

Artigo de Revisão

A cognição espacial e seus distúrbios: o papel do Córtex Parietal Posterior

The spatial cognition and its disturbances: the role of the Posterior Parietal Cortex

Tobias Alécio Mattei¹, Josias Alécio Mattei²

RESUMO

A cognição espacial corresponde à capacidade de um indivíduo de perceber as relações espaciais entre os objetos bem como de lidar com as noções de profundidade, solidez e distância. Essa capacidade cognitiva está intimamente correlacionada com a percepção espacial, a qual pode ser entendida como o resultado final da organização e integração de diversos estímulos sensoriais de maneira a fornecer à consciência um panorama geral acerca das formas do meio externo entre si e suas relações espaciais. Realizamos, nesse artigo, um resumo das diversas vias sensoriais (visual, tátil, proprioceptiva, auditiva e vestibular) capazes de fornecer elementos para o desenvolvimento da cognição espacial. Ao longo dessa exposição procuraremos elucidar os mecanismos psicológicos inerentes a esse processo bem como suas respectivas bases neurofisiológicas. Será também abordada a importância da Área de Associação Heteromodal do Córtex Parietal Posterior para a cognição espacial. Por último será realizada uma breve discussão acerca das diferentes síndromes que envolvem alguma forma de déficit da cognição espacial.

Unitermos: *Percepção espacial, Percepção de forma, Cognição, Modalidades sensoriais.*

Citação: Mattei TA, Mattei JA. A cognição espacial e seus distúrbios: o papel do Córtex Parietal Posterior. *Rev Neurociências* 2005; 13(2): 093-099.

SUMMARY

The spatial cognition corresponds to the individual's capacity to perceive the spatial relationship among objects and dealing with the notions of deepness, solidity and distance. This cognitive activity is bounded to spatial perception that can be understood as the final product of the integrative process that organizes sensorial stimuli, in order to present to consciousness a general overview about forms and spatial relationships of external objects. In this paper we discuss the different sensorial routes (visual, tactile, proprioceptive, auditive, vestibular), which are capable to provide elements for generation of spatial cognition. Through this exposition we try to elucidate psychological mechanisms involved in this process as well as its respective neurophysiological bases. We will also discuss the importance of the Multimodal Association Area of the Posterior Parietal Cortex to spatial cognition. In the last part of the article we present a brief description of disturbs which involve some kind of deficit of spatial cognition.

Keywords: *Space perception, Form perception, Cognition, Sensorial modalities.*

Citation: Mattei TA, Mattei JA. The spatial cognition and its disturbances: the role of the Posterior Parietal Cortex. *Rev Neurociências* 2005; 13(2): 093-099.

Trabalho realizado: Universidade de São Paulo e Universidade Federal do Paraná.

1 - Membro do Departamento de Neurocirurgia da Faculdade de Medicina da USP. Chefe do Grupo de Pesquisa em Epistemologia e Psicologia Cognitiva do Instituto de Filosofia da USP. Pesquisador do Laboratório de Neurociências e Neurocirurgia Experimental da Faculdade de Medicina da USP.

2 - Especialista em Neuropsicologia e Ciências do Comportamento. Chefe do Grupo Integrado de Pesquisa em Neurologia Clínica e Neurociências da Universidade Federal do Paraná.

Endereço para correspondência: Dr. Tobias Alécio Mattei
Rua Capote Valente 725, ap. 302
Bairro Pinheiros / CEP 05409-002
Telefone: 3891-0402
E-mail: tobiasmattei@hotmail.com ou tobiasmattei@yahoo.com

Trabalho recebido em 13/05/05. Aprovado em 11/07/05

INTRODUÇÃO

A Cognição Espacial corresponde à capacidade de um indivíduo de perceber relações espaciais entre os objetos, bem como de lidar com as noções de profundidade, solidez, distância¹. A cognição espacial é um tipo de habilidade intelectual oriunda da percepção espacial. Esta pode ser entendida como o produto final organização e integração dos estímulos sensoriais de maneira a fornecer um panorama relativamente fiel e abrangente da espacialidade, e, por assim dizer, da geometria do meio externo.

Vias Sensoriais

O grande matemático e filósofo do século XIX Henry Poincaré² costumava dizer que existem sensações as quais são acompanhadas de um “sentimento de direção”. Tais são, por exemplo, as sensações proprioceptivas ou visuais. Outras, ao contrário, como por exemplo, as sensações gustativas e olfativas, não seriam acompanhadas desse “sentimento”.

Dentre as diversas vias sensoriais capazes de fornecer elementos para a cognição espacial podemos citar: o sistema visual, o sistema tátil, o sistema proprioceptivo, o sistema auditivo e o sistema vestibular. A seguir explicaremos como as informações sensoriais transmitidas por cada uma das vias acima expostas pode contribuir para a geração da cognição espacial.

Categorias sensoriais

1. Visão

A base da percepção espacial fornecida pela visão está contida na forma (dimensões) dos objetos e nas relações destes (por exemplo: superior, inferior, perto, longe) entre si e com o indivíduo. Os raios de luz que incidem sobre o objeto irão se projetar em diferentes pontos da retina, estimulando os receptores específicos. As imagens formadas representarão, pois, as correlações geométricas entre os objetos que a originaram. Isso irá permitir ao indivíduo situar os diferentes objetos no espaço, bem como seu próprio corpo em relação a estes^{3, 4}.

Uma vez que a imagem projetada na retina é bidimensional, um número infinito de diferentes combinações espaciais tridimensionais produzirá o mesmo padrão de estimulação da retina. Surge então a questão sobre como seria possível distinguir entre essas diferentes imagens. Como uma tela plana, bidimensional, a retina seria capaz de representar somente duas das três dimensões espaciais, perdendo nesse processo, informações essenciais à perfeita reprodução espacial do meio externo.

Entretanto, deve-se lembrar que existem dois aparelhos perceptivos interconectados (no caso, os dois olhos)

sobre os quais a mesma imagem é representada de maneiras levemente diferentes. O cérebro, então, pode, através da comparação dessas imagens, extrair informações importantes acerca das relações de profundidade entre os objetos, função esta denominada de estereopsia⁵.

Dessa maneira a visão binocular permite uma percepção tridimensional, a qual não seria possível com uma visão monocular. Prova disso é a extrema dificuldade por parte de indivíduos que perderam a visão de um dos olhos em perceber as noções de profundidade e distância. Diversos testes, entre eles estereogramas de pontos randomizados, podem ser usados para a detecção desse defeito⁶.

2. Propriocepção e Informações Vestibulares

A propriocepção e as informações vestibulares contribuem para a formação da cognição espacial de forma indireta. Elas fornecem informações sobre a posição espacial das várias partes do corpo. Pode-se, com isso, determinar a angulação entre essas partes, sendo possível abstrair, dessas informações, relações geométricas.

À capacidade de saber, sem o auxílio da visão, localização exata das partes de seu corpo no espaço denomina-se artrestesia. Essa habilidade se baseia nas informações provenientes dos órgãos tendinosos de Golgi contidos nas articulações. Para testá-lo pode-se, por exemplo, solicitar ao indivíduo que desenhe em uma folha de papel a figura formada pelo seu tronco e membros. Essa pessoa desenhará algo semelhante a uma estrela, se seus dois braços estiverem na horizontal, sua cabeça estendida e suas pernas levemente abduzidas. E assim, diversas outras figuras seriam formadas, caso seus braços estivessem estendidos ou fletidos, elevados ou abaixados.

Essa função de correlacionar as informações proprioceptivas e vestibulares de modo a gerar um referencial posicional centrado no corpo do indivíduo é realizada por alguns neurônios específicos do córtex parietal posterior (mais especificamente, neurônios da área LIP – lateral intraparietal area)⁷.

3. Tato

No caso do tato, as informações sensoriais são integradas no córtex parietal direito de modo a permitir à pessoa que reconheça um objeto pela sua “forma” A essa capacidade denomina-se estereognosia^{8, 9}. Pode-se testar essa habilidade da seguinte maneira: coloca-se uma chave na mão de um indivíduo de olhos fechados e solicita-se que este identifique o objeto. Pacientes com lesões parietais direitas são incapazes de reconhecer o objeto através do tato, apesar de

conseguir fazê-lo através de outras vias sensoriais como a visão, por exemplo^{10, 11}.

4. Audição

A percepção da direção espacial através da audição envolve mecanismos peculiares, apesar de apresentar alguma semelhança com a visão. Em analogia à disparidade binocular, também os dois ouvidos recebem de maneira diferente as ondas de pressão oriundas das fontes emissoras de som¹². Essas ondas atingem o ouvido que estiver mais próximo alguns mili-segundos antes de atingir o outro ouvido. Esta disparidade, em conjunto com outras diferenças binauriculares (como o fato de que o ouvido mais distante recebe o estímulo em intensidade ligeiramente mais baixa devido à uma espécie de “sombra acústica” resultante do barragem das ondas sonoras pela cabeça) permitem ao observador localizar a direção e a origem do som¹³.

Córtex de Associação Parietal Posterior

O Córtex Parietal Posterior – especialmente do hemisfério direito - (áreas de Brodmann 7, 39 e 40) é responsável por interações multimodais relacionadas à percepção espacial¹⁴. Essa área também é responsável pelo direcionamento espacial da atenção, bem como pela integração do sistema motor (práxis) com as percepções espaciais, de modo a organizar os planos motores do indivíduo¹⁵⁻¹⁷.

Imagens de Ressonância Magnética Funcional mostraram que a parte do córtex parietal posterior crítica para a atenção espacial está na região intraparietal¹⁸. Quando essa área é lesada, os canais de informações modalidade-específica relacionados ao espaço extrapessoal podem permanecer intactos, mas não podem ser combinados para gerar uma representação interativa e coerente necessária ao desenvolvimento adaptativo da cognição espacial¹⁹.

O córtex parietal posterior não deve ser entendido como um centro que contém um mapa, mas como uma comporta crítica que abre acesso a representações espaciais provenientes de várias áreas cerebrais e relacionadas à atenção e exploração do espaço extrapessoal. Há alguns grupos neuronais específicos nessa região (especialmente da área 7a e LIP) cuja função parece ser a de representar o espaço extracorporal do mundo exterior de uma maneira útil, visando os planos e as tarefas motores subseqüentes^{20, 21}. Esses neurônios são capazes de combinar as informações provenientes da retina com informações sobre a posição dos olhos e enquadrá-las em um todo perceptivo cujo centro é ocupado pela cabeça do indivíduo²². Dessa maneira, todas as informações visuais seriam percebidas em função desse ponto referencial. As conclusões dos estudos sugerem que uma das funções da área LIP é a integração das

informações auditivas, visuais, táteis e proprioceptivas em um todo holístico, de maneira a fornecer um senso combinado e único de dimensão espacial^{23, 24}.

Distúrbios da Cognição Espacial

Apresentaremos a seguir alguns distúrbios relacionados a déficits na cognição espacial ou no uso dessa como auxílio à alguma outra função superior (linguagem, orientação espacial, orientação atencional, etc.)^{25, 26}. A precisa correlação entre cada uma dessas síndromes e a lesão anatômica subjacente não é possível, tendo em vista a variabilidade anatômica das estruturas neurais entre os diferentes indivíduos, bem como a impossibilidade de determinar com exatidão os grupos neuronais específicos comprometidos por determinada lesão.

Assim sendo, em termos gerais, somente podemos afirmar que esses distúrbios estão de algum modo correlacionados à lesões da Área de Associação Heteromodal do Córtex Parietal Posterior e suas conexões.

1. Síndrome do Lobo Parietal

Lesões do córtex parietal posterior no hemisfério direito, principalmente do lóbulo parietal inferior, levam a déficits em tarefas de atenção espacial, integração visuo-espacial e desenho (construção)²⁷. É a chamada “síndrome do lobo parietal”²⁸. Os pacientes com esse distúrbio falham em testes de “rotação mental” e não são capazes de identificar objetos vistos de uma perspectiva incomum²⁹. Outros componentes da síndrome parietal direita são: “anosognosia” (negação da doença) “apraxia do vestir”, “apraxia construtiva”, estados confusionais, déficits de localização de rotas ou caminhos e distúrbios concernentes à “navegação corporal” com respeito à objetos sólidos como cadeiras e camas^{30, 31}.

2. Defeito na Orientação Geográfica

Este distúrbio caracteriza-se pela incapacidade de identificar localizações em um mapa ou de construir um mapa de uma cidade ou país. Está presente em pacientes com lesões parieto-occipitais posteriores^{32, 33}. *Kanwisher*, usando estudos de ressonância magnética funcional (*fMRI*) localizaram uma área no córtex parahipocampal (chamada área hipocampal locacional – PPA) que está envolvida especificamente na percepção do ambiente local visual, um componente essencial na “navegação”³⁴. Informação sobre o “layout” do espaço local produz ativação dessa área. Esses autores propuseram que a PPA codifica a representação de lugares através da geometria do ambiente local de modo que a integridade anátomo-funcional dessa área bem como suas vias de conexão com o área parietal posterior são essenciais para a orientação geográfica³⁵.

3. Simultanagnosia (desorientação visual)

A simultanagnosia pode ser definida como a incapacidade de perceber o campo visual como um todo, o que resulta em percepção e reconhecimento de somente partes desse campo. É um dos três componentes da Síndrome de Balint (um distúrbio complexo da análise espacial – figura 1). Os outros dois componentes dessa síndrome são: a ataxia óptica (um distúrbio do apontamento em direção a um alvo sob orientação da visão) e a apraxia ocular (incapacidade e inabilidade de mudar a atenção visual em direção a um estímulo novo)^{36, 37}.

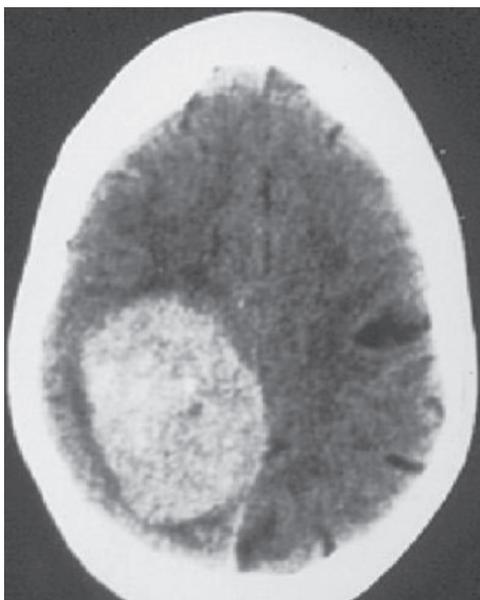


Figura 1. Imagem de tomografia computadorizada (TC) de um paciente com síndrome de Balint causada por um meningioma. Perceba-se que a lesão envolve áreas funcionalmente importantes da região parietal posterior direita.

A essência da simultanagnosia é subjetiva. O paciente com simultanagnosia é incapaz de captar o campo visual em sua integridade. Ocorre uma espécie fragmentação do campo visual. Normalmente esse fragmento funcional do campo visual corresponde à representação da mácula, que se move de maneira aleatória de quadrante para quadrante. Como resultado disso, um objeto claramente visível num dado momento pode subitamente desaparecer à medida que a fixação visual muda. A simultanagnosia pode aparecer depois de lesões na região occipito-parietal posterior de ambos os lados³⁸.

4. Distúrbios de Habilidade Construtiva (Apraxia Construtiva)

Os pacientes com apraxia construtiva possuem acuidade visual normal, percepção normal dos objetos e de suas relações espaciais e habilidade motora

adequada. Entretanto, são incapazes de usar essas informações visuais para copiar formas e desenhar objetos (como uma casa, um relógio, ou um rosto). O sub-teste de blocos do “Wechsler Adult Intelligence Scale - WAIS” é comumente usado para testar as habilidades construtivas.

Esse distúrbio ocorre principalmente como resultado de extensas lesões parietais direitas³⁹.

5. Distúrbio da Habilidade de se Vestir (Apraxia do Vestir)

A apraxia do vestir corresponde à um defeito no *feedback* sensorial das partes do corpo de volta para o córtex parietal direito. A pessoa torna-se incapaz de alinhar o membro do corpo com a peça do vestuário.

Pode resultar de lesões no córtex parietal direito ou também advir de outras síndromes, como simultanagnosia ou ataxia óptica. Este distúrbio está intimamente associado à lesão de neurônios das áreas 7a e LIP, os quais, como visto anteriormente, possuem a função de representar o espaço extra-corporal do mundo exterior de uma maneira útil visando os planos e tarefas motores subsequentes⁴⁰.

6. Síndrome da Heminégligência

Essa síndrome é caracterizada por uma um estado de indiferença em relação aos estímulos sensoriais provenientes do lado esquerdo do paciente, bem como redução nas atividades motoras a serem executadas nessa região⁴¹⁻⁴⁴. Em casos graves, o paciente comporta-se como se a metade esquerda do universo deixasse de existir⁴⁵. O paciente veste, lava e faz a barba somente do lado direito, come somente a metade direita da comida no prato e, quando solicitado, copia somente a metade direita dos desenhos apresentados. (figura 2)^{46, 47}.

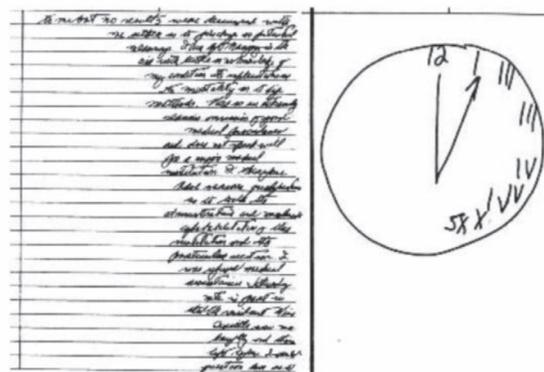


Figura 2. Imagem do caderno de um paciente com síndrome de heminegligência. Pode-se perceber a ignorância em relação a qualquer elemento situado no campo vivencial esquerdo do paciente.

Essa síndrome parece ser fruto da lesão do componente parietal de um sistema mais geral responsável pela atenção espacial formado pelo giro do cíngulo, área visual frontal, tálamo, *striatum* e colículo superior, bem como de partes do sistema límbico, relacionadas ao humor e motivação^{48,49}.

7. Síndrome de Williams

A síndrome de Williams é uma patologia rara, de caráter hereditário, causada pela deleção do gene da elastina e regiões adjacentes no cromossomo 7q11. Indivíduos portadores da síndrome de Williams apresentam, além de déficits cardiovasculares e do tecido conjuntivo, déficits congênitos nas habilidades cognitivas de ordem visual e espacial, com preservada capacidade cognitiva em tarefas que envolvem habilidades lingüísticas.

Mesmo em tarefas verbais, os indivíduos com a Síndrome de Williams apresentam sérios problemas quando se deparam com proposições que contenham algum elemento de caráter espacial ou direcional. Esses indivíduos apresentam importante dificuldade na realização de tarefas que envolvam alguma forma de construção visuo-espacial, como desenhos e design de blocos. Os resultados das pesquisas sugerem que essa dificuldade envolve a construção visuo-espacial per se, e não a percepção espacial em geral, uma vez que indi-

víduos portadores da Síndrome de Williams apresentam, por exemplo, habilidade para reconhecimento de faces preservada^{50,51}.

Estudos com Ressonância Magnética Funcional (*fMRI*) revelaram que esses pacientes apresentam déficits específicos na atividade do córtex que compõe a Via Dorsal (caminho do “onde”, relacionado à localização espacial), composta por neurônios que ligam as áreas de associação unimodais visuais com o córtex parietal e frontal, com relativa preservação da Via Ventral (caminho do “o quê”, relacionado à identificação de objetos), a qual liga as áreas visuais primárias ao córtex de associação visual temporal e áreas límbicas^{52,53}.

CONCLUSÕES

Foi possível ao longo dessa exposição perceber que, apesar da indiscutível preponderância das informações visuais, vários são os inputs sensoriais que contribuem, cada um através de uma maneira peculiar, para esta complexa e rica habilidade denominada cognição espacial.

Também se procurou evidenciar a íntima correlação existente as áreas de associação heteromodais do córtex parietal posterior e a cognição espacial, através de uma breve descrição de alguns dos possíveis distúrbios oriundos de lesões anatômicas nessa região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Marshall JC, Fink GR. Spatial cognition: where we were and where we are. *Neuroimage* 2001; 14:52-57.
2. Poincaré E. Os fundamentos da Geometria. 3rd ed. São Paulo: Editora Filosofia das Ciências, 1947.
3. Pagano CC, Carello C, Turvey MT. Exteroception and proprioception by dynamic touch are different functions of the inertia tensor. *Percept Psychophys* 1996;58:1191-1202.
4. Carello C, Santana MV, Burton G. Selective perception by dynamic touch. *Percept Psychophys* 1996;58:1177-1190.
5. Turvey MT. Dynamic touch. *Am Psychol* 1996;51:1134-1152.
6. Allison T, McCarthy G, Nobre A, Puce A, Belger A. Human extrastriate visual cortex and the perception of faces, words, numbers and colors. *Cereb Cortex* 1994; 5:544-554.
7. Penfield W, Jasper H. Epilepsy and the functional anatomy of the human brain. 2nd ed. Boston: Academic-Press; 1954.
8. Ungerleider LG, Mishkin M. Two cortical visual systems. In: Ingle DJ, Mansfield RJW, Goodale MD (eds). *The analysis of Visual Behavior*. Cambridge: MIT Press; 1982, 549p.
9. Corkin S, Milner B, Rasmussen T. Somatosensory thresholds. *Arch Neurol* 1970; 23:41-58.
10. Gras P, Virat-Brassaud ME, Graule A, Andre N, Giroud M, Dumas R. Functional hemispheric arousal and egocentric reference. An experimental study in 20 normal subjects. *Rev Neurol (Paris)* 1993;149:347-350.
11. Garcia-Ogueta MI. Attention processes and neuropsychological syndromes. *Rev Neurol* 2001; 32:463-467.
12. Morosan P, Rademacher J, Schleicher A, Amunts K, Schormann T, Zilles K. Human primary auditory cortex: cytoarchitectonic subdivisions and mapping into a spatial reference system. *Neuroimage* 2001; 13:684-701.
13. Johnsrude IS, Penhune VB, Zatorre RJ. Functional specificity in the right human auditory cortex for perceiving pitch direction. *Brain* 2000; 123:155-163.
14. Alivisatos B, Petrides M. Functional activation of the human brain during mental rotation. *Neuropsychol* 1997; 35:111-118.
15. Bavelier D, Corina D, Jezzard P, Padmanabhan S, Clark VP,

- Karni A. Sentence reading: a functional MRI study at 4 tesla. *J Cogn Neurosci* 1997; 9:664-689.
16. Cohen JD, Perstein WM, Braver TS et al. Temporal dynamics of brain activation during a working memory task. *Nature* 1997; 386:604-606.
 17. Harris-Warrick RM, Marder E. Modulation of neural networks for behavior. *Annu Rev Neurosci* 1991; 14:39-57.
 18. Nobre AC, Sebestyen GN, Gitelman DR, Mesulam MM, Frackowiak RSJ, Frith CD. Functional localization of the system for visuospatial attention using positron emission tomography. *Brain* 1997; 120: 515-533.
 19. Randolph M, Semmes JH. Behavioral consequences of selective subtotal ablations in the postcentral gyrus of Macaca Mulatio. *Brain Res* 1974; 70:55-70.
 20. Puce A, Allison T, Asgari M, Gore JC, McCarthy G. Differential sensitivity of human visual cortex to faces, letterstrings and textures: a functional magnetic resonance imaging study. *J Neurosci* 1996; 16:5205-5215.
 21. Halgren E, Dale AM, Sereno MI, Tootell RBH, Marinkovic K, Rosen BR. Location of fMRI responses to faces anterior to retinotopic cortex. *Neuroimage* 1997; 5:150.
 22. Denny D, Chambers RA. Physiological aspects of visual perception. Functional aspects of visual cortex. *Arch Neurol* 1976; 33:219-227.
 23. Damasio AR. Disorders of complex visual processing: agnosias, achromatopsia, Balin't syndrome and related difficulties of orientation and construction. In: Mesulam MM (ed). *Principles of Behavioral Neurology*. Philadelphia: University Press; 1995, 259p.
 24. Colombo M, Rodman HR, Gross CG. The effects of superior temporal cortex lesions on processing and retention of auditory information in monkeys (*Cebus Apella*). *J Neurosci* 1996; 16:4501-4517.
 25. Haxby JV, Horwitz B, Ungreleider LG, Maisong JM, Pietrini P, Grady CL. The functional organization of human extrastriate cortex: a PET-rCBF study of selective attention to faces and locations. *J Neurosci* 1994; 14:6336-6363.
 26. Pantev C, Hoke M, Lehnertz K, Lutkenhoner B, Fahrensdorf G, Stober U. Identification of sources of brain neuronal activity with high spatiotemporal resolution through combination of neuromagnetic source localization (NMSL) and magnetic resonance imaging (MRI). *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1990;75:173-184.
 27. Gitelman DR, Nobre AN, Parrish TB et al. A large-scale distributed network for spatial attention: and fMRI study with stringent behavioral controls. *Brain* 1999; 122:1093-1106.
 28. Kim MS, Robertson LC. Implicit representations of space after bilateral parietal lobe damage. *J Cogn Neurosci* 2001;13:1080-1087.
 29. Garcia-Ogueta MI. Attention processes and neuropsychological syndromes. *Rev Neurol*. 2001; 32:463-467.
 30. Holm S, Mogensen J. Contralateral somatosensory neglect in unrestrained rats after lesion of the parietal cortex of the left hemisphere. *Acta Neurobiol Exp* 1993; 53:569-576.
 31. Daini R, Angelelli P, Antonucci G, Cappa SF, Vallar G. Exploring the syndrome of spatial unilateral neglect through an illusion of length. *Exp Brain Res* 2002;144:224-237.
 32. Prather SC, Votaw JR, Sathian K. Task-specific recruitment of dorsal and ventral visual areas during tactile perception. *Neuropsychol* 2004;42:1079-1087.
 33. Smith WS, Mindelzun RE, Miller B. Simultanagnosia through the eyes of an artist. *Neurol* 2003; 60:1832-1834.
 34. Kanwisher H, Yamada S, Mizutani T, Murayama S. Identification of the primary auditory field in archival human brain tissue via immunocytochemistry of parvalbumin. *Neurosci Lett* 2000;286:29-32.
 35. Corbetta M, Miezin FM, Dobmeyer S, Shulman GL, Petersen S. Selective and divided attention during visual discriminations of shape, color and speed: functional anatomy by positron emission tomography. *J Neurosci* 1991; 11:2383-2402.
 36. Valenza N, Murray MM, Ptak R, Vuilleumier P. The space of senses: impaired crossmodal interactions in a patient with Balint syndrome after bilateral parietal damage. *Neuropsychol* 2004;42:1737-1748.
 37. Kerkhoff G, Heldmann B. Balint syndrome and associated disorders. Anamnesis—diagnosis—approaches to treatment. *Nervenarzt* 1999; 70:859-869.
 38. Michel F, Henaff MA. Seeing without the occipito-parietal cortex: Simultanagnosia as a shrinkage of the attentional visual field. *Behav Neurol* 2004; 15:3-13.
 39. Suzuki K. Selective visual attention and simultanagnosia. *Rinsho Shinkeigaku* 2001; 41:1131-1133.
 40. Barbas H. Organization of cortical afferent input to orbitofrontal areas in the rhesus monkey. *Neuroscience* 1993; 56:841-864.
 41. Sauve Y, Girman SV, Wang S, Lawrence JM, Lund RD. Progressive visual sensitivity loss in the Royal College of Surgeons rat: perimetric study in the superior colliculus. *Neuroscience* 2001; 103:51-63.
 42. Carlson M. Characteristics of sensory deficits following lesions of Brodmann's area 1 and 2 in the postcentral gyrus of Macaca Mulatia. *Brain Res* 1981; 204:424-430.
 43. Sdoia S, Couyoumdjian A, Ferlazzo F. Opposite visual field asymmetries for egocentric and allocentric spatial judgments. *Neuroreport*. 2004; 15:1303-1305.

44. Pellicano E, Gibson L, Maybery M, Durkin K, Badcock DR. Abnormal global processing along the dorsal visual pathway in autism: a possible mechanism for weak visuospatial coherence? *Neuropsychol* 2005; 43:1044-1053.
45. Muzur A, Rudez J, Sepcic J. On some neurobiological and cultural-anthropological aspects of the contralateral-neglect syndrome. *Coll Antropol* 1998; 22:233-239.
46. Binkofski L, Dohle C, Posse S et al. Human anterior intraparietal area subserves prehension. *Neurol* 1998; 50:1253-1259.
47. Denny-Brown D, Chambers RA. Physiological aspects of visual perception. *Functional aspects of visual cortex. Ach Neurol* 1976; 33:219-227.
48. Fleming JJ, McClure GM, Dalton R. Lateral response to suggestion in relation to handedness and the side of psychogenic symptoms. *Br J Psychiatry* 1980; 136:562-566.
49. Morecraft RJ, Geula C, Mesulam MM. Cytoarchitecture and neural afferents of orbitofrontal cortex in the brain of the monkey. *J Comp Neurol* 1992; 323:341-358.
50. Phillips CE, Jarrold C, Baddeley AD, Grant J, Karmiloff-Smith A. Comprehension of spatial language terms in Williams syndrome: evidence for an interaction between domains of strength and weakness. *Cortex* 2001; 40:85-101.
51. Atkinson J, King J, Braddick O, Nokes L, Anker S, Braddick FA specific deficit of dorsal stream function in Williams' syndrome. *Neuroreport* 1997; 8:1919-1922.
52. Aravena T, Castillo S, Carrasco X, Mena I, Lopez J, Rojas JP. Williams syndrome: clinical, cytogenetical, neurophysiological and neuroanatomic study. *Rev Med Chil* 2002; 130:631-637.
53. Nakamura M, Watanabe K, Matsumoto A, Yamanaka T, Kumagai T, Miyazaki S. Williams syndrome and deficiency in visuospatial recognition. *Dev Med Child Neurol* 2001; 43:617-621.