

자기자극시 안면신경 활성화부위에 대한 전기생리학적 연구

연세대학교 의과대학 재활의학교실* 및 동래봉생병원 재활의학과

신 지 철* · 장 익 환 · 오 현 일

=Abstract=

Activation Site of Facial Nerve on Transcranial Magnetic Stimulation

Ji Cheol Shin, M.D.*, Ik Hwan Jang, M.D. and Hyeon Il Oh, M.D.

*Department of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine**,

Department of Rehabilitation Medicine, Dong Rae Bong Seng Hospital

In order to investigate the activation site of the facial nerve on the transcranial magnetic stimulation, we studied 113 patients with the hemifacial spasm from March 1994 to December 1995.

The abnormal muscle responses(AMR) of the involved side were measured with the antidromic electrical stimulation, the compound muscle action potentials(CMAP) of both sides were measured with the orthodromic electrical stimulation at the stylomastoid foramen and at the distal nerve branches, and the motor evoked potentials(MEP) of both sides were measured with the transcranial magnetic stimulation at the mentalis and the orbicularis oculi, respectively.

The measured latencies of the AMR were 8.69 msec from the mentalis and 9.10 msec from the orbicularis oculi, respectively. We calculated the latencies of the AMR using the latencies of the CMAP and those of the MEP to identify the origin of the MEP. The latencies of the calculated AMR were 6.10 msec from the mentalis and 6.23 msec from the orbicularis oculi. The differences between the measured and the calculated latencies of the AMR were statistically significant($p < 0.01$).

According to the above results, the actual activation site of the facial nerve on the transcranial magnetic stimulation seems to be the area distal to the origin of the AMR, possibly the labyrinthine segment.

Key Words: Transcranial magnetic stimulation, Activation site, Hemifacial spasm

서 론

자기자극을 이용한 안면 운동 유발전위는 신체적 접촉 없이 심부 뇌조직을 자극할 수 있고, Bell씨 안면마

비의 조기진단에 도움을 줄 수 있는 장점이 있어 많이 사용되고 있으며^{5,6,8,19,27,39}, 국내에서도 이등³⁾이 정상인과 안면마비 환자들을 대상으로, 그리고 신동¹⁾이 편측 안면 경련 환자들을 대상으로 보고하였다. 현재까지 자기자극을 이용한 안면 운동 유발전위시 흥분되는

부위에 대하여, 자발적 수축에 의하여 진폭이 증가하지 않고, 자극횟수나 빈도와 관계없이 일정한 반응을 측정할 수 있으므로, 안면신경핵의 원위부로 알려져 있는데^{24,34)}, 안면신경의 Root exit zone(REZ)이라고 주장하는 보고들^{9,18,35,37)}과 두개골내 미로(labyrinthine) 분절이라고 주장하는 보고들^{1,24,28,32,34)}이 있다.

그리고 Abnormal muscle response(AMR)은 편측 안면 경련 환자에서 관찰되는 특징적인 전기생리학적 소견인데, 안면신경의 한 분지를 역행성으로 자극하였을 때에 두개강내의 안면신경을 통하여 다른 분지가 분포하는 근육에서 나타나는 지연반응이다^{7,10,11,13,15,25)}. 이 AMR의 신경경로중 서로 다른 분지간의 전도가 발생하는 부위에 대하여 안면신경의 압박부인 REZ에서 Ephapses가 형성되어 전도된다는 주장^{14,29,31)}과 신경핵을 통하여 전도된다는 주장^{16,20~22)}이 있다.

한편 운동 유발전위시 측정되는 잠시는 중추 전도시간과 말초 전도시간을 포함한 것이므로, AMR 측정시 그 안면신경 가지가 분포하는 근육에서 복합근 활동전위의 잠시만 측정한다면 이론적인 AMR의 잠시 계산이 가능하다(Fig. 1).

이에 본 연구자들은 실제 측정된 AMR의 잠시와 안면 운동 유발전위 및 복합근 활동전위의 잠시를 이용하여 계산한 이론적 잠시를 비교함으로써, 자기자극시 활성화되는 안면신경의 부위를 확인하고자 본 연구를 시행하였다.

연구 대상 및 방법

1994년 3월부터 1995년 12월까지 편측 안면 경련

으로 전기진단 검사를 시행받은 113명을 대상으로 하였다. 이들은 모두 이학적 검사 및 일반 전기진단 검사에서 안면신경 손상의 증거는 없었으며, 환측에서만 편측 안면 경련의 전형적인 소견인 AMR과 involuntary synkinesis를 관찰할 수 있었다.

AMR의 측정은 이전에 시행하였던 신등²⁾과 이등⁴⁾의 방법에 의하여 각각 안면신경의 협골분지를 역행성으로 자극하여 이근에서, 하악골분지를 자극하여 안륜근에서 측정하였다. 동시에 협골분지 자극시 안륜근에서의 복합근 활동전위와 하악골분지 자극시 이근에서의 복합근 활동전위도 측정하였다.

자기자극을 이용한 운동 유발전위는 신등¹⁾과 이등³⁾의 방법으로 이근 및 안륜근에서 각각 측정하였으며, 이때 경유돌공 부위를 최대세기로 전기자극하여 복합근 활동전위를 기록하였다.

전기생리학적 검사는 Excel 근전도기(Cadwell Laboratories, Inc., Washington, U.S.A.)를 사용하였으며, 자기자극을 이용한 운동 유발전위는 MES-10과 9 cm 직경의 circular coil을 사용하였다.

그리고 운동 유발전위를 이용한 AMR의 이론적 잠시의 계산은 안륜근의 경우에는 안륜근과 이근에서 측정된 운동 유발전위의 잠시를 더한 값에 하악골분지의 전기자극시 측정된 이근의 복합근 활동전위의 잠시를 감한 값으로 하였으며, 이근의 경우에는 두 운동 유발전위의 잠시를 더한 값에 협골분지의 전기자극시 측정된 안륜근에서의 복합근 활동전위의 잠시를 감한 값으로 계산하였다(Fig. 2).

환측과 건측에서의 운동 유발전위와 복합근 활동전위의 비교와, 이론적 AMR의 잠시와 측정된 AMR의

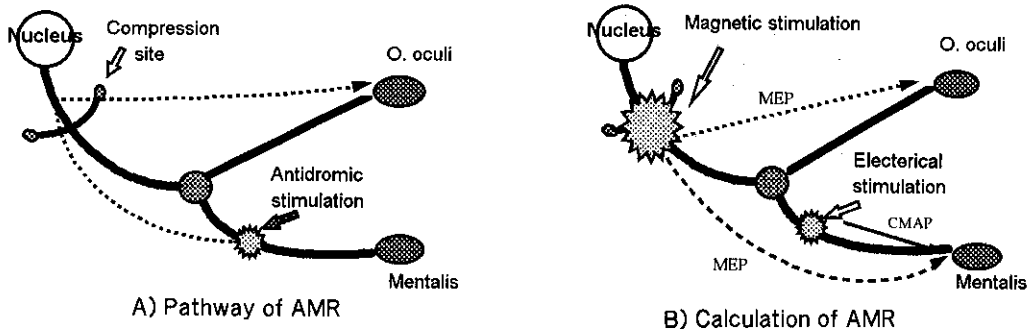


Fig. 1. Neural pathway and calculation of abnormal muscle response(AMR).

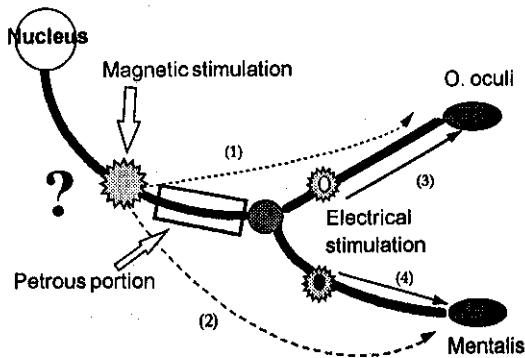


Fig. 2. Calculation of abnormal muscle response (AMR) at O. oculi and mentalis.

- (1) latency of MEP at Orbicularis(O) oculi
- (2) latency of MEP at mentalis
- (3) distal latency of CMAP at O. oculi on zygomatic br. stimulation
- (4) distal latency of CMAP at mentalis on mandibular br. stimulation

Calculated latency of AMR at the O. oculi
 $= (1) + (2) - (4)$

Calculated latency of AMR at the mentalis
 $= (1) + (2) - (3).$

Table 1. Latency and Amplitude of AMR

AMR	Latency(msec)	Amplitude(mV)
Mentalis	8.69 ± 1.00	2.14 ± 1.64
O. oculi	9.10 ± 0.98	0.39 ± 0.31

Values are given as mean and S.D.

잠시와의 비교는 paired t-test를 이용하여 통계학적 유의성을 검정하였으며, 유의성의 수준은 0.01 이하로 하였다.

결 과

1) 대상 환자 113명의 평균 연령은 49.9세이었으며, 여자가 84%로 남자보다 많았다(Fig. 3). 그리고 편측 안면 경련의 이환기간은 2개월에서 25년으로 평균 6.0년이었으며, 경련 부위는 좌측이 52.2%로 우측보다 약간 많았다.

2) 측정된 AMR의 평균 잠시는 이근에서 8.69

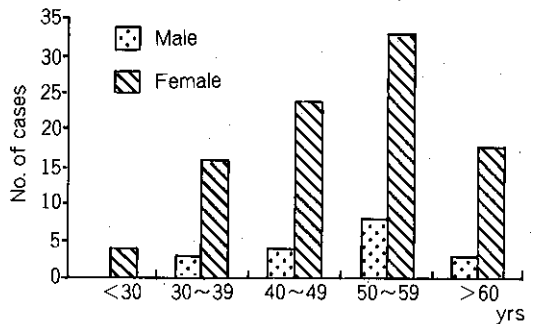


Fig. 3. Distribution of age and sex of the patients.

Table 2. Latency of CMAP and MEP of Normal and Affected Side

Latency(msec)	Normal	Affected
CMAP		
at mentalis	3.05 ± 0.34	3.03 ± 0.37
at orbicularis oculi	3.15 ± 0.33	3.10 ± 0.34
MEP		
at mentalis	4.32 ± 0.36	4.24 ± 0.38
at orbicularis oculi	4.33 ± 0.39	4.29 ± 0.46

Values are given as mean and S.D.

msec, 안륜근에서 9.10 msec이었으며, 평균 진폭은 각각 2.14 mV와 0.39 mV이었다(Table 1).

3) 환측에서 경유돌공 부위를 자극하여 구한 복합근 활동전위의 평균 잠시와 운동 유발전위의 평균 잠시는 이근과 안륜근에서 모두 견측과 유의한 차이가 없었다(Table 2).

4) 경유돌공 부위 자극시 구한 복합근 활동전위와 운동 유발전위의 평균 진폭은 이근에서만 견측에 비하여 환측에서 모두 유의한 감소가 있었다($p < 0.01$)(Table 3).

5) 운동 유발전위를 이용하여 계산한 이론적 AMR의 잠시는 이근 및 안륜근에서 각각 6.10 msec와 6.23 msec로 실제 측정된 AMR의 잠시보다 통계학적으로 유의하게 짧았다($p < 0.01$)(Table 4).

Table 3. Amplitude of CMAP and MEP of Normal and Affected Side

Amplitude(mV)	Normal	Affected
CMAP		
at mentalis	5.3±1.55*	4.8±1.41
at orbicularis oculi	2.8±0.48	2.7±0.88
MEP		
at mentalis	5.6±1.50*	5.1±1.47
at orbicularis oculi	2.6±0.84	2.6±0.99

Values are given as mean and S.D.

*p<0.01

Table 4. Comparison of Latency between Measured and Calculated AMR

AMR	Measured	Calculated	Difference
Mentalis	8.69±1.00*	6.10±0.68	2.59±1.01
O. oculi	9.10±0.98*	6.23±0.71	2.78±1.10

Values are given as mean and S.D.

*p<0.01

고찰

이근 및 안륜근에서 측정된 AMR의 잠시는 각각 8.69 msec와 9.10 msec로서, 이전의 연구 결과와 유사하였다^{2,4)}. 그리고 운동 유발전위의 경우에도 이근 및 안륜근에서 측정된 잠시는 건측과 비교하여 유의한 차이가 없었으며, 신등¹⁾의 결과와 일치하였다. 그러나 환측에서 측정된 운동 유발전위의 진폭은 이근에서만 건측과 유의한 차이를 보였고, 안륜근의 경우에는 환측에서 진폭 감소를 찾아볼 수 없었다. 이러한 결과는 아마도 건측의 안륜근에서 측정된 운동 유발전위의 진폭값이 평균 2.6 mV로서 비근에서 측정된 이등³⁾의 3.3 mV나 신등¹⁾의 4.2 mV보다 적었기 때문이라고 생각되며, 또한 비근에 비하여 안륜근에서의 측정이 부정확하기 때문이라고 생각된다^{3,35)}. 앞으로 지속적인 연구가 필요하다고 생각한다.

신등¹⁾은 건측에 비하여 환측에서의 안면 운동 유발

전위가 잠시의 변화없이 진폭의 감소만이 관찰되었기 때문에, 운동 유발전위시 활성화되는 부위는 편측 안면 경련의 병소부위보다 원위부인 안면신경의 미로분절이라고 주장하였으며, Schmid등³³⁾도 수술중 두개강내 안면신경의 여러 부위를 직접 자극하여 연구한 결과, 고진도성의 뇌척수액으로 쌓여 있다가 고저항성의 두개골로 이행되는 부위인 미로분절이 자기자극시 활성화되는 부위라고 주장하였으며, 편측 안면 경련 환자들을 대상으로 한 다른 연구들도 같은 주장을 하였다^{17,26)}. 그러나 Seki등³⁵⁾은 운동 유발전위와 복합근 활동전위와의 잠시 차이를 이용하여 신경 전도속도를 계산하였을 때, 경유돌공 부위에서 근위부로 약 8 cm의 거리에 위치하는 REZ을 활성화되는 부위로 주장하였으며, 수술중 REZ을 직접 자극하여 측정된 다른 연구들에서도 이 주장을 뒷받침하고 있다^{9,18,37)}.

본 연구에서는 운동 유발전위와 복합근 활동전위를 이용하여 이론적 AMR의 잠시를 계산하였으며, 실제

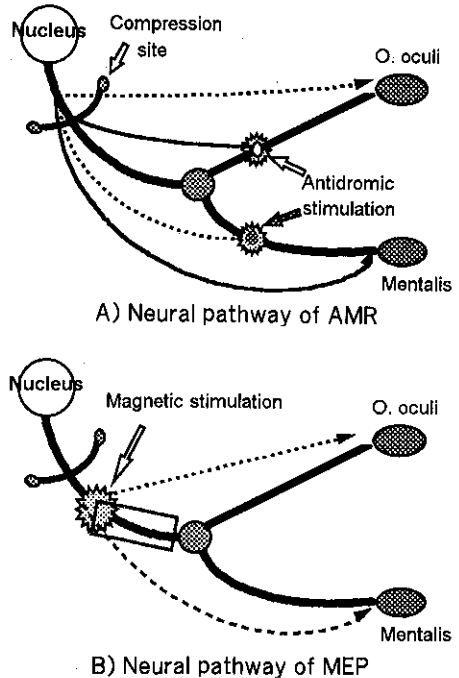


Fig. 4. Neural pathway of the abnormal muscle response(AMR) and motor evoked potentials(MEP).

측정한 AMR의 잠시와의 비교를 통하여 자기자극시 활성화되는 안면신경의 부위를 알아 보았다. 즉 이론적 잠시가 실제 측정한 AMR의 잠시보다 같거나 긴 경우에는 활성화되는 부위를 REZ 혹은 그 근위부로 생각할 수 있으며, 이론적 잠시가 측정한 잠시보다 짧은 경우에는 활성화되는 부위를 REZ의 원위부인 미로분절이라고 생각할 수 있을 것이다. 그 결과 이론적 잠시는 실제 측정치에 비하여 약 2.7 msec 정도 짧게 나왔으며, 따라서 AMR의 전도 경로가 안면신경이 직접적으로 압박을 받고 있는 부위인 REZ 혹은 그 근위부인 안면신경이라고 밝힌 이전의 연구 결과들^{12, 23, 30, 36, 38)}을 고려한다면, 실제 자기자극시 활성화되는 부위는 편측 안면 경련의 병소부위 이하인, 즉 안면신경의 미로분절이라고 생각되며 이전의 신등¹⁾의 주장과 일치한다고 볼 수 있다(Fig. 4).

그러나 이번 연구도 두개강내 안면신경핵이나 REZ을 직접 자기자극하여 측정한 결과가 아니라는 한계점이 있으므로, 앞으로 편측 안면 경련 환자들의 미세혈관 감압술시 직접적인 자기자극과 전기자극을 통하여 미로분절에서의 활성화에 대한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결 론

113명의 편측 안면 경련 환자들을 대상으로 전기생리학적 검사 및 자기자극을 이용한 안면 운동 유발전위 검사를 시행하여 다음의 결과를 얻었다.

1) 환측에서의 운동 유발전위의 평균 잠시는 이근 및 안륜근에서 모두 건측과 유의한 차이가 없었다.

2) 환측에서의 운동 유발전위의 평균 진폭은 이근에서만 건측에 비하여 통계학적으로 유의하게 감소하였다($p < 0.01$).

3) 운동 유발전위 및 복합근 활동전위를 이용하여 계산한 이론적 AMR의 잠시는 실제 측정된 AMR의 잠시보다 이근 및 안륜근에서 모두 유의하게 짧았다($p < 0.01$).

이상의 결과에서 자기자극을 이용한 안면 운동 유발전위 검사는 안륜근보다는 이근 및 비근에서의 측정이 정확하다고 생각하며, 자기자극시 활성화되는 부위는 안면신경의 미로분절이라고 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) 신지철, 장익환, 오현일: 편측 안면 경련 환자에서 자기자극을 이용한 운동유발 전위. 대한재활의학회지 1995; 19(4): 872-78
- 2) 신지철, 장익환, 오현일, 정의화, 이영희: 편측 안면 경련의 미세혈관 감압술시 수술중 감시의 의의와 추적관찰시의 변화. 대한재활의학회지 1995; 19(2): 309-318
- 3) 이영희: 경두개적 자기자극을 이용한 안면신경 전도검사. 대한재활의학회지 1992; 16: 168-174
- 4) 이영희, 전세일, 신정순: 편측안면경련의 전기 진단적 연구. 대한재활의학회지 1992; 16: 101-108
- 5) Agnew WF, McCreery DB: Considerations for safety in the use of extracranial stimulation for motor evoked potentials. Neurosurgery 1987; 20: 143-147
- 6) Amassian VE, Cadwell J, Cracco RQ, Maccabee PJ: Focal cerebral and peripheral nerve stimulation in men with the magnetic coil. J Physiol 1987; 390: 24P
- 7) Auger RG: Hemifacial spasm: Clinical and electrophysiologic observations. Neurology 1979; 29: 1261-1272
- 8) Barker AT, Jalinous R, Freeston IL, Jarratt A: Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system: An introduction and the results of an initial clinical evaluation. Neurosurgery 1987; 20: 100-9
- 9) Benecke R, Meyer BU, Schonle P, Conrad B: Transcranial magnetic stimulation of the human brain: Responses in muscles supplied by cranial nerves. Exp Brain Res 1988; 71: 623-32
- 10) Harper CM: AAEM case report #21: Hemifacial spasm: Preoperative diagnosis and intraoperative management. Muscle Nerve 1991; 14: 213-8
- 11) Holds JB, White GL, Thiese SM, Anderson RL: Facial dystonia, essential blepharospasm and hemifacial spasm. Am Family Physician 1991; 43: 2113-2120
- 12) Hopf HC, Lowitzsch K: Hemifacial spasm: Location of the lesion by electrophysiological means. Muscle Nerve 1982; 5: S84-S88
- 13) Jannetta PJ: Hemifacial spasm. Neurol Neurosurg Update Series 1982; 3(8): 1-7
- 14) Kim P, Fukushima T: Observations on synkine-

- sis in patients with hemifacial spasm: Effect of microvascular decompression and etiological considerations. *J Neurosurg* 1984; 60: 821-827
- 15) Kimura J: *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: Principles and practice*, 2nd ed, F. A. Davis Company, Philadelphia, 1989, pp 566-67
 - 16) Laskawi R, Damenz W, Roggenkamper P, Schroder M, Braunesis J: *The effect of Botulinum toxin on hemifacial spasm: An electrophysiologic investigation*. *Ear Nose Throat J* 1990; 69: 704-17
 - 17) Laskawi R, Damenz W, Roggenkamper P, Schroder M, Braunesis J: *Magnestimulation bei patienten mit hemispasmus facialis*. *Laryngo-Rhino-Otol* 1990; 69: 237-41
 - 18) Maccabee PJ, Amassian VE, Cracco RQ, Cracco CJ, Anziska BJ: *Intracranial stimulation of facial nerve in human with the magnetic coil*. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988; 70: 350-54
 - 19) 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 Neurol* 1989; 236: 102-7
 - 20) Møller AR: *Interaction between the blink reflex & the abnormal muscle response in patients with hemifacial spasm: Results of intraoperative recordings*. *J Neurol Sci* 1991; 101: 114-123
 - 21) Møller AR: *The cranial nerve vascular compression syndrome: II. A review of pathophysiology*. *Acta Neurochir* 1991; 113: 24-30
 - 22) Møller AR, Jannetta PJ: *Physiological abnormality in hemifacial spasm studied during microvascular decompression operations*. *Exp Neurol* 1986; 93: 584-600
 - 23) Møller AR, Sen CN: *Recordings from the facial nucleus in the rat: Signs of abnormal facial muscle response*. *Exp Brain Res* 1990; 81: 18-24
 - 24) Murray NMF, Hess CW, Mills KR, Schriefer TN, Smith SJM: *Proximal facial nerve conduction using magnetic stimulation*. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1987; 66: S71
 - 25) Nielsen VK: *Electrophysiology of the facial nerve in hemifacial spasm: Ectopic/ephaptic excitation*. *Muscle Nerve* 1985; 8: 545-555
 - 26) Oge AE, Yazici J, Boyaciyan A, Tanyeri S, Celik M, Konyalioglu R, Baslo A: *Magnetic stimulation in HFS and post-facial palsy synkinesis*. *Muscle & Nerve* 1993; 16: 1154-60
 - 27) Rimpilainen I, Eskola H, Hakkinen V, Karma P: *Transcranial facial nerve stimulation by magnetic stimulator in normal subjects*. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1991; 31: 259-63
 - 28) Rosler KM, Hess CW, Schmid UD: *Investigation of facial motor pathways by electrical and magnetic stimulation: Sites and mechanisms of excitation*. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1989; 52: 1149-56
 - 29) Roth G, Magistris MR, Pinelli P, Rilliet B: *Cryptogenic hemifacial spasm: A neurophysiological study*. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1990; 30: 361-370
 - 30) Saito S, Møller AR: *Chronic electrical stimulation of the facial nerve causes signs of facial nucleus hyperactivity*. *Neurol Res* 1993; 15: 225-231
 - 31) Sanders DB: *Ephaptic transmission in hemifacial spasm: A single-fiber EMG study*. *Muscle Nerve* 1989; 12: 690-694
 - 32) Schmid UD, Møller AR, Schmid J: *Transcranial stimulation of the facial nerve: Intraoperative study on the effect of stimulus parameters on the excitation site in man*. *Muscle Nerve* 1992; 15: 829-36
 - 33) Schmid UD, Møller AR, Schmid J: *Transcranial magnetic stimulation excites the labyrinthine segment of the facial nerve: An intraoperative electrophysiological study in man*. *Neurosci Lett* 1991; 124: 273-76
 - 34) Schriefer TN, Mills KR, Murray NMF, Hess CW: *Evaluation of proximal facial nerve conduction by transcranial magnetic stimulation*. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988; 51: 60-66
 - 35) Seki Y, Krain L, Yamada T, Kimura J: *Transcranial magnetic stimulation of the facial nerve: Recording technique and estimation of the stimulated site*. *Neurosurgery* 1990; 26: 286-90
 - 36) Sood S, Vyas L, Taori GM: *Hemifacial spasm: Early postoperative normalization of blink reflex latency*. *Br J Neurosurg* 1993; 7: 407-411
 - 37) Tokimura H, Yamagami M, Tokimura Y, Asakura T, Atsuchi M: *Transcranial magnetic stimulation excites the root exit zone of the facial nerve*. *Neurosurgery* 1993; 32: 414-6

38) Valls-Sole J, Tolosa ES: *Blink reflex excitability cycle in hemifacial spasm. Neurology* 1989; 39: 1061-1066

39) Windmill IM, Martnez SA, Shields CB,

Paloheimo M: *Magnetically evoked facial nerve potential. Otolaryngol Head Neck Surg* 1989; 100: 345-472
