

## 요수부 신경근병변에서 자기자극에 의한 운동유발전위의 진단적 유용성

연세대학교 의과대학 재활의학교실

박은숙 · 박창일 · 송주원 · 임길병 · 박승현

= Abstract =

### The Diagnostic Value of Magnetic Stimulation in the Lumbar Radiculopathy

Eun Sook Park, M.D., Chang Il Park, M.D., Ju Won Song, M.D.  
Kil Byung Lim, M.D. and Seung Hyun Park, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine

The magnetic stimulation of the brain and nerve root was performed on 27 normal healthy person and 17 patients with fifth lumbar radiculopathy. The motor evoked potentials were recorded bilaterally by surface electrodes applied to the tibialis anterior, peroneus longus, gastrocnemius, and abductor hallucis. Mean peripheral and central motor conduction time in tibialis anterior and peroneus longus was significantly prolonged in lesion side of patient group. This study was concluded that magnetic stimulation of the brain and nerve root is an effective and painless technique for the evaluation of nerve root lesion.

**Key Words:** Lumbar radiculopathy, Magnetic stimulation, Motor evoked potential

### 서 론

1985년 Barker등이 자기자극으로 대뇌피질을 자극하여 운동유발전위를 측정할 이후 자기자극을 이용한 검사의 실용화가 가능하게 되었다<sup>7)</sup>. 자기자극을 주게 되면 구리코일을 통해서 지속적인 변화를 하는 자기장을 생성하게 되며 이는 조직에서 전기장으로 변화하여 그 양이 적당한 강도와 시간에 도달하면 일반적인 전기자극처럼 신경의 탈분극을 일으키게 된다. 이러한 자기자극은 비침습적 검사로서 자기자극에 의한 전류는 피부부위에서는 미약하게 형성되어 동통수용체를

자극하지 않으므로 통증이 거의 없으며, 저항이 큰 피부나 뼈등을 통과하면서도 자기자극에 의해 형성된 전류가 거의 약화되지 않으므로 운동중추나 심재성 말초 신경검사, 특히 근위부 신경근 및 신경총의 검사에 유용하다<sup>6,17)</sup>.

자기자극을 이용한 운동유발전위검사는 운동신경원 질환<sup>15,19)</sup>, 다발성 경화증<sup>17)</sup>, 척수의 병변<sup>2,12,21)</sup>, 뇌졸중<sup>4)</sup>의 진단 및 평가와 더불어 기능적 회복의 예후를 예측하는데 널리 이용되고 있다. 이에 저자들은 요수부 신경근병변이 있는 환자에게서 자기자극을 이용하여 대뇌피질과 요추부를 자극하여 말초운동전도시간 및 중추운동전도시간을 측정하여 요수부 신경근병변에서 자

기자극에 의한 운동유발전위의 진단적 유용성을 알아 보고자 한다.

## 대상 및 방법

연구대상은 1994년 5월부터 1994년 8월까지 연세대학교 의과대학 세브란스병원 재활의학과에 내원한 요통환자중 요추부 신경근병변이 의심되는 증상과 증후를 나타내고 침근전도에서 요추부근육 및 제5요수 신경근이 분포되는 하지 근육에서 Kimura에 의한 Grade 2 이상의 비정상 자발전위가 관찰되어 제5요수 신경근병변 소견을 보인 환자 17명을 대상으로 하였고, 이 중 남자가 10명, 여자가 7명이었다. 대조군으로는 신경근육계 질환이 없는 정상 성인 27명(남자 16명, 여자 11명)을 대상으로 하였다. 검사기기는 Medelec magnetic stimulator를 사용하였으며, 원형의 자기자극 코일의 직경은 13 cm 이었고 최대자극의 강도는 코일의 중심에서 2 Tesla 였다. 자기자극은 최대강도 80%에서 시작하여 100% 까지 운동유발전위의 진폭이 더 이상 커지지 않을 때까지 증가시켰으며, 4~5번의 반복적인 반응중에서 잠시가 가장 짧고, 진폭이 가장 큰 유발전위를 기록하였다. 반응의 잠시는 자극점에서 활동전위의 시작전까지로 하였다. 이때 운동유발전위를 facilitation하기 위해서 피검자로 하여금 측정하고자 하는 근육을 약간 수축하도록 하였다. 검사시 대상자는 침대에 편안하게 앉게 하였으며 두정부를 자극시에는 acoustic artifact에 의해 나타날지도 모르는 청력손실을 예방하기 위하여 earplug를 착용시켰다. 운동유발전위는 전경골근, 장비골근, 비복근 및 무지외전근에서 기록하였는데 표면 기록전극은 측정하고자 하는 근육의 근복과 건에 부착하였으며, 두정부를 자극하여 운동유발전위를 얻고자 할때는 대뇌중앙에서 앞으로 이동하면서 최대의 반응이 나올때까지 자극하였다. 요추부를 자극할 때는 자기자극 코일을 척추의 가운데에 위치시키면서 일괄적이고 최대의 반응이 나올 때까지 위아래로 조금씩 이동하면서 자극하여 말초운동전도시간을 구하였다. 중추운동전도시간은 두정부를 자극하여 얻은 운동유발전위의 잠시에서 척추부를 자극하여 얻은 잠시의 차이로 하였다. 또한 양측 하지에서 모두 운동유발전위를 구해서 양측전도시간의 차이를 구하였다.

대조군과 환자군에서 얻은 잠시의 각 측정치를 independent t-test로 검정하였다.

## 연구 결과

1) 환자군의 평균 나이는 36.69세, 신장은 168.44 cm, 하지길이는 92.88 cm로 대조군과 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 1).

2) 전경골근, 장비골근에서 기록한 말초 운동전도시간은 대조군에서 13.24 msec, 13.30 msec이었고 환자군의 환측에서는 14.76 msec, 15.24 msec로 두 군간에 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 비복근, 무지외전근에서 기록한 말초 운동전도시간은 대조군에서 14.67 msec, 21.99 msec 이었고 환자군의 환측은 15.64 msec, 22.07 msec로 대조군과 환자군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

3) 전경골근, 장비골근에서 기록한 중추 운동전도시

Table 1. Characteristics of Control and Patient Group

|                 | Control group<br>(n=27) | Patient group<br>(n=17) |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| Age(years)      | 36.52±14.61             | 36.69±13.26             |
| Height(cm)      | 165.59±7.94             | 168.44±8.96             |
| Limb length(cm) | 90.87±5.27              | 92.88±6.40              |

Values are mean ± standard deviation.

Table 2. Results of Peripheral Motor Conduction Time in Examined Muscles

| Muscles          | Control group<br>(msec) | Patient group         |                       |
|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                  |                         | Normal side<br>(msec) | Lesion side<br>(msec) |
| TA <sup>1</sup>  | 13.24±1.04              | 13.30±1.20            | 14.76±1.86*           |
| PL <sup>2</sup>  | 13.30±1.00              | 13.42±0.86            | 15.24±2.26*           |
| GCM <sup>3</sup> | 14.67±1.41              | 14.71±0.70            | 15.64±1.98            |
| AH <sup>4</sup>  | 21.99±1.00              | 22.43±0.72            | 22.07±1.46            |

Values are mean ± standard deviation.

1. Tibialis anterior, 2. Peroneus longus

3. Gastrocnemius, 4. Abductor hallucis

\* $p < 0.05$

간은 대조군에서 12.68 msec, 13.74 msec이었고 환자군의 환측에서는 14.68 msec, 15.53 msec로 두 군간에 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 비복근, 무지외전근에서 기록한 중추 운동전도시간은 대조군에서 14.11 msec, 15.49 msec이었고 환자군의 환측은 14.73 msec, 16.18 msec로 대조군과 환자군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3).

**Table 3.** Results of Central Motor Conduction Time in Examined Muscles

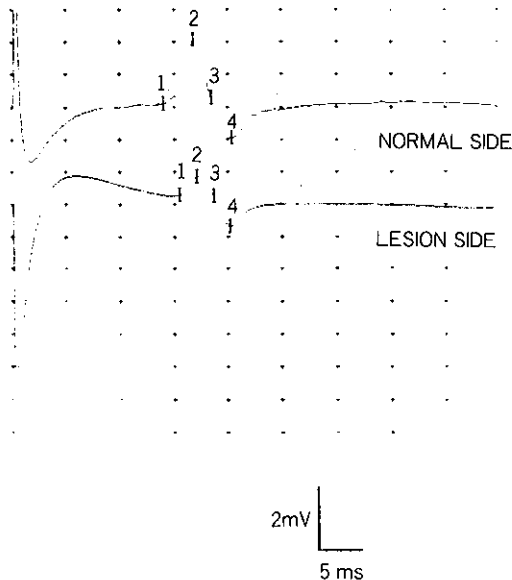
| Muscles          | Control group (msec) | Patient group      |                    |
|------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
|                  |                      | Normal side (msec) | Lesion side (msec) |
| TA <sup>1</sup>  | 12.68±1.95           | 12.88±1.32         | 14.68±2.06*        |
| PL <sup>2</sup>  | 13.74±1.61           | 13.94±1.77         | 15.53±2.62*        |
| GCM <sup>3</sup> | 14.11±1.41           | 14.89±1.62         | 14.73±2.71         |
| AH <sup>4</sup>  | 15.49±1.25           | 15.77±1.92         | 16.18±1.74         |

Values are mean ± standard deviation.

1. Tibialis anterior, 2. Peroneus longus

3. Gastrocnemius, 4. Abductor hallucis

\* $p < 0.05$



**Fig. 1.** Motor evoked potentials with spinal stimulation are recorded from peroneus longus on normal and lesion sides.

**Table 4.** Side to side Interlatency Difference in Peripheral Motor Conduction Time

| Muscles          | Control group (msec) | Patient group (msec) |
|------------------|----------------------|----------------------|
| TA <sup>1</sup>  | 10.6±1.21            | 2.69±1.68*           |
| PL <sup>2</sup>  | 0.71±0.97            | 2.94±1.37*           |
| GCM <sup>3</sup> | 0.98±0.80            | 1.78±1.17            |
| AH <sup>4</sup>  | 0.88±0.57            | 1.50±1.19            |

Values are mean ± standard deviation.

1. Tibialis anterior, 2. Peroneus longus

3. Gastrocnemius, 4. Abductor hallucis

\* $p < 0.05$

**Table 5.** Side to side Interlatency Difference in Central Motor Conduction Time

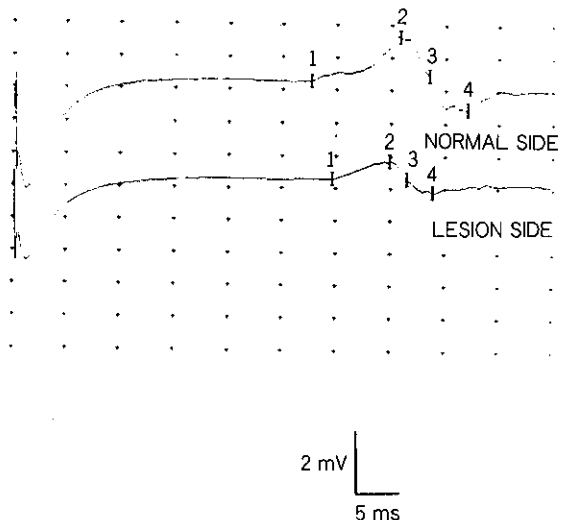
| Muscles          | Control group (msec) | Patient group (msec) |
|------------------|----------------------|----------------------|
| TA <sup>1</sup>  | 0.68±0.58            | 1.65±1.21*           |
| PL <sup>2</sup>  | 0.90±0.95            | 2.25±1.69*           |
| GCM <sup>3</sup> | 1.67±1.85            | 1.39±1.29            |
| AH <sup>4</sup>  | 1.86±2.57            | 1.08±1.07            |

Values are mean ± standard deviation.

1. Tibialis anterior, 2. Peroneus longus

3. Gastrocnemius, 4. Abductor hallucis

\* $p < 0.05$



**Fig. 2.** Motor evoked potentials with cortical stimulation are recorded from peroneus longus on normal and lesion sides.

4) 전경골근, 장비골근에서 기록한 양측 말초운동전도시간의 차이는 대조군에서 1.06 msec, 0.71 msec 이었고 환자군은 2.69 msec, 2.94 msec로 환자군의 환측에서 유의하게 지연되었다( $p < 0.05$ ).

5) 전경골근, 장비골근에서 기록한 양측 중추운동전도시간의 차이는 대조군에서 0.68 msec, 0.90 msec 이었고 환자군은 1.65 msec, 2.25 msec로 환자군의 환측에서 유의하게 지연되었다( $p < 0.05$ ).

## 고 찰

요천수신경근 병변을 진단하는데는 현재 침근전도와 비골, 경골신경의 F파검사, 가자미근에서 기록한 H 반사검사등이 사용되고 있다<sup>14,20</sup>. 최근에 자기자극을 이용한 운동유발전위검사의 요수신경근 병변의 진단적 유용성에 대한 연구가 보고되었는데 이 검사는 비침습적 검사이며 통증유발이 거의 없는 장점외에도 하지근육의 대부분에서 비교적 쉽게 운동유발전위가 유발되어 다양한 요천수부 신경근 및 신경총의 평가가 가능하다.

신경근 병변에서 자기자극에 의한 운동유발전위검사의 진단적 의의는 여러 저자들에게 의해 연구되어 왔다. Schokroverty등<sup>22</sup>은 요수신경근 병변이 있는 환자에게 요천추부를 자기자극하여 운동유발전위를 구해서 양측 전도시간에 차이가 있음을 확인하여 진단적 의의가 있다고 하였고, Christian등<sup>11</sup>은 정상인과 신경근 병변이 있는 환자에게 모두 자기자극에 의한 운동유발전위를 구하여 정상군의 평균치에 3배의 표준편차를 더한 값보다 길어지면 의미있는 소견으로 평가하여 42명 환자군중 29명(69%)에서 비정상소견을 보였다. 또한 침근전도와와 상관관계에서 신경근병변을 진단하는데 민감도는 침근전도의 양성율 60%와 차이가 없다고 하였다. 본 연구에서도 대조군과 환자군에서 운동유발전위를 구한 결과 본 연구의 대상인 제 5 요수 신경근병변이 있는 환자군에서 대뇌피질과 요천추부에서 자극시 제 5 요수신경근이 분포하는 전경골근과 장비골근에서 유발된 운동유발전위의 잠시가 대조군에 비하여 유의하게 길어져 있었으나 비복근과 무지의전근은 정상대조군에 비하여 의미있는 차이를 보이지 않았다. 이상의 결과로 보아 자기자극을 이용한 검사법이 신경근병변을 진단하는데 유용성이 있다는 다른 보고들과

일치된 결론을 얻었다. Schokroverty등<sup>22</sup>은 제 5 요수 신경근을 평가하기 위해서 전경골근을 사용하였고, 제 1 천수 신경근을 평가하기 위해서 가자미근을 사용하여 요천추부자극시 얻어지는 양측운동유발전위의 차이가 평균값에 2.5배 표준편차를 더한값 이상 차이가 나면 진단에 의의를 두고 제 5 요수와 제 1 천수 신경근 병변을 구별하였다.

대뇌와 척추부위를 자기자극하면 신경의 어느부위가 자극되어 반응이 유발되는가에 대해서는 아직 정확히 밝혀지지 않았다. Hess등<sup>17</sup>은 대뇌의 자기자극은 개재뉴론을 통해 추체세포를 자극한다고 하였으며 Amassian등<sup>5)</sup>이나 Berardelli등<sup>8)</sup>은 측정근육을 적당히 수축하고 알맞은 위치로 조절된 코일로 강하게 자극을 주게되면 피질척수로를 직접 자극할 수 있다고 하였다. 척추부의 자기자극은 척수의 운동신경원을 직접 자극할 수 없으며 말초신경의 근위부를 자극한다고 하였다<sup>11</sup>. 그러므로 자기자극에 의한 중추운동전도시간은 피질척수로를 통한 전도시간 이외에도 대뇌피질 운동신경원에서 충동을 유발하는 시간, 말초신경의 가장 근위부를 통한 전도시간의 합을 의미한다고 하였다<sup>11</sup>. 따라서 추간관이 후외측으로 탈출하여 신경근의 병변이 신경공 내측에 위치하게 되면 중추운동전도시간이 연장될 수 있다. 본 연구에서도 17명의 환자군중에서 컴퓨터 단층촬영을 시행한 경우가 10명이 있었는데 이 중 후외측 탈출을 보인 경우가 6명이었다.

컴퓨터 단층촬영상에서 4명에서 신경근압박이 있었는데 이 경우는 모두 중추나 말초운동전도시간에 이상이 있었으며 신경근압박이 없었던 6명에서는 2명(33.3%)에서만 중추나 말초운동전도시간에 이상이 있었다. 본 연구에서는 대상자의 수가 너무 적었던 제한점이 있으나 비교적 컴퓨터단층촬영검사와 자기자극검사는 일치되는 소견을 보였고 이는 Christian등이 조사한 결과와 유사하였다<sup>11</sup>. 앞으로 더 많은 환자를 대상으로 자기자극검사소견과 컴퓨터단층촬영소견과의 연관관계가 연구되어야 할 것으로 사료된다.

자기자극에 의한 운동유발전위에서 진폭에 관해서는 Schokroverty등<sup>22</sup>은 신경근병변이 있는 환자에서 유의하게 감소되었다고 하였으나 Schriever등<sup>23</sup>은 운동신경원 환자에서 유발전위의 진폭이 M파에 대해서 15%이하면 비정상으로써 조사해본 결과 잠시보다 비정상으로써 나타나는 경우가 적었다고 하였다. 또한

운동중추의 자극시 유발전위의 진폭은 측정근육의 수축정도, 자극의 강도 및 코일의 위치등에 따라 변화가 심하였다는<sup>2)</sup> 보고가 있어 본 연구에서는 진폭은 진단 기준으로 설정하지 않았다.

근력의 변화와 자기자극에 의한 운동유발전위의 관계를 살펴보면 Christian등<sup>11)</sup>은 42명의 신경근 병변 환자를 조사한 결과 근력약화가 있었던 26명중 24명에서 유발전위의 잠시가 길어졌고 근력약화가 없었던 16명에서는 5명만이 잠시가 길어졌다. 본 연구에서도 근력약화가 있었던 경우는 8명이었는데 이 중 7명에서 잠시가 길어졌으나 근력약화가 없었던 9명에서는 5명만이 잠시가 길어졌다. 그러나 본 연구에서는 조사 대상수가 적어서 통계적 유의성을 조사하지 못하였다. 그러므로 향후 이 점에 대해서 더 많은 수의 환자를 대상으로 연구가 이루어져야 한다고 생각한다.

자기자극에 의한 운동유발전위는 신경근병변을 찾아내는데 침근전도와 다른 신경병리기전을 가지고 있다. 즉 자기자극은 신경근의 탈수초화를 기초로 하고 있는데 반하여 침근전도는 축색의 퇴행을 기초로 하고 있으므로<sup>11)</sup> 서로 보완적인 진단방법이 될 수 있을 것이라고 사료된다.

결론적으로 자기자극에 의한 운동유발전위검사는 비침습적검사로서 신경근병변을 진단하는데 있어서 통증에 예민하거나, 혈액의 응고장애가 있어서 침근전도를 시행하기 힘든 환자에게서 신경근병변을 진단하는데 유용할 뿐 아니라 다른 신경생리적 원리를 기초로하는 진단방법으로 침근전도를 보완할 수 있다고 생각된다.

## 결 론

신경학적으로 이상이 없는 정상성인 27명과 침근전도상 제 5 요수 신경근병변을 보인 환자 17명을 대상으로 전경골근, 장비골근, 비복근 및 무지외전근에서 자기자극에 의한 운동유발전위검사를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 대조군에서 전경골근, 장비골근, 비복근 및 무지외전근의 평균 말초운동전도시간은 13.24, 13.30, 14.67 및 21.99 msec이었고, 평균 중추운동전도시간은 12.68, 13.74, 14.11 및 15.49 msec이었다.

2) 환자군에서 전경골근과 장비골근의 평균 말초운동전도시간은 14.76, 15.24 msec이었고, 평균 중추운

동전도시간은 14.68, 15.53 msec로 대조군에 비해 유의하게 길어졌다( $p < 0.05$ ).

3) 환자군에서 비복근과 무지외전근의 평균 말초운동전도시간은 15.64, 22.07 msec이었고, 평균 중추운동전도시간은 14.73, 16.18 msec로 대조군에 비해 유의한 차이를 보이지 않았다.

4) 환자군에서 전경골근과 장비골근의 양측 말초운동전도시간의 차이는 2.69, 2.94 msec이었고, 양측 중추운동전도시간의 차이는 1.65, 2.25 msec로 대조군에 비해 유의하게 길어졌다( $p < 0.05$ ).

이상의 결과로 보아 자기자극에 의한 운동유발전위검사는 침근전도에 비해 비침습적이고 신경근병변의 진단에 유용성이 있다고 생각하며, 앞으로 여러 경우의 신경근병변에 대한 연구와 신경근병변의 진단적 기준을 결정하기 위한 연구가 이루어져야 한다고 생각한다.

## 참 고 문 헌

- 1) 손민균, 문재호, 송주원, 박동식: 자기자극에 의한 운동유발전위에 대한 연구. 대한재활의학회지 1991; 15: 278-286
- 2) 손민균, 문재호: 경부 척추증 환자에서 자기자극에 의한 운동유발전위 검사의 진단적 의의. 대한재활의학회지 1992; 16: 390-398
- 3) 이원영, 이규호: 운동신경계의 central conduction time에 관한 연구. 대한의학협회지 1990; 33: 437-442
- 4) 황연미, 정봉: 정상과 허혈성뇌졸중 환자에서 운동유발전위에 대한 연구. 대한신경과학회지 1989; 7: 266-275
- 5) Amassian UE, Cracco RQ, Maccabee PJ: Focal stimulation of human cortex with the magnetic coil: A comparison with electrical stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1989; 74: 401-406
- 6) Barker AT, Freeston IL, Jalinous R, Jarratt JA: Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system; An introduction and the results of an initial clinical evaluation. *Neurosurgery* 1987; 20: 100-109
- 7) Barker AT, Jalinous R: Noninvasive magnetic stimulation of human cortex. *Lancet* 1985; 1106-1107

- 8) Berardelli A, Inghilleri M, Cruccu G, Mercuri B, Manfredi M: *Electrical stimulation in patients with corticospinal damage due to stroke or motor neuron disease. Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991; 81: 389-396
- 9) Braddom RL, Johnson EW: *Standardization of H reflex and diagnostic use in S1 radiculopathy. Arch Phys Med Rehabil* 1974; 55: 161-166
- 10) Britton TC, Meyer BU, Benecke R: *Variability of cortically evoked motor responses in multiple sclerosis. Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991; 81: 186-194
- 11) Christian B, Bernd-Ulrich M, Jochen M, Bastian C: *The value of magnetic stimulation in the diagnosis of radiculopathy. Muscle Nerve* 1993; 16: 154-161
- 12) Dvorak J, Herdmann J, Janssen B, Theiler R, Grob D: *Motor evoked potentials with cervical spinal disorders. Spine* 1990; 15: 1013-1016
- 13) Eisen A, Schomer D, Melmed C: *An electrophysiological method for examining lumbosacral root compression. Can J Neurol Sci* 1977; 4: 117-123
- 14) Eisen A, Shtybel W: *AAEM minimonograph # 35: Clinical experience with transcranial magnetic stimulation. Muscle Nerve* 1990; 13: 995-1011
- 15) Eisen A, Shtybel W, Murry K, Hoirch M: *Cortical magnetic stimulation in amyotrophic lateral sclerosis. Muscle Nerve* 1990; 13: 146-151
- 16) Epstein CM, Fernandez-Beer E, Weissman JD, Matsuura S: *Cervical magnetic stimulation: the role of the neural foramen. Neurology* 1990; 13: 414-420
- 17) Evans BA, Litchy WJ, Daube JR: *The utility of magnetic stimulation for routine peripheral nerve conduction studies. Muscle Nerve* 1988; 11: 1074-1078
- 18) Hess CW, Mills KR, Murray NMF: *Measurement of central motor conduction in multiple sclerosis by magnetic brain stimulation. Lancet* 1986; 33: 36
- 19) Hugon J, Lubeau M, Tabaraud F, Chazot F, Vallat M, Dumas M: *Central motor conduction in motor neuron disease. Ann Neurol* 1987; 22: 544-546
- 20) Kimura J: *Electro diagnosis in disease of nerve and Muscle: Principles and Practice. Philadelphia, F.A. Davis, 1983, pp 353-378*
- 21) Noordhout AM, Remache JM, Pepin JL, Born JD, Delwaide PJ: *Magnetic stimulation of the motor cortex in cervical spondylosis. Neurology* 1991; 41: 75-80
- 22) Schokroverty, Rsachdeo, Jdilulio, Rcduvoisin: *Magnetic stimulation in the diagnosis of lumbosacral radiculopathy. J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1989; 52: 767-772
- 23) Schriefer TN, Hess CW, Mills KR, Murray NMF: *Central motor conduction studies in motor neuron disease using magnetic brain stimulation. Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1989; 74: 431-437