機能 MRI/MEG を用いた術前言語機能局在診断

鎌田 恭輔 太田 貴裕 川合 謙介 藤堂 具紀
川原 信隆 森田 明夫* 斉藤 延人

Preoperative Mapping of Language-related Functions using Functional MRI and Magnetoencephalography

by

Kyousuke Kamada, M.D., Takahiro Ota, M.D., Kensuke Kawai, M.D., Tomoki Todo, M.D.,
Nobutaka Kawahara, M.D., Akio Morita, M.D.*, and Nobuhito Saito, M.D.

from

Department of Neurosurgery, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo

*Department of Neurosurgery, Kanto Medical Center, NTT EC.

Functional magnetic resonance imaging (fMRI) using easy verb generation tasks can reliably locate the expressive language area, whereas magnetoencephalography (MEG) can sensitively detect the receptive language area irrespective of cerebral blood flow abnormalities. By combining the advantages of these two approaches, we established a reliable method for identifying the global language dominance in patients with pathological brain conditions. This functional brain mapping co-utilizing fMRI and MEG was performed in 117 patients. Ninety-seven patients further underwent the Wada test to confirm language dominance. A total of 87 patients were analyzed using useful data from both the combined method and the Wada test. fMRI with the verb generation task typically showed prominent activation in the inferior and middle frontal gyri. Reading a 3-letter Japanese word and judging silently whether it is “abstract” or “concrete” was originally designed as the task for MEG. The calculated dipoles typically clustered in the superior temporal region and the fusiform gyrus of the dominant hemisphere. In 85 of 87 patients who underwent successful MEG and fMRI, the combination method results for language dominance matched the Wada test. Two cases showed expressive and receptive language areas dissociated into bilateral hemispheres, which were also carefully validated by an invasive procedure. The results demonstrate that this non-invasive and repeatable method is not only highly reliable in determining language dominance, but can also locate the expressive and receptive language areas separately. The method may be a potent alternative and comparable to invasive procedures, and useful in identifying language dominance with high reliability.

(Received August 3, 2007; accepted August 27, 2007)

Key words : language function, functional MRI, magnetoencephalography, presurgical mapping

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 17 : 4-12, 2008

はじめに

言語機能はヒトのみで高度に発達した脳機能であり、

脳神経外科臨床においては、運動機能とならび温存すべき eloquent brain function である。言語機能研究は心理、文学、生理学などの基礎科学により、その発達、獲得、

東京大学大学院医学系研究科脳神経外科／〒113-8655 文京区本郷 7-3-1 [連絡先：鎌田恭輔]

Address reprint requests to: Kyousuke Kamada, M.D., Department of Neurosurgery, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8655, Japan

*NTT 東日本関東病院脳神経外科

脳内ネットワークのモデリングなどの研究が行われてきた。一方、臨床医学では19世紀のBroca, Wernickeらにより報告された前頭葉（運動性）と側頭葉（感覚性）言語野地図に基づいて、神経症候の解釈、手術計画の立案、機能予後予測などがなされてきた。健常人データを用いている基礎神経科学と神経症候を有する患者を対象とする臨床言語機局在研究は、その興味、対象、目的などの面でいまだに大きな隔りがあるのが現状である。

現在、臨床で信頼性の高い脳機能マッピング法は、1950年代よりPenfieldら¹⁰⁾により始められた高周波電気脳皮質刺激法である。近年は短時間作用型麻酔剤であるpropofol、簡便な麻酔深度モニタ（bispectral index; BIS）などの開発により麻酔深度のコントロールが容易になったため、覚醒下手術を行う施設が増えつつある。この覚醒下手術と皮質電気刺激を併用して、運動・言語機能マッピングとモニタリング下に頭蓋内病変の摘出を行うことが可能である¹¹⁾。しかし、覚醒下手術には、術前の患者の状態と、適切な電気刺激閾値、刺激部位を決定することが容易でないため、熟練したチーム編成と適応患者の選択が必要である。

その一方で、近年の急速な画像、計測技術の進歩に伴い、非侵襲的に脳機能の画像化が行えるようになった。しかし、この脳機能画像による脳機能研究は、基礎科学のみならず臨床医学においても、得られた画像結果の報告とその解釈に主眼が置かれがちである。患者の機能予後を左右する脳神経外科手術には、画像結果の解釈ではなく、“病巣およびその周辺部の脳組織の切除が可能か否か”が最もシンプルかつ重要なポイントである。この目的のために脳機能画像を臨床応用するには、最低限の計測原理を理解し、検出感度の限界、データ解釈の妥当性について十分に吟味していかなければならない。言語機能局在に臨床応用されつつある脳機能画像は、blood oxygenation level dependent (BOLD) 効果を反映した機能MRI (fMRI) と、微小磁界を検出する脳磁図 (magnetoencephalography; MEG) が代表的である。本稿では、まず脳神経外科医として最低限知っておくべき脳機能画像の原理について解説する。さらに臨床において、これらを融合することの重要性和、言語機能温存を目指した頭蓋内病変の切除手術の実際について述べる。

脳機能画像マッピング法の原理と方法

① 皮質電気刺激マッピング

覚醒下手術、てんかん焦点同定のために、双極型電極や留置した硬膜下電極を用いて脳皮質の電気刺激により

誘発、抑制される症状により脳皮質機能マッピングを行う。電気刺激は0.2~1 msec 幅の極性を交互に反転させた矩形波で50~60 Hzの高周波の電流刺激を用いるのが一般的である。刺激強度は2~10 mA 程度が安全域とされているが、刺激による後発射や痙攣発作の誘発を予測、予防するために脳波モニタリングは必須である。

② 機能MRI (fMRI)

臨床用1.5 T装置で行うことができるfMRIは、比較的簡便に、かつ高い信号・雑音比を有する信号を得ることができる。これにより単純な運動、視覚などの一次脳機能に加え、言語などの高次脳機能の局在に應用されるようになった⁵⁾¹²⁾。fMRIは主に脳組織内血流の変化に伴う酸化ヘモグロビン (Oxy-Hb)/還元型ヘモグロビン (Deoxy-Hb) 比 (BOLD) をとらえている。Deoxy-HbはOxy-Hbに比してT2時間が短いので、磁化率の違いを強調するT2*強調画像では低信号域となる。一方、Oxy-Hbはやや高信号となる。活動部位は、活動開始時には一過性に局所のDeoxy-Hbが増えるために、数秒間は低信号となる(initial dip)。その後は血流が増加し局所Oxy-Hbが大幅に増えることにより信号は上昇する。しかし、血流変化に伴った信号強度の変化は非活動部位に比して5% (1.5T装置) 程度であり、課題時と非課題時の画像の差分画像を作製しなければならない。また、課題により誘発されるBOLD効果は4秒ほどのdelayがあるので、課題・安静時を最低20秒間は続けなければならない (Fig. 1)。このため、fMRIの時間分解能は課題時間などに依存し、一般的には20秒以上となる。また、fMRIの信号変化は小さいので、ピクセルサイズも大きくしなければならない。通常は3 mmほどの空間解像度程度になるが、電気刺激マッピングに比して解像度はやや高い。

また、上述したが、fMRIは直接電氣的な脳活動を反映しているわけではない。特に1.5 T程度のMRI装置では、脳組織内のBOLD効果よりは血管由来のin flow効果を主に反映しており、その厳密な機能局在に関しては今後さらなる検討が必要である²⁾⁴⁾。さらに課題遂行に由来する患者頭部の動きも大きな問題となる。磁化率の違いをとらえているため、動きによる局所磁場の乱れ (shimmingの悪化) による信号低下、頭部周辺部にみられるmotion artifactによる雑音も特徴的に認められる。このような頭部の動きを検出し、補正するソフトウェアも市販されているが、3 mm (1ピクセル) 以上の動きが混入しているデータは使用すべきではない。

以上のように検査が適切に行えたとしても、課題時間

Fig. 1 Basics and physiological characteristics of functional MRI

A : Relationships between Oxy-Hb and Deoxy-Hb in the local brain region.

B : Signal changes of Oxy-Hb and Deoxy-Hb, depending on echo times.

C : Physiological and signal changes of BOLD-based fMRI.

の脳全体の活動をとらえているため、fMRI による機能マッピングは、一次活動野、補足活動領域、二次活動野のすべてをとらえている可能性がある。

② 脳磁図 (MEG)

脳から発生する電流より誘導される微小磁界を、頭皮上から高感度の磁束センサーである Superconducting QUantum Interference Device (SQUID) 磁束計と超伝導コイルを用いて測定した結果を経時的に表示したものが MEG である。つまり脳波 (electroencephalography; EEG) と MEG は、神経細胞の興奮によって生じる電気活動をおのおの別の面から観察したものである。これら 2 者間の大きな違いとしては、MEG に寄与する神経細胞が脳内のすべての神経細胞ではないことである。磁界はダイポールの作る電流と直交するように発生するため、頭部の表面に対して平行に存在する神経細胞、すなわちシルビウス裂や脳底部を除けば、脳溝に存在する神経細胞の作るイオン電流が生じる磁界のみが MEG に寄与することとなる。また、MEG は、EEG が皮膚、頭蓋骨、脳などの形態構成材料の電気的性質による影響を大きく受けるのに対し、その影響が非常に小さく、脳内の電流源の局在推定をすること (逆問題の解決) が容易である。現在は一度に全頭部の 200 カ所以上の点からの計測が

可能になり、全頭部位の MEG など、磁界線図を容易に表示できる。これにより脳全体で活動している領域を選び、単一ダイポールモデルにより信号源 (ダイポール) 位置を推定する (Fig. 2)⁹⁾。一般的に MEG 装置には、前述した SQUID と円形または四角形の磁界検出コイルが搭載されており、磁界検出コイルを通過する磁束の違いは SQUID により電気的情報に変換され、われわれが見慣れた EEG と類似した脳磁界波形が表示される。単純に MEG と EEG 信号の強さを比較することは困難であるが、信号源が脳内の浅い部位に存在する感覚誘発脳磁界では、EEG で 5~10 μ V の電気信号は、MEG ではおよそ 50~100 femto Tesla (fT) 程度の信号として計測される。100 fT は地磁気の 10 億分の 1 であるので、MEG の計測には地磁気等の環境磁気雑音を遮蔽する強力な磁気シールド室が必須である。

最も一般的に使われているダイポール局在推定の方法は、個々のセンサー座標とその磁界計測値から、観測された磁界分布が理論的に最もよく再現されるダイポールの位置を、コンピュータの収束演算によって求める方法である (Fig. 2)。最近では、空間フィルタリングが注目を集めている。この方法では、チャンネル間にわたる観測磁界の重み付け加算により、関心領域からの信号成分を取り出し、それ以外からの成分を抑制している。この

Fig. 2 Data acquisition and processing of MEG

- A : A 306-channel MEG system.
 B : Magnetic fields induced by small electric currents in the brain.
 C : Display of all MEG channels.
 D : Isomagnetic field contour map suggesting the single dipole.
 E : Estimated dipole locations superimposed on MRI.

処理により脳内の複数個と考えられる信号源も求めることができる⁸⁾。

言語機能画像の臨床応用

① 対 象

頭蓋内疾患を有する 117 症例において、fMRI と MEG を用いて言語関連脳機能を画像化した。うち 97 例は Wada test により言語優位半球を同定した。使用機器は、1.5 T MR 装置 (VISION, Siemens AG, Erlangen, Germany) と脳磁界計測装置 (306-Channel VectorView, Neuromag, Helsinki, Finland) である。

② 方 法

1. fMRI

fMRI は、2 種類の言語関連課題を用いた。1 回の fMRI 検査につき 20 秒間の課題遂行期と 20 秒間の安静期を交互に繰り返して、約 3 分間 (38 スキャン) の全頭を含めた fMRI 画像を取得した。言語課題は、①単語想起、②具象語/抽象語クラス分けとした。単語想起課題ではコンピュータ処理された音声による名詞 (500 msec 以内) を聞かせ、それに関連する動詞を想起させた。非課題時

に音声刺激を逆再生した意味を持たない音刺激を与えることにより、刺激に対する一次聴覚野の反応を差分によりキャンセルした。具象語/抽象語クラス分け課題は、視覚誘発装置により 5 m ほど離れたテレビスクリーンに視野角 2° ほどのひらがな 3 文字で構成された単語を提示して、提示単語が抽象語または具象語であるかクラス分けを行った。一次視覚反応をキャンセルするために、非課題時にランダムドットを呈示した。統計処理後に有意な信号変化を示した領域の表示と左右大脳半球内のピクセル数の比較、脳表画像への投影を行った。

2. MEG

MEG は視覚誘発装置により、ひらがな 3 文字で構成された単語を 3,500 msec ごとに 300 msec 提示して 100 回加算した。患者は提示単語が抽象語または具象語かクラス分けを行い、ボタンを押し課題を行う。眼球運動の雑音を低減するため、ボタン押し前はまばたきをしないよう指示した。

一般的な視覚関連反応は 200 msec 以内に終了する。また、本検査での平均反応速度は $5,260 \pm 102$ msec であった。このため文字認識に関する反応は刺激後 200~600 msec の間に現れていると考えた。側頭葉-前頭葉、側頭葉後下部周辺部のセンサーを選び、単一ダイポールモデ

Fig. 3 fMRI-activations during the verb generation task in a normal control showing activations in the left frontal and parietal regions.

Fig. 4 Profile of a MEG channel during the reading task and the MEG dipole localizations. Source localization of the reading task MEG showed predominant dipole clusters in the left temporal lobe.

ルにより解析し、求められた信号ダイポールのフィット値、局在、数、そのモーメントについて検討した。

③ 結果

1. Wada test

97 症例中評価不能症例は、麻酔剤投与量が多く鎮静効果が強かった 3 例、脳動静脈奇形による盗血現象 3 例の計 6 例であった。他 91 症例では言語優位半球は同定できた。

2. fMRI

単語想起課題では下・中前頭回（ブローカ野）、中心前回下部（一次運動野）、角回、上前頭回内側（補足運動野）に活動を認めた。明らかにすべての反応は片側半球に偏在している例が多く（80%以上；94/117 例）、ピクセル数を数える前に視認による優位半球の同定が容易であった。また、具象/抽象語クラス分け課題では、上述した活動領域に加え、両側上側頭溝、紡錘回にも活動を認めた。MRI の音ノイズに影響されない視覚刺激であり、

Fig. 5 A 29-year-old, right-handed male with astrocytoma in the right insular cortex and the surrounding white matter. fMRI during the verb generation task showed main activations in the inferior and middle frontal gyri, indicating the left dominance of the expressive language function. Source localization of the reading task MEG showed predominant dipole clusters in the right temporal lobe. The left and right hemispheres contained 30 and 136 dipoles, respectively. The combined fMRI+MEG method thus indicated dissociated frontal motor and temporal receptive language functions. STG ; superior temporal gyrus, PITG ; posterior inferior temporal gyrus

患者も比較的容易に行うことができる課題であったが、前頭葉活動は両側性のことが多く、優位半球の同定には適していなかった。具象/抽象語クラス分け課題成功率は77%と低く、単語想起課題では90%と優れていた。特に単語想起課題では、上・中前頭回の強い活動が優位半球の指標となった (Fig. 3)。

9例でfMRIによる局在ができなかった。その原因は、①前頭葉の強い脳浮腫：4例、②前頭葉内脳動静脈奇形：4例、③失語症：1例であった。

3. MEG

具象語/抽象語クラス分け課題によるMEGでは、200~300 msec付近に側頭葉外側下面に100 msec以内の活動を認めた (M250)。さらに、前頭-側頭部に350 msec以降から低い周波数で構成される活動が700 msecほどまで持続していた (M400)。全MEGチャンネルを見比べると、その振幅が明らかに左右差がある症例が多く、視認でも容易にM400の振幅で優位半球を指摘することができた。優位半球の同定は、上述した2カ所に集中したダイポール数の左右差を比較した。ダイポール数が80%以下の違いがある時は優位側を決定し、80~

100%の時は決定不能 (ambiguous) とした。その結果、左側優位：64例、右側優位：8例、ambiguous：3例であった。良好な反応が得られず同定不可能であった症例は16例あり、MEGによる優位半球の同定成功率は82%であった。同定不能であった症例の内訳は、①精神発達遅滞：8例、②失語：5例、③痴呆：3例であった。ダイポールの集積については、上側頭回、上側頭溝、縁上回などの側頭葉上後半部と側頭葉底部の紡錘回後半部に局在していた (Fig. 4)。優位半球の同定には、この2カ所に分布するダイポール数の総和により比較することが適していた。

fMRI と MEG の融合

fMRI と MEG 両方で優位半球が同一側として同定された例は65例であり、Wada testの結果と100%一致していた。このため本研究では、両者の所見が一致した20症例では、Wada testを施行せずに手術を行った (20例+97例：計117症例)。

fMRI、またはMEGにより優位半球が同定できたのは

Fig. 6 A 32-year-old, right-handed male with a glial origin tumor in the left mesial temporal region. Reading task MEG-dipole locations of the left frontotemporal (FT) (A, B) and the left temporooccipital (TO) regions (C, D). The left FT and TO dipoles are concentrated in the superior temporal gyrus and in the fusiform gyrus. It is of note that the amplitudes of the left FT responses 8 months after surgery became more than 1.5 times higher than those of the preoperative responses.

95%以上 (86/91 例) であり、各検査の検査の弱点を補い合うように成功率を高くすることができた。fMRI による運動性言語野 (前頭葉)、MEG による感覚性言語野 (側頭葉) を局在することで、患者個々の言語機能局在を術前に把握することが可能であった。

【症例 1】

右島部 glioma の右利き症例で、具象語/抽象語クラス分け MEG で右上側頭葉に活動を認めた。具象語/抽象語クラス分け fMRI でも同様に右側頭葉優位の反応を認めた。しかし、動詞想起課題 fMRI では左下-前頭回に活動を認め、言語機能が解離していた。Wada test により、右半球では文字認知、感覚性言語機能を、左半球に運動性言語機能が優位に局在していることを確認した (Fig. 5)⁷⁾。

【症例 2】

内側側頭葉 glioma の右利きの症例で、具象語/抽象語クラス分け課題 MEG で術前に左上側頭回前部と左紡錘回の 2 カ所の文字認知機能関連領域を局在した。左紡錘回を含む内側側頭葉 glioma を切除後により、患者は強い失読症を呈した。しかし、術後 1 年の間にその失読症は

顕著に回復した。この回復期の MEG では、残された左上側頭回前部に術前よりも強い認知反応が認められるようになった。一方、切除された左紡錘回にはまったく反応を認めることはなく、また対側にも新たな反応の出現はなかった (Fig. 6)⁶⁾。

考 察

fMRI と MEG の両者の結果を考慮することにより、個々の症例で明瞭に言語機能優位側を同定することができた。今回用いた脳機能画像法は、Wada test と異なり容易に繰り返し施行することが可能であり、今後臨床において Wada test に代わる役割を担うものと期待できる。

症例 1 では、文字認知に関する脳皮質領域を、術前に MEG を用いて非侵襲的に局在することができた。さらに繰り返し施行した MEG では、失読による全脳の反応の変化、その症状の脳内再構築による変化をとらえることができた。本報告では MEG を用いて術前に失読症に関する危険性を予測し、その可塑性による回復過程を画像化することに成功した⁶⁾。

症例 2 のように、運動性、感覚性言語機能が選択的に解離しているという報告は、Holodny ら³⁾ による 1 例報告

がある。しかし、その報告では fMRI 以外他の脳機能画像による検証はなく、また Wada test も行っていなかった。本報告のように MEG による神経機能、fMRI による脳血流変化をとらえることにより、異なる機序からの脳機能局在が可能になった⁷⁾。これにより、脳機能が左右半球に分離した症例、つまり従来両側性言語優位半球として扱われていた患者の病態の解明が進むものと期待できる。

治療方針が大きく左右されるので、優位半球の決定は非常に慎重に行わなければならない。このためには fMRI または MEG という単一の脳機能画像のみではなく、両者を組み合わせることにより、検査結果をより信頼性の高いものにできると考えられる。頭蓋内疾患を持つ患者では言語野の状態および機能が正常でない例も多いため、異なる機序によるアプローチが理論的に安全である。本研究では運動性課題に適している fMRI によりブローカ野を、正確なトリガーを用いる感覚性課題による MEG 検査によりウェルニッケ野を同定した。2 種類の機能画像に盲目的に同一の課題を負荷するのではなく、それぞれの特徴に合わせて、運動性と感覚性の言語機能を分離して画像化することも重要である。今後本法で用いた課題が本来生理学的な脳機能を正確に反映しているかを慎重に検討していく予定である。

文 献

- 1) Duffau H, Capelle L, Sichez N, Denvil D, Lopes M, Sichez JP, Bitar A, Fohanno D: Intraoperative mapping of the subcortical language pathways using direct stimulations. An anatomo-functional study. *Brain* **125**: 199-214, 2002.
- 2) Holodny AI, Schulder M, Liu WC, Maldjian JA, Kalnin AJ: Decreased BOLD functional MR activation of the motor and sensory cortices adjacent to a glioblastoma multiforme: Implications for image-guided neurosurgery. *AJNR Am J Neuroradiol* **20**: 609-612, 1999.
- 3) Holodny AI, Schulder M, Ybasco A, Liu WC: Translocation of Broca's area to the contralateral hemisphere as the result of the growth of a left inferior frontal glioma. *J Comput Assist Tomogr* **26**: 941-943, 2002.
- 4) Kamada K, Houkin K, Iwasaki Y, Takeuchi F, Kuriki S, Mitsumori K, Sawamura Y: Rapid identification of the primary motor area by using magnetic resonance axonography. *J Neurosurg* **97**: 558-567, 2002.
- 5) Kamada K, Houkin K, Takeuchi F, Ishii N, Ikeda J, Sawamura Y, Kuriki S, Kawaguchi H, Iwasaki Y: Visualization of the eloquent motor system by integration of MEG, functional, and anisotropic diffusion-weighted MRI in functional neuronavigation. *Surg Neurol* **59**: 352-361; discussion 361-352, 2003.
- 6) Kamada K, Sawamura Y, Takeuchi F, Houkin K, Kawaguchi H, Iwasaki Y, Kuriki S: Gradual recovery from dyslexia and related serial magnetoencephalographic changes in the lexicosemantic centers after resection of a mesial temporal astrocytoma. Case report. *J Neurosurg* **100**: 1101-1106, 2004.
- 7) Kamada K, Takeuchi F, Kuriki S, Todo T, Morita A, Sawamura Y: Dissociated expressive and receptive language functions on magnetoencephalography, functional magnetic resonance imaging, and amobarbital studies. Case report and review of the literature. *J Neurosurg* **104**: 598-607, 2006.
- 8) Kober H, Möller M, Nimsky C, Vieth J, Fahlbusch R, Ganslandt O: New approach to localize speech relevant brain areas and hemispheric dominance using spatially filtered magnetoencephalography. *Hum Brain Mapp* **14**: 236-250, 2001.
- 9) Mäkelä JP, Forss N, Jääskeläinen J, Kirveskari E, Korvenoja A, Paetau R: Magnetoencephalography in neurosurgery. *Neurosurgery* **59**: 493-510; discussion 510-491, 2006.
- 10) Penfield W, Jasper H: *Epilepsy and the Functional Anatomy of the Human Brain*. Boston, Little, Brown, 1954, pp.41-155.
- 11) Petrovich N, Holodny AI, Tabar V, Correa DD, Hirsch J, Gutin PH, Brennan CW: Discordance between functional magnetic resonance imaging during silent speech tasks and intraoperative speech arrest. *J Neurosurg* **103**: 267-274, 2005.
- 12) Rutten GJ, Ramsey NF, van Rijen PC, Alpherts WC, van Veelen CW: FMRI-determined language lateralization in patients with unilateral or mixed language dominance according to the Wada test. *Neuroimage* **17**: 447-460, 2002.

要 旨

機能 MRI/MEG を用いた術前言語機能局在診断

鎌田 恭輔 太田 貴裕 川合 謙介 藤堂 具紀
川原 信隆 森田 明夫 斉藤 延人

非侵襲的脳機能マッピング法としては、機能 MRI (fMRI)、脳磁図 (MEG) などが挙げられる。この両者を融合することで、言語優位半球の同定を行った。言語機能画像の課題は、語想起、文字読み課題とした。fMRI では前頭葉のブローカ領を、MEG では側頭葉後半部のウェルニッケ領の言語機能を局在できた。fMRI と MEG による言語機能の画像化の成功率は 90% と 82% であったが、両者を併用することで 95% に達した。また、fMRI と MEG の所見が一致した症例では、Wada test で同定した言語優位半球の結果と 100% 一致した。fMRI は脳血管性反応性が障害される症例 (脳浮腫を伴う脳腫瘍、脳動静脈奇形など) には不適であった。一方、MEG は、脳組織状態よりは患者の脳機能低下 (精神発達遅滞、痴呆、失語) により、検査の成功率が低下していた。fMRI と MEG を融合することで術前に患者個々の言語機能局在を把握することが可能となった。

脳外誌 17 : 4-12, 2008

会 員 の 皆 様 へ

●入会・転居・休会のご案内●

1. 入会ご案内

入会ご希望の方は申込み書一式を電話、FAX あるいは葉書にて事務局までご請求ください。

入会金 5,000 円

年会費 15,000 円 (専門医、新専門医)

10,000 円 (非専門医、協力会員、外国人会員)

2. 脳神経外科ジャーナル送付についてのお断り

機関誌“脳神経外科ジャーナル”を年間 12 冊発行し、入会された時点から送付させていただきます。ただし、入会時以前に発行されたその年度分の機関誌については送付されません。ご了承ください。

3. 会費の納入期について

当該年度の会費は総会の開かれた年の年末までに納入するようご協力ください。

4. 会費長期未納の方へ

分割支払もお受けしたいと思いますので、事務局へご相談ください。

5. 転居・転任される方へ

転居・転任される方は速やかに学会事務局までご一報ください。

6. 国外留学される方へ

国外留学される方は、留学予定期間・留守中連絡方法および送付先などを渡航前に学会事務局までご一報ください。留学期間中、休会という形をとられますと、その期間の“脳神経外科ジャーナル”をお受け取りになれません。機関誌をご希望の方は、会費をあらかじめ前納いただくか、各年度毎に納入してください。

日本脳神経外科コンgres事務局

〒113-8421 東京都文京区本郷 2-1-1 順天堂大学医学部脳神経外科内

TEL 03-3813-1039 FAX 03-5684-3096

http : //wwwsoc.nii.ac.jp/jcns/index.html E-mail : jcns@med.juntendo.ac.jp