

磁気刺激装置による顔面神経の検討

順天堂大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：市川銀一郎教授）

山 川 卓 也, 芳 川 洋, 桜 井 淳, 市 川 銀一郎

MAGNETIC STIMULATION OF THE FACIAL NERVE

TAKUYA YAMAKAWA, M.D., HIROSHI YOSHIKAWA, M.D., ATSUSHI SAKURAI, M.D.
and GINICHIROU ICHIKAWA, M.D.

Department of Otorhinolaryngology, Juntendo University, School of Medicine, Tokyo

Intracranial activation of the facial nerve and the face-associated motor cortex are now possible with noninvasive magnetic stimulation techniques. Compound muscle action potentials (CMAPs) and the Blink reflex, in response to magnetic stimulation, were investigated. Subjects were 10 normal controls and 2 Bell's palsy patients. CMAPs were elicited in the orbicularis oris muscle by magnetic stimulation at the parieto-occipital skull and stylomastoid foramen. Furthermore, CMAPs were evoked by a magnetic coil oriented over the cortex. CMAP recording was possible with magnetic stimulation and the latencies of CMAPs at the parieto-occipital skull were slightly greater than those at the stylomastoid foramen. In 10 normal subjects, the mean onset latency following transcranial magnetic stimulation of the facial nerve at the parieto-occipital skull was 5.07 msec (SD=0.40), while transcutaneous latency at the stylomastoid foramen was 2.77msec (SD=0.539). In the blink reflex, R1 latency was 10.99 msec (SD=1.27), ipsilateral-R2 latency was 37.46 msec (SD=2.57), and contralateral-R2 latency was 38.925 msec (SD=3.20). The blink reflex thus had a configuration similar to that evoked by conventional electrical stimulation. In the patients with Bell's palsy, CMAPs elicited by magnetic stimulation were of low amplitude with normal latency. However, in the blink reflex, only a contralateral R2 response could be recorded, and R1 and ipsilateral-R2 showed no response to stimulation at the affected side. Investigation of patients with Bell's palsy using this technique may therefore prove useful in the evaluation of peripheral facial nerve disorders.

Key words: 磁気刺激, 顔面神経, Blink reflex, 顔面神経麻痺

A96—1410—10521

緒 言

現在まで顔面神経麻痺の検査には電気刺激を用いた, 神経興奮性検査 (NET; nerve excitability test), ENoG (electroneuronography), 瞬目反射 (Blink reflex) などが行われてきた。また1985年 Barker ら¹⁾²⁾により磁気刺激を用いて神経, 筋肉からの誘発電位を記録することが開発された。その後, 1988年には Maccabee ら³⁾は磁気刺激により頭蓋内において顔面

神経を刺激し, その有用性を報告している。

我々は磁気刺激装置; MAGSTIM model 200 を使用し, 顔面神経の複合筋活動電位 (compound muscle action potentials; CMAP), および Blink reflex を記録し, 臨床応用の可能性について若干の考察を加え, 検討した。

対 象

正常成人10名のボランティア, Bell 麻痺症例2名。

方 法

磁気刺激装置にはMAGSTIM model 200を用いた。刺激パルスは単一位相で、立ち上がり時間は $100\mu\text{sec}$ 、パルス幅は 1msec 以下の磁気刺激を発生させることが可能であり、この磁気パルスは体内に誘起電流を発生させ、神経、筋肉からの反応を記録できる。エネルギーは刺激コイルにより異なるが、大型コイルは径 90mm で最大パワーは 1.5T (tesla)、小型コイルは径 40mm で 4.1T の磁場を持つ。さらにパワーは $0\sim 100\%$ まで選択が可能であったが、 30% の出力、すなわち大型コイルでは 0.45T 、小型コイルでは 1.23T のパワーで刺激した。刺激部位は大型コイルを用いて側頭部、耳介下部、三叉神経前頭枝眼窩上神経を、また小型コイルを用いて誘導と対側の頭頂部を刺激した。誘導部位は下眼輪筋双極誘導とし、解析装置には日本電気三栄製ER1100を使用した。今回の実験では主に対象例に対して 1.5T の 90mm 大型コイルを用いて顔面神経の末梢成分の複合筋活動電位(CMAP)を記録したが 4.1T の 40mm 小型コイルを用いて1

例のみ誘導と対側の頭頂部、すなわち皮質を刺激し、中枢由来のCMAPを記録した。刺激、誘導部位は図1に示すごとく対側頭頂部はpenfieldの報告をした運動野を目的とし、さらに側頭部はMetsonら⁴⁾の報告にもとづいて磁気刺激によるCMAPが出現しやすい耳介上部約 6cm 、やや後方の範囲とした。

結 果

図2は典型的な磁気刺激による顔面神経のCMAPであり、パワーは 1.5T の大型コイルを使用し、 0.45T とした。潜時は側頭部(Transcranial stimuli.)では左; 5.3msec 、右; 4.6msec 、であり、耳介下部(Stylomastoid stimuli.)では左; 2.9msec 、右; 4.1msec であった。左右で潜時差は認めるものの、側頭部刺激の方が耳下部刺激よりも潜時は長かった。

磁気刺激によるBlink reflexは刺激と同側でのみR1が出現し、両側でR2が認められた。その潜時はR1が $12.6, 9.8\text{msec}$ でR2は同側が $34.1, 38.6\text{msec}$ で対側が $36.2, 39.2\text{msec}$ で対側のR2の潜時が同側R1潜時に比し長かった。図3は導出と対側の頭頂部を 4.1T のコイルで刺激したときのCMAPである。潜時は 12.06msec であり、皮質運動野の刺激と考えられ

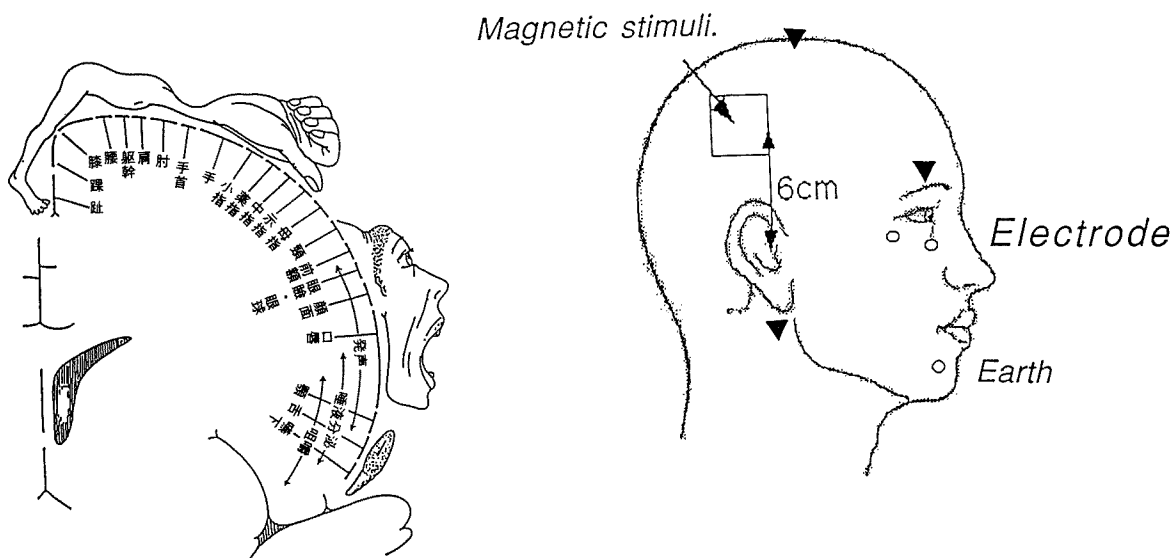


図1 磁気刺激の刺激部位

PenfieldとRasmussenによる運動再現部位(真島英信, 生理学, 1978より引用)を参考にし、皮質刺激を行った。また、右に示すように顔面神経の末梢部については▼印のように側頭部、耳介下部、三叉神経前頭枝眼窩上神経を刺激した。誘導部位は眼輪筋双極誘導、接地電極はオトガイ部とした。

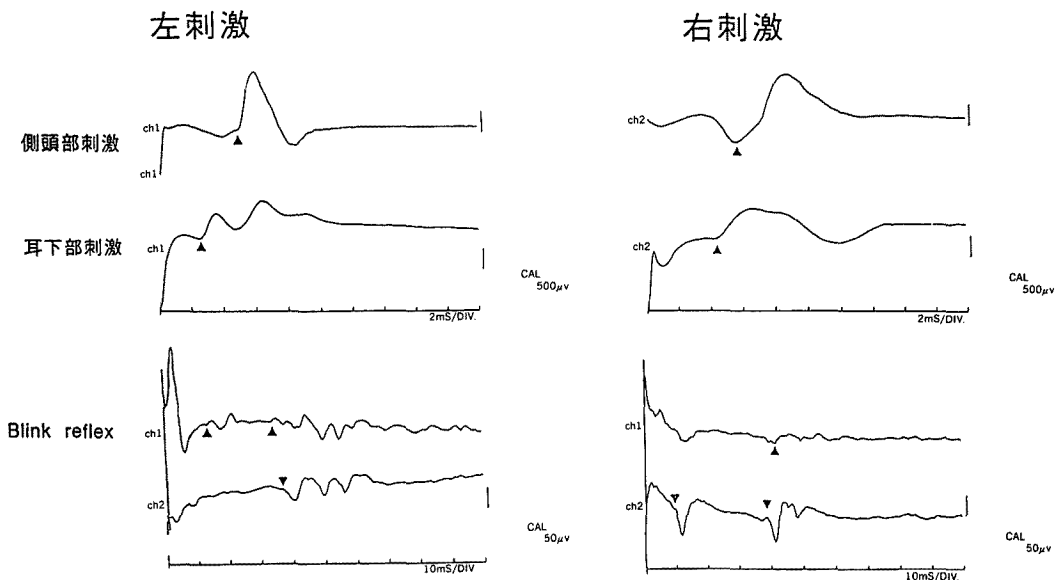


図2 正常人における複合筋活動電位 (CMAP) と瞬目反射 (Blink reflex)
左右で潜時差は認めるものの側頭部刺激の方が耳下部刺激より潜時は長かった。Blink reflex では刺激と同側でのみ R1 が認められ、両側で R2 が認められた。▲；反応成分の潜時を示す。

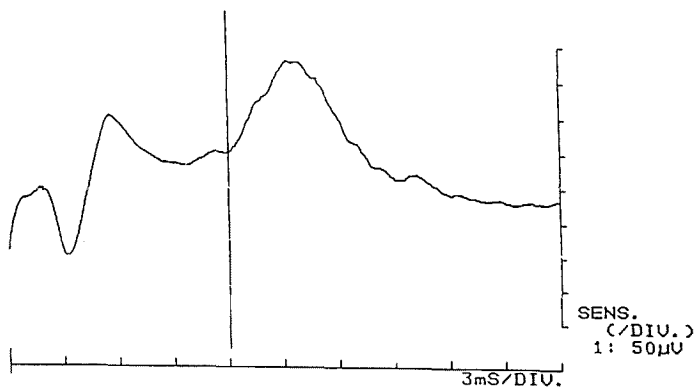


図3 導出と対側の皮質を刺激した時の複合筋活動電位 (CMAP)
導出と対側の皮質を刺激すると図のような反応が得られた。
縦線よりも早い成分は末梢性の反応であり、縦線の潜時；
12.06msec で皮質由来の CMAP が認められた。

た。

図4は正常者10名の CMAP と Blink reflex の平均とその標準偏差を示す。さらに誘導と対側の頭頂部刺激時の CMAP の潜時をプロセッティングしてある。側頭部刺激 (Transcranial stimuli.) はすべての例で耳介下部刺激 (Stylomastoid stimuli.) よりも潜時は長かった。また刺激と同側の R1, 両側の R2 がすべての例で

認められ、刺激対側の R2 は同側の R2 より潜時は長かった。

次に Bell 麻痺 2 症例 (患者は共に左) に対し、麻痺側の複合筋活動電位と Blink reflex とを記録した (図5)。case (1) は発症後10日、麻痺スコアは40点中10点であった。側頭部刺激時 (Transcranial stimuli.) の潜時は 5.2msec, 耳介下部 (Stylomastoid stimuli.)

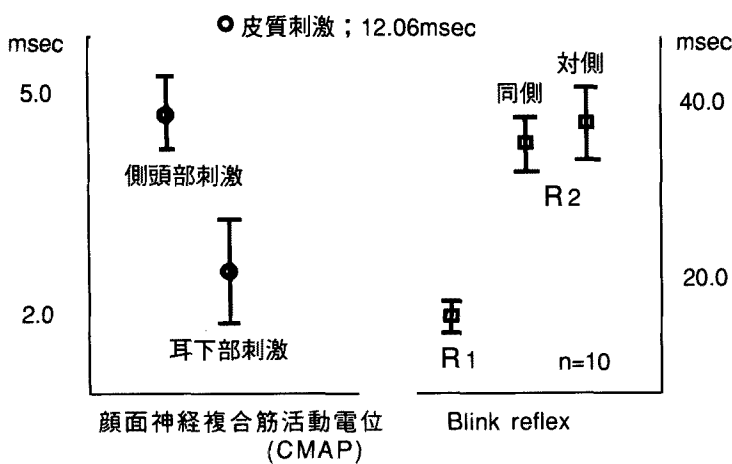


図4 磁気刺激による潜時
正常者10名の CMAP と Blink reflex の平均とその標準偏差
を示す。さらに皮質刺激時の潜時もプロットした。

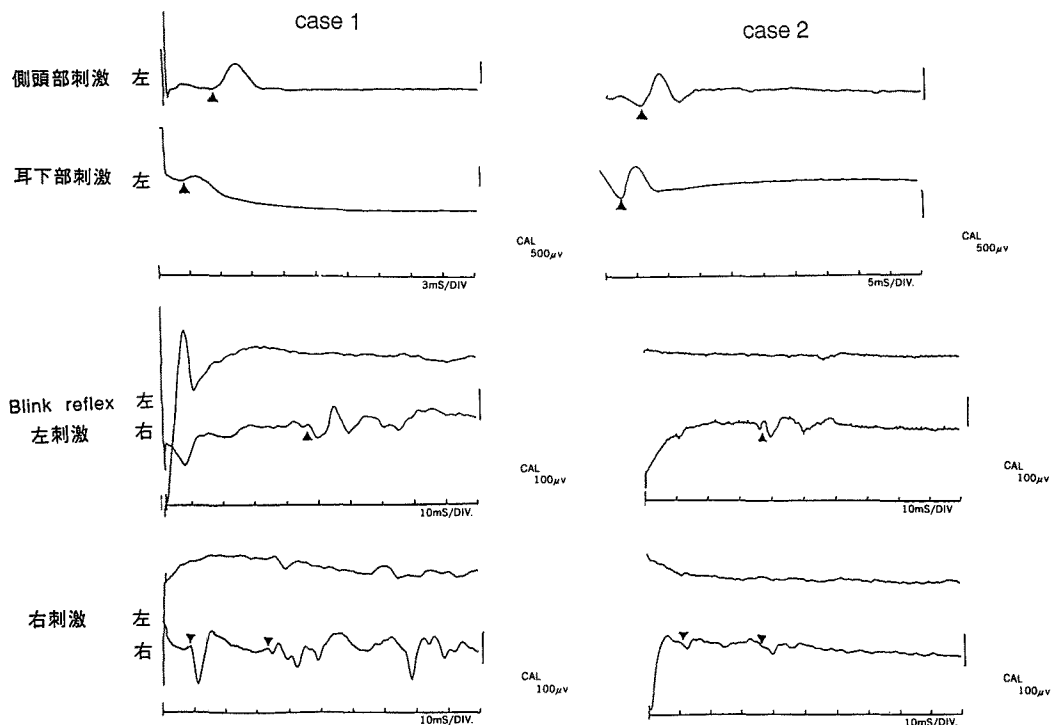


図5 ベル麻痺2症例における CMAP と Blink reflex (患側はとも
に左)
振幅の小さい CMAP が認められ、潜時は明らかな異常所見
は認められなかった。Blink reflex は麻痺側刺激で R1, 同側
の R2 が消失した。

では 2.9msec であった。Blink reflex は麻痺側刺激では R1 及び同側の R2 が消失し、健側刺激では正常の反応が認められた。

case (2) は発症後 14 日、麻痺スコアは 14 点であった。側頭部刺激時 (Transcranial stimuli.) の潜時は 5.1msec、耳介下部 (Stylomastoid stimuli.) では潜時は 3.2msec であった。Blink reflex は麻痺側刺激では R1 は認められず、対側の R2 が出現し、健側刺激では同側の R1, R2 の反応が認められた。

考 察

磁場により生体内に渦電流を生じさせ、神経や筋肉を刺激する方法は 1965 年 Bickford ら⁵⁾ により始まり、いくつかの報告がある⁶⁾⁷⁾、本邦では上野ら^{8)~12)} により詳細に検討され、報告されているが、磁気刺激の顔面神経への応用は Maccabee ら³⁾ より始まった¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。我々は英国のシェフィールド大学で開発され、実用化された MAGSTIM model 200 を用い、顔面神経を磁気刺激し検討を行った。磁気刺激は骨に影響されず、神経、筋を刺激できるため、顔面神経を皮質から末梢に至るまで連続的に刺激することができる。さらに針電極を使用する必要はなく、被検者に疼痛を与えないことが非常に優れている。

まず磁気刺激を行う場合の安全性については単一のパルスではほとんど問題はないとされている¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾。しかし頭部を数 Hz の頻度で磁気刺激を数週間から数ヵ月にわたって行う場合キンドリング現象が生じる可能性があり、てんかん発作を誘発する可能性がある^{19)~24)}。また Counter ら²⁵⁾²⁶⁾ によると 2T の磁気刺激を耳元で行うと 150dB 前後のノイズが発生すると言われ、内耳への影響が示唆されている。さらに眼球に対する磁場の影響については報告がないが、現在通常行われている MRI よりも低いエネルギーの磁場であれば問題ないと考えた。しかし小児における安全性についての報告はいまだないものの、成人より頭蓋が小さい小児では成人と比較して広範な部分が磁気刺激されるので安全性については十分な検討が持たれるところである。今回我々が検査に使用した磁場パワーは 1.5T のコイルの 30% の出力; 0.45T である。この出力を選んだ理由は Maccabee ら³⁾ の報告では CMAP が出現するレベルの出力は 2T の 30% 以上であれば、潜時は出力を上げてとも顕著な差はなく、プラトーを形成することから今回の我々の検討では 1.5T の 40% を実験出力とまず規定した。しかし Blink reflex を記録

する場合、40% の出力では両側の R2 が出現しやすく、さらに被検者が安静閉眼を保てないため 30% の出力におさえて実験を行った。

図 2 に示すように正常者に対して側頭部、耳下部において顔面神経を磁気刺激すると CMAP が記録可能であった。Meyer ら²⁷⁾ の報告によれば、耳下部を電気刺激して得られた CMAP の潜時より神経の伝導速度を換算し、側頭部刺激での CMAP は内耳道内の顔面神経が脳幹へ入る部分を刺激していると予想されている。現在までの顔面神経の検査には電気刺激を用いた、NET, ENoG, Blink reflex など、またアブミ骨筋反射、シルマー検査、電気味覚検査などが行われてきたが、磁気刺激により側頭骨内の末梢顔面神経を刺激し CMAP を検出することにより、さらなる顔面神経の反応を得ることが可能であった。今回の検討では図 3 に示すように潜時についてはかなり再現性に富んでいたが、振幅については検査時のコイルの微妙な位置、角度、皮膚への接触の程度のためか一定の傾向は認められなかった。特に耳下部刺激はコイルの設置が難しく、刺激範囲が広がってしまうため、再現性のある反応を得ることは困難であった。現時点では ENoG と同様の刺激部位で磁気刺激でも CMAPs を得ることが可能であるということを述べ、耳下部刺激による顔面神経の検査にはやはり電気刺激を用いた ENoG 等の方法が優れていると思われる。しかし今後は小型のコイルや (今回も誘導と対側の頭頂部刺激で 1 例のみ使用したが) 8 の字コイルを用いてより正確な範囲を刺激することが可能なのでこの問題は解決されるであろう。

Blink reflex は三叉神経第 1 枝である上眼窩神経を電気刺激、または機械刺激すると、刺激側眼輪筋には 10~12msec の潜時を持つ第一の反応 (R1)、両側眼輪筋には潜時が 20~40msec の第二の反応 (R2) が記録される。R1 は刺激側脳幹の三叉神経主知覚から顔面神経への interneuron を介した反応である。R2 は脳幹網様体を経由する多シナプスが介在する反応である²⁸⁾。磁気刺激による Blink reflex はかなり安定性、再現性に富み、同側の R1、両側の R2 が認められた。その潜時は電気刺激による Blink reflex とほぼ同様であった。

さらに今回正常ボランティアに対し 1 例しか行わなかったが、4.1T の小型コイルを用いて誘導と対側の頭頂部を 30% の出力で刺激すると 12.06msec の潜時で CMAP を認めた。刺激部位は Meyer ら²⁷⁾ の報告と

同様に、対側頭頂部で外耳道と直角に交わる線上である。さらに刺激部位のポイントとしては上肢が刺激される皮質運動野より約4cm外耳道方向である。またMeyerら²⁷⁾は皮質運動野を磁気で刺激すると両側性に12～15msecの潜時をもってCMAPが出現し、これを末梢性の顔面神経刺激のShort latency responsesに対し、Long latency responsesと述べている。顔面神経を皮質から末梢まで刺激、記録できることは中枢性、末梢性の顔面神経麻痺症例の診断に対し、極めて有効な方法であると思われた。図5に示すように末梢性顔面神経麻痺2症例(共に患側は左)では麻痺側のCMAPの振幅は低下した。顔面神経麻痺症例における神経の興奮性の低下を磁気刺激を用いても記録することが可能であったが、潜時に関しては今回の2例では伝導障害が軽度のためか今回呈示した正常対象群と比較すれば正常群に含まれてしまう。予後推定という観点からもこの点については今後検討する予定である。Blink reflexでも患側のR1, R2は消失しているが、三叉神経から脳幹網様体を経由し対側の顔面神経を介する反応であるR2は麻痺側刺激でも検出可能であった。磁気刺激でも適当な出力を設定すれば簡単にBlink reflexを記録できることがわかった。

結 語

磁気刺激は従来の電気刺激と同様に顔面神経の複合筋活動電位が測定可能で、Blink reflexも測定可能であった。

皮質運動野、側頭骨内顔面神経を頭皮上から刺激でき、潜時測定も可能であった。

Bell's palsy 2症例では麻痺側では振幅の小さい反応が得られ、Blink reflexでは麻痺側の反応は認められなかったが、対側のR2のみを認めた。

現段階では刺激コイルの大きさ、形状により、刺激部位を一定の範囲、距離に規定することが困難なこと、それにより結果にばらつきが生じやすく、判定誤差が生じやすいことが欠点である。

磁気刺激による中枢から末梢へ至る複合筋活動電位と、Blink reflexとの併用により顔面神経麻痺症例の病態の評価と予後診断に有用であろうと思われた。

参 考 文 献

- 1) Barker AT, Jalinous R, Freeston IL: Non-invasive stimulation of human motor cortex. *Lancet* 1: 1106-1107, 1985.
- 2) Barker AT, Freeston IL, Jalinous R et al: Clinical evaluation of conduction time measurements in central motor pathway using magnetic stimulation of human brain. *Lancet* 1: 1325-1326, 1986.
- 3) Maccabee PJ, Amassian VE, Cracco RQ et al: Intracranial stimulation of facial nerve in humans with magnetic coil. *Electroenceph clin Neurophysiol* 70: 350-354, 1988.
- 4) Metson R, Rebeiz E, West C et al: Magnetic Stimulation of the Facial Nerve. *Laryngoscope* 101: 25-30, 1991.
- 5) Bickford RG, Fremming BD: Neuronal stimulation by pulsed magnetic fields in animals and man. *Dig 6th Int Conf Med Electr Biol Eng* 112, 1965.
- 6) Irwin DD, Rush S, Evering R et al: Stimulation of cardiac muscle by a time-varying magnetic fields. *IEEE Trans Magn MAG-6*: 321-322, 1970.
- 7) Oberg PA: Magnetic stimulation of nerver tissue. *IEEE Trans Magn MAG-6*: 55-64, 1973.
- 8) Ueno S, Matsumoto S, Harada K et al: Capacitive stimulatory effect in magnetic stimulation of nerve tissue. *IEEE Trans Magn MAG-14*: 958-960, 1978.
- 9) Ueno S, Matsuda T, Hiwaki O: Localized stimulation of the human brain and spinal cord by a pair of opposing pulsed magnetic fields. *J Appl Phys* 66: 5838-5840, 1989.
- 10) Ueno S, Matsuda T, Fujiki M: Functional mapping of the human motor cortex obtained by focal and vectorial magnetic stimulation of the brain. *IEEE Trans Magn* 26: 1539-1544, 1990.
- 11) Ueno S, Matsuda T, Hiwaki O: Estimation of structures of neutal fibers in the human brain by vectorial magnetic stimulation. *IEEE Trans Magn* 27: 5387-5389, 1990.
- 12) Ueno S, Hiwaki O: Spinal reflex evoked magnetic fields. *J Appl Phys* 69: 6019-6021, 1990.
- 13) Cruccu G, Berardelli A, Inghilleri M et al: Corticobulbar Projections to Upper and Lower Facial Motoneurons. A Study by Magnetic Transcranial Stimulation in Man. *Neuroscience Letters*, 1990.
- 14) Rosler KM, Hess CW, Schmid UD: Investigation of Facial Motor Pathway by Electrical and magnetic stimulation: Sites and mechanisms of Excitation. *J Neurol Neurosurg and Psychiat* 52: 1149-1156, 1989.
- 15) Schmid UD, Moller AR, Schmid J: Transcranial

- Magnetic Stimulation Excites The Labyrinthine Segment of The Facial Nerve: An Intraoperative Electrophysiological Study In Man. *Neuroscience letters* 124: 273-276, 1991.
- 16) 上野照剛: 磁気刺激の特性と安全性について. 電気学会計測・マグネティックスの合同研究会資料 IM-91-8, MAG-91-8: 65-74, 1992.
 - 17) 上野照剛: 磁界による神経刺激. 呼吸 10: 890-894, 1991.
 - 18) 辻 貞俊: 磁気刺激の安全性のまとめ. 日本生体磁気学会 5: 18, 1992.
 - 19) Pascual LA, Dhuna A, Roth BJ: Risk of burns during rapid-rate magnetic stimulation in presence of electrodes. *Lancet* 336: 1195-1196, 1990.
 - 20) Pascual LA, Gates JR, Dhuna A et al: Induction of speech arrest and counting errors with rapid-rate transcranial magnetic stimulation. *Neurology* 41: 697-702, 1991.
 - 21) 上野照剛: 生体磁気刺激の基礎と応用. *BME* 6: 42-50, 1992.
 - 22) Dhuna A, Gates J, Pascual LA: Transcranial magnetic stimulation in patients with epilepsy. *Neurology* 41: 1067-1071, 1991.
 - 23) Hufnagel A, Elger CE: Induction of seizures by transcranial magnetic stimulation in epileptic patients. *J Neurology* 238: 109-110, 1991.
 - 24) Hufnagel A, Elger CE, Klingmüller D et al: Activation of epileptic foci by transcranial magnetic stimulation: effects on secretion of prolactin and luteinizing hormone. *J Neurology* 237: 242-246, 1990.
 - 25) Counter SA, Borg E, Lofqvist L: Acoustic trauma in extracranial magnetic brain stimulation. *Electroenceph clin neurophysiol* 78: 173-184, 1991.
 - 26) Counter SA, Borg E, Lofqvist L et al: Hearing loss from the acoustic artifact of the coil used extracranial magnetic stimulation. *Neurology* 40: 1159-1162, 1990.
 - 27) Meyer BU, Britton TC, Benecke R: Investigation of unilateral facial weakness: magnetic stimulation of the proximal facial nerve and of the face-associated motor cortex. *J Neurology* 236: 102-107, 1989.
 - 28) 小池吉郎, 戸島 均: 顔面神経麻痺の検査. *JOHNS* 7: 159-170, 1991.
-
- なお、この論文の要旨は第22回日本脳波・筋電図学会総会にて発表した。
-
- (1993年1月8日受稿 1993年4月12日受理)
 別刷請求先 〒113 東京都文京区本郷2-1-1
 順天堂大学医学部耳鼻咽喉科学教室 山川卓也

A 96—1410—10521 日耳鼻 磁気刺激装置による顔面神経の検討 山川卓也・芳川 洋・桜井 淳・市川銀一郎（順大） 磁気刺激を用いて、顔面神経の複合筋活動電位、並びに Blink Reflex を記録した。対象は正常成人10名とベル麻痺2例。刺激部位は皮質運動野、側頭部、耳下部、三叉神経前頭枝眼窩上神経とした。正常例では磁気刺激においても複合筋活動電位の記録は可能であり、かつ側頭骨内、及び皮質も刺激可能であった。潜時は皮質刺激が最も長く、顔面神経の末梢へいく程短縮し、耳下部刺激が最も短かった。また Blink Reflex では電気刺激と同様に刺激と同側の R₁、両側の R₂ が出現した。ベル麻痺症例では反応の振幅は小さく、Blink Reflex では対側の R₂ のみが認められた。磁気刺激による中枢から末梢へ至る複合筋活動電位と Blink Reflex との併用により、顔面神経麻痺症例の病態の評価に有用と思われる。	A 96—1395—22484 日耳鼻 耳小骨離断症例の治療成績 ——非炎症性疾患を対象として—— 小笠原 眞・立木 孝・村井和夫・相上輝昭 金井 猛・小田島葉子（岩手医大） 非炎症性耳小骨離断17耳を対象として、術後の聴力経過、術後成績、手術方法について検討を加えた結果、1. 術前の聴力像は、60dB 程度の水平型が多く、高音障害漸傾型の2耳はキヌタ骨アブミ骨間に索状物による連結を認めた。2. 術後3週間以内の聴力改善は、低音域で31.8dB、中音域で22.7dB、高音域で12.9dBであった。3. 術後の聴力経過は、3週間以内、3カ月以内、6カ月以内、7カ月以上で著変を認めず、安定していた。4. 術後成績は、全例おおむね良好であったが、アブミ骨、特に底部とキヌタ骨間の連鎖再建術において改善傾向が少ない傾向を認めた。5. 再建材料による聴力予後の相違は認めなかったが、可能な限り生体材料を用いるべきである。
A 96—1417—23599 日耳鼻 成人の人工内耳適応症例の選択とその経験 柘山幹子・松浦宏司（宮崎医大） 1986年から1992年までに当科で人工内耳埋め込み手術の適応を検討された症例は61例で、そのうち7例（11.7%）が最終的に手術適応と判定された。適応症例の選択は次の検査ステップで行われた。問診、耳鼻咽喉科一般検査、純音聴力検査、補聴効果判定、呟角電気刺激検査、側頭骨 CT および MRI 検査である。検査と並行して、本人及び家族に対し人工内耳についての説明が行われた。 人工内耳には不適応とみなされた54例のうち28例は補聴器の適応であった。人工内耳についての説明の後に不適応とみなされた症例が21例あった。呟角電気刺激検査や画像検査が適応症例の選択に重要であることは言うまでもないが、実際にこれらの検査で不適応と判定された症例数は少なかった。	A 96—1404—20591 日耳鼻 感音性難聴における日本語音節の異聴の研究 小寺一興・赤井貞康・廣田栄子（帝京大） 三浦雅美・矢部 進（ソニー総合研究所） 感音性難聴患者180例を対象に、57S 語表による語音明瞭度検査の結果を検討した。異聴マトリックスを子音を無声子音、有声子音、鼻音に分けて作成した。次に、子音の出現頻度を57S 語表と日本語会話の間で比較検討した。日本語会話において出現頻度の高い子音は t, h, g, m, n であった。感音性難聴患者の異聴においては、t と h は k に、d は b r に、g は b d r に m に、n は m r に異聴した。感音性難聴の明瞭度の改善を試みる場合には、上記の異聴の改善を目標とすれば効率がよいと結論した。