이미 주의를 기울이고 있는 주제로부터의 “이탈

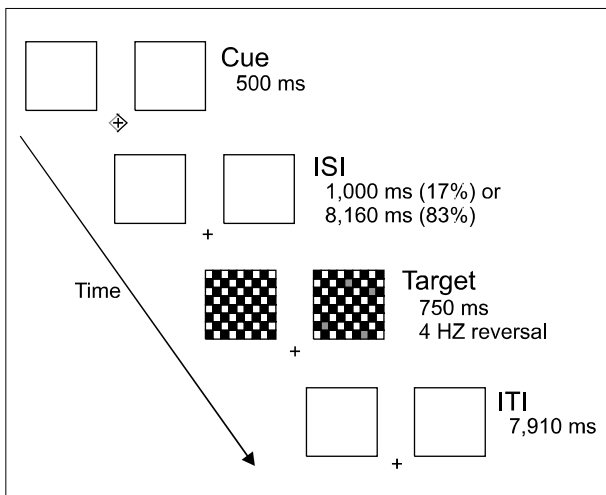


Fig. 3. Event-related fMRI task.

Invalid>valid target

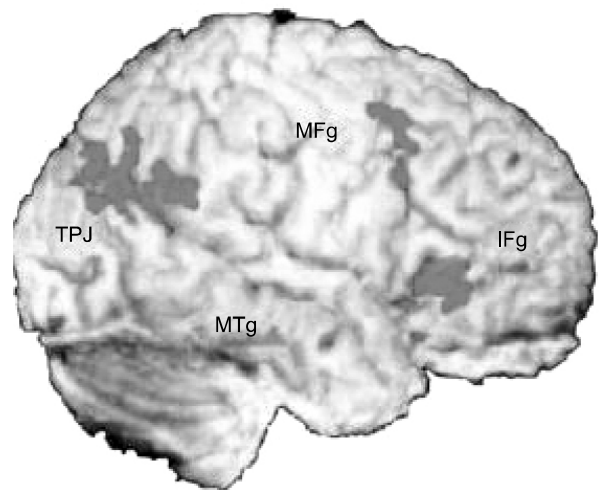


Fig. 5. Ventral Rt frontoparietal network. TPJ: temporoparietal junction, MFg: middle frontal gyrus, IFg: inferior frontal gyrus (adapted from Corbetta, 2002).

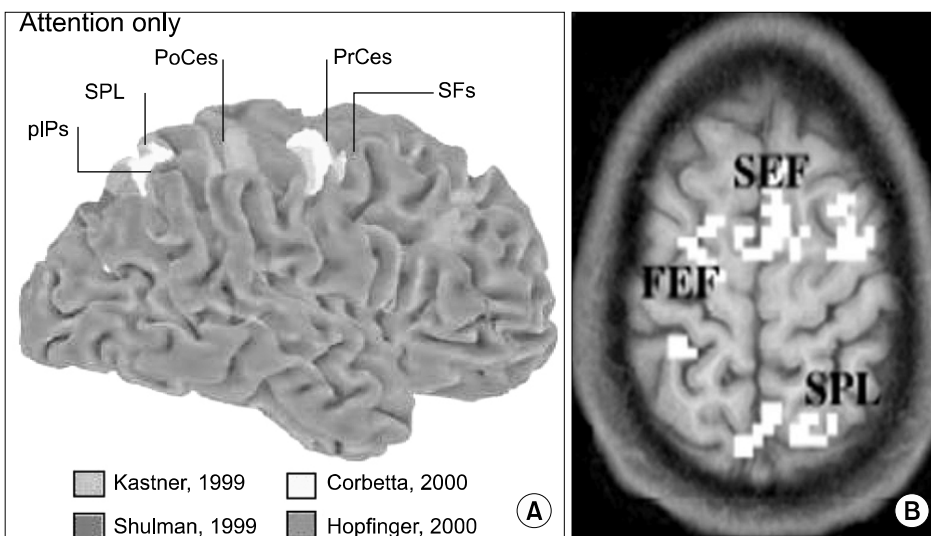


Fig. 4. Dorsal frontoparietal network for top-down control for visual attention. (A) Meta-analysis of studies of visual attention. SFs: superior frontal sulcus, PrCes: precentral sulcus, PoCes: postcentral sulcus, SPL: superior parietal lobule, pIPs: posterior intraparietal sulcus (adapted from Corbetta, 2002). (B) Activation of dorsal fronto-parietal network. FEF: frontal eye field, SEF: supplementary eye field, SPL: superior parietal lobule.

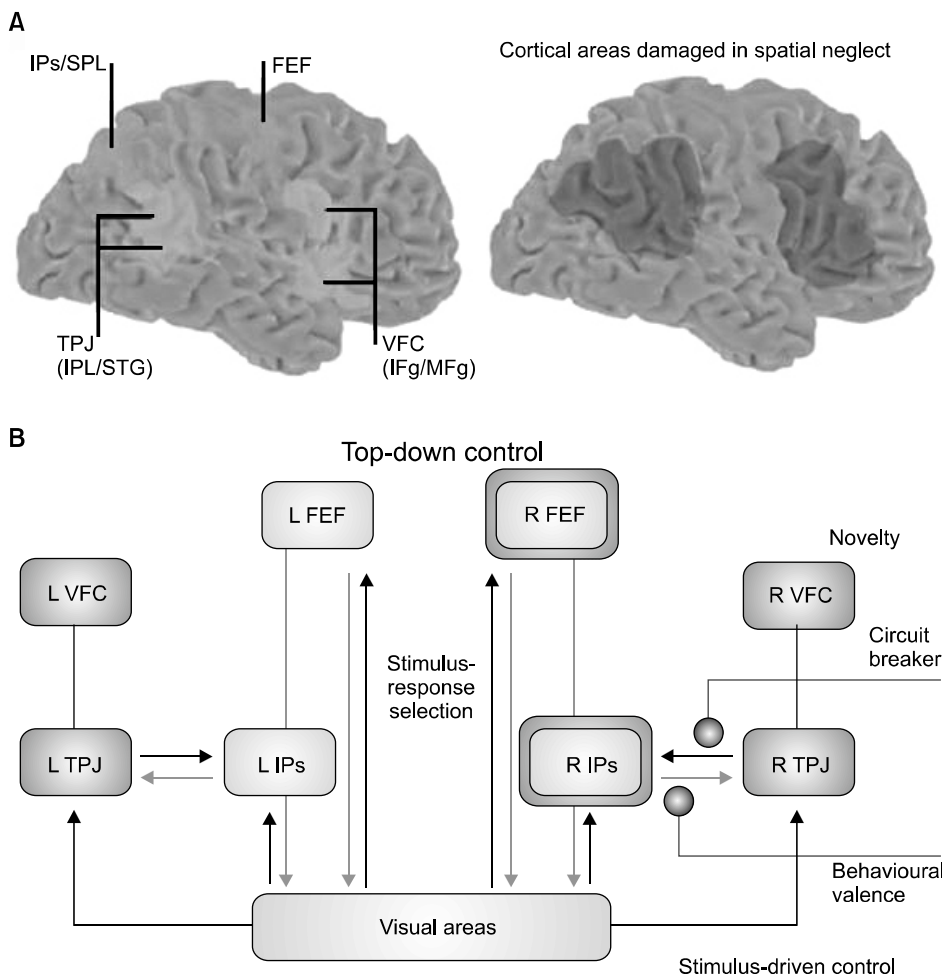
(disengage)”이 먼저 일어나야 하는데 이 과정이 이루어지지 못하는 것을 “이탈장애(disengage deficit)”라 한다.<sup>15</sup> 많은 연구들에서 이러한 “이탈장애”가 무시증후군을 일으키는 주요 기전으로 제시되었다. “이탈”에 관련된 주요 뇌 부위는 연구별로 조금 차이가 있지만 우측 TPJ로 알려져 있으며 특히 상측두이랑(superior temporal gyrus, STG)이 중요한 부위로 보고되었다.<sup>16</sup>

**(다) 선택적 주의의 신경기능해부학적 기전:** 여러 가설이 제시되어있지만 아직까지 확정되지 않는 상태이므로 본 논문에서는 많은 지지를 받고 있는 한 가지 가설을 무시증후군과 연관시켜 설명하고자 한다. 먼저 주의집중을 위한 내재적 신호는 상부 전두엽-두정엽 신경망에서 조절되고 이는 양측 반구에 대칭적인 활성을 보인다. 이 신경망의 조절에 의해 시각중후부위의 활성도가 조절 받아 선택적 주의를 형성하게 된다. 새로운 또는 기대하지 않은 자극에 대해 주의를 돌리기 위한 자극유도조절은 주로 하부 전두엽-두정측두엽 신경망에 의해 조절되는데 이중 TPJ 부위는 “주의이탈”에 관여하고 하부 전두엽 부위

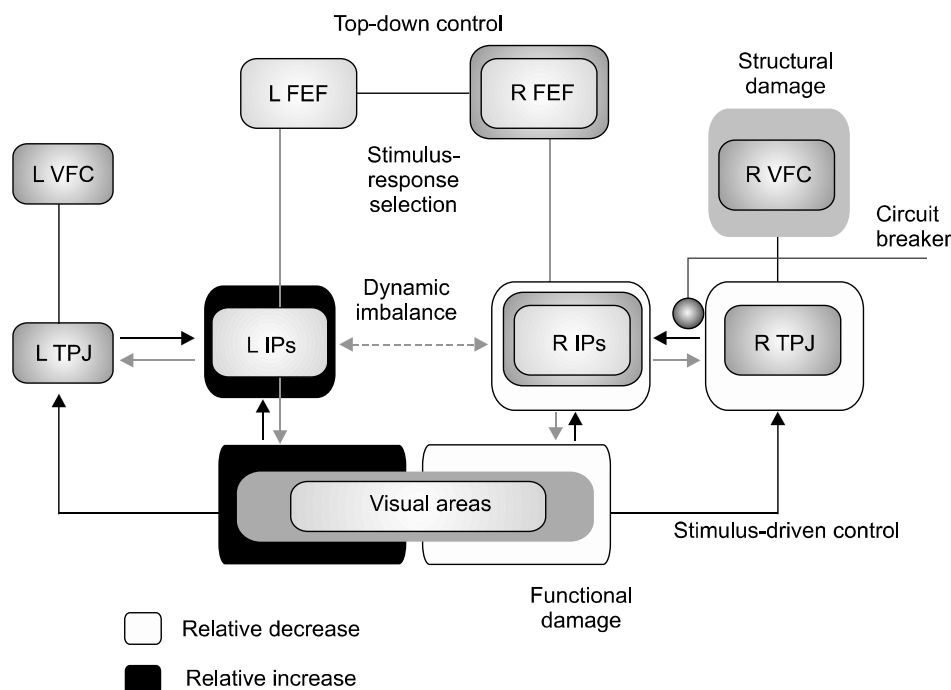
(VFC)는 주어진 자극이 새로운 자극인지 여부를 평가하는 기능을 할 것으로 제시되고 있다. 이 신경망은 새로운 자극이 있을 때 기존의 선택적 주의 상태를 이탈시키고 상부 신경망이 새로운 자극에 대한 선택적 주의를 하도록 유도하는 역할을 한다. 이 두 신경망은 서로 밀접한 관계를 이루며 작용하게 되는 데 내재적 혹은 자극유도에 의한 선택적 주의를 형성하는데 있어 자극이 목적에 부합하는지를 평가하기 위한 정보전달 경로는 TPJ-우측 IPs로 제시되고 있다(Fig. 6).<sup>2</sup>

#### 나) 무시증후군의 신경해부학

무시증후군을 유발하기 위해서는 앞서 기술한 상부 전두엽-두정엽 신경망과 하부 우측 전두엽-두정측두엽 신경망 모두에 기능이상 발생해야 한다. 일반적으로 뇌졸중이나 뇌손상 등에 의한 하부 우측 신경망의 구조적인 손상이 발생하면 이와 밀접하게 연관된 상부 신경망의 기능 이상을 일으키고 이 결과로 무시증후군이 나타나게 된다.<sup>9,10,14</sup> 즉 우측 하부전두엽이나 우측 두정엽-측두엽 연결부위(TPJ)를 침범하는 하부 신경망에 생긴 병변으로 인해 새로



**Fig. 6.** Neuroanatomical model of attentional control (adapted from Corbetta, 2002).



**Fig. 7.** Neuroanatomical model of neglect after acute damage to right ventral frontal cortex (adapted from Corbetta, 2005).

운 자극으로의 주의 전환(attention reorienting)이 일어나지 못하게 되고 새로운 자극을 찾지 못하는 주의 이탈장애(attention disengage deficit)를 발생시키게 된다. 또한 병변측(우측) 상부 신경망의 기능을 저하시키게 되어 상대적으로 병변 반대측(좌측) 선택적 주의 신경망이 우세하게 되어 병변측 공간으로의 선택적 주의는 강화되고 병변 반대측 공간의 선택적 주의는 소실되는 무시증후군이 일어나게 된다(Fig. 7). 무시증후군 환자의 병변 연구를 통해 알려진 뇌부위들은 기본적으로 하부 신경망과 상부 신경망의 구조적 또는 기능적 장애를 동시에 발생시켜서 무시증후군을 유발시킨 것으로 보인다.

## 결론

병변 연구나 기능적 뇌영상 연구를 통해 무시증후군을 일으키는 것으로 알려진 부위들은 우측 뇌반구에 주로 위치하고 전두엽의 하부, 후 두정엽, 두정엽-측두엽 연결부(TPJ), 피질하 부위인 기저핵, 시상 등이다. 이들은 선택적 주의를 하기 위한 내재적 조절을 담당하는 상부 전두엽-두정엽 신경망과 하부 전두엽-두정측두엽 신경망의 장애를 일으키고 병변 반대측 뇌반구의 선택적 주의 신경망의 상대적인 강화로 인한 불균형을 유발하여 병변 반대측 공간에 대한 무시증후군을 발생시키게 된다. 각각의 병변부위들은 선택적 주의를 담당하는 넓은 신경망의 중요한 중심점(node) 역할을 하는 것으로 보인다. 아직까지 무시증후

군을 일으키는 각 중심점의 역할이나 신경해부학적 기전에 대한 것은 확실히 알려져 있지 않으나 각 중심점이나 또는 연결신경다발에 발생한 병변이 선택적 주의에 관여하는 상부신경망과 하부신경망의 장애를 일으켜 무시증후군이 유발된다.

## 참고문헌

- 1) Mesulam MM. Spatial attention and neglect: parietal, frontal and cingulate contributions to the mental representation and attentional targeting of salient extrapersonal events. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1999;354:1325-1346
- 2) Corbetta M, Shulman GL. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat Rev Neurosci.* 2002;3:201-215
- 3) Haxby JV, Grady CL, Horwitz B, Ungerleider LG, Mishkin M, Carson RE, Herscovitch P, Schapiro MB, Rapoport SI. Dissociation of object and spatial visual processing pathways in human extrastriate cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1991;88:1621-1625
- 4) Ungerleider LG, Haxby JV. 'What' and 'where' in the human brain. *Curr Opin Neurobiol.* 1994;4:157-165
- 5) Vallar G. Extrapersonal visual unilateral spatial neglect and its neuroanatomy. *Neuroimage.* 2001;14:S52-58
- 6) Heilman KM, Valenstein E. Frontal lobe neglect in man. *Neurology.* 1972;22:660-664
- 7) Vallar G, Perani D. The anatomy of unilateral neglect after right-hemisphere stroke lesions. A clinical/CT-scan correlation study in man. *Neuropsychologia.* 1986;24:609-622

- 8) Karnath HO, Ferber S, Himmelbach M. Spatial awareness is a function of the temporal not the posterior parietal lobe. *Nature*. 2001;411:950-953
- 9) Karnath HO, Fruhmann Berger M, Kuker W, Rorden C. The anatomy of spatial neglect based on voxelwise statistical analysis: a study of 140 patients. *Cereb Cortex*. 2004;14:1164-1172
- 10) Mort DJ, Malhotra P, Mannan SK, Rorden C, Pambakian A, Kennard C, Husain M. The anatomy of visual neglect. *Brain*. 2003;126:1986-1997
- 11) Karnath HO, Himmelbach M, Rorden C. The subcortical anatomy of human spatial neglect: putamen, caudate nucleus and pulvinar. *Brain*. 2002;125:350-360
- 12) Karnath HO, Rorden C, Ticini LF. Damage to white matter fiber tracts in acute spatial neglect. *Cereb Cortex*. 2009; bhn250v1-bhn250
- 13) Vallar G, Rusconi ML, Bignamini L, Geminiani G, Perani D. Anatomical correlates of visual and tactile extinction in humans: A clinical CT scan study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1994;57:464-470
- 14) Corbetta M, Kincade MJ, Lewis C, Snyder AZ, Sapir A. Neural basis and recovery of spatial attention deficits in spatial neglect. *Nat Neurosci*. 2005;8:1603-1610
- 15) Posner MI, Walker JA, Friedrich FJ, Rafal RD. Effects of parietal injury on covert orienting of attention. *J Neurosci*. 1984;4:1863-1874
- 16) Friedrich FJ, Egly R, Rafal RD, Beck D. Spatial attention deficits in humans: a comparison of superior parietal and temporal-parietal junction lesions. *Neuropsychology*. 1998; 12:193-207