

경추의 다발성 신경근증에서 수술 부위 결정 시 진단 도구의 유용성: 이학적 소견, 자기 공명 영상, 근전도의 비교

Usefulness of Diagnostic Tools in Determining the Operation Level in Multi-level Cervical Radiculopathy: Comparison between Physical Findings, MRI, and EMG

박봉주 • 최병완 • 송경진* • 박 철

광주보훈병원 정형외과, *전북대학교 의학전문대학원 정형외과학교실, 의과학연구소

목적: 경추의 다발성 신경근증 환자에서 술 전 시행한 이학적 소견, 자기 공명 영상 소견, 근전도 검사 결과와 수술 소견의 비교를 통해 각 진단 도구의 유용성을 확인해 보고자 하였다.

대상 및 방법: 다발성 신경근증 36예를 대상으로 각각 경추 4, 5, 6, 7, 8 중 180분절을 분석하였다. 수술 전 시행한 이학적 소견과 근전도, 자기 공명 영상 소견(MRI)에 대하여 병변이 있는 것으로 판정된 분절을 양성, 그 외 분절을 음성으로 구분하여 수술시야 상 병변이 확인된 표준 값(gold standard)을 기준으로 각 진단도구의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도 및 진단도구 간 상관관계를 분석하였다.

결과: 각 진단 방법 별 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도는 이학적 소견 중 감각 이상에서 37%, 86%, 60%, 72%, 근력 저하에서 62%, 88%, 78%, 78%, 근전도 47%, 87%, 70%, 71%, MRI에서 91%, 86%, 81%, 93%로 MRI에서 높은 값을 보였다. 각 진단 방법 간의 상관관계 상 모든 진단도구가 서로 의미 있는 상관관계를 보였으며 수술 소견과 MRI가 0.766으로 가장 높았다.

결론: 경추의 다발성 신경근증에서 수술 범위 결정에 이학적 소견에 기초한 자기 공명 영상이 가장 유용한 방법으로 확인되었으며, 근전도의 경우 민감도가 낮아 임상적 적용 시 이에 대한 주의가 필요할 것으로 생각된다.

색인단어: 경추, 다발성 신경근증, 진단 도구, 유용성

서 론

경추의 신경병증은 동반된 추간판 탈출이나 골극에 의한 신경근의 자극과 압박에 의해 발생할 수 있으며 특히 퇴행성 질환에 동반된 경우 다분절에 병변이 나타날 수 있다. 다분절 병변을 동반한 다발성 신경근증의 경우 증상을 유발하는 주된 부위를 결정하여 치료 범위를 결정하는 것은 쉽지 않다. 병변 부위의 확인을 위한 진단 방법으로 방사통과 감각 이상 부위의 확인, 근력이 약화된 부위 확인, 건 반사 이상 부위 등을 확인하는 이학적 검사 방법

과 단순 방사선 사진, 전산화 단층 촬영, 자기공명영상 검사(MRI) 등 방사선학적 검사법이 있다. 이에 추가로 증상을 유발하는 병변 부위를 보다 명확히 파악하기 위해 근전도 검사를 시행하기도 한다. 현재 MRI는 신경근과 주변의 구조물을 명확하게 보여주어 신경근증이 의심된 환자에서 일차적 진단도구로 사용되고 있으며 근전도 검사는 신경근 자체의 생리적 상태를 측정할 수 있어서 전기적 검사에서는 주요한 방법으로 사용되고 있다. 하지만 MRI는 임상적 증상과 관련 없는 구조적 이상을 보이는 경우가 많고,¹⁾ 근전도 검사는 초기에 시행하거나 미약한 감각 이상의 경우에 음성으로 나올 수 있다는 제한이 있다.²⁾ 기존의 연구에서 임상증상과 방사선 소견, 근전도 검사 간의 관계를 확인하려는 시도는 있었으나^{3,4)} 대부분 단분절 병변에서 시행하였거나 수술 소견 등의 확실한 표준 값(Gold standard) 없이 단순히 비교만 시행하여 다분절 병변에서 실제 임상적으로 적용하기에는 한계가 있다.

이에 저자들은 경추의 다발성 신경근증으로 진단되어 수술적

접수일 2009년 11월 9일 게재확정일 2010년 8월 9일

교신저자 최병완

광주시 광산구 산월동 887-1, 광주보훈병원 정형외과

TEL 062-602-6162, FAX 062-602-6989

E-mail alla1013@naver.com

*본 논문의 요지는 2009년 대한정형외과 추계 학술대회에서 발표되었음.

치료를 시행한 환자에서 술 전 시행한 이학적 소견, MRI 소견, 근전도 검사 결과와 수술 소견의 비교를 통해 각 진단 도구의 유용성 및 타당성을 확인해 보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2004년 5월부터 2009년 5월까지 본원에서 경추 유합술을 시행한 213명 중 다발성 신경근증 진단 하에 근전도 검사와 MRI 검사를 시행한 뒤 경추의 전방 감압과 유합술을 시행한 38명을 대상으로 하였다. 다발성 신경근증 환자의 포함 기준은 이학적 소견 상 2신경근 이상에서 근력이나 감각 저하를 보이거나, MRI상 2분절 이상의 압박을 보이는 경우로 하였다. 이 중 수술 후 6주 추시 상 증상이 지속되었던 2명을 제외하고, 신경근증 증상의 호전을 보였던 최종 36명을 연구대상으로 각각 경추 4, 5, 6, 7, 8의 다섯 신경근 총 180분절을 분석하였다.

성별은 남자 21명, 여자 15명이었고, 평균 연령 54 ± 11 세(25-78세)이었다. 수술 전 증상이 지속되었던 기간은 평균 8.4 ± 10 개월(6주-36개월)이었고 주 증상으로 방사통을 동반하지 않은 경우통이 3명, 경부통과 동반된 좌측 방사통이 13명, 우측 방사통이 8명, 양측 방사통이 11명, 근 위축이 1명이었다. 연구 대상의 술 전과 6주 후 통증 시각 척도(visual analogue scale, VAS) 지수의 변화는 7.36점에서 2.4점으로 감소하였다.

2. 연구 방법

술 전 전례의 이학적 소견을 확인하였다. 이학적 소견 상 해당 신경근 이환 여부는 ASIA(American spinal injury association) impairment scale에 제시된 방법을 기준으로 제 4신경근은 하부 경부와 양측 견갑부 감각저하 여부로, 제5신경근의 경우 상박 외측 및 주관절 외측의 감각이상, 삼각근 및 상완 이두근의 근력 약화로 하였고 제6신경근은 전박 외측, 제1,2수지 감각이상, 상완 이두근 및 장, 단 요 수근 신근의 근력약화를 기준으로 판정하였다. 제7신경근은 제3수지의 감각 이상과 삼두근, 요 수근 굴근, 수지 굴근 등의 근력 약화로 측정하였고 제8신경근은 제4, 5수지 감각이상과 골간근, 수지 굴근, 척 수근 굴근의 근력 약화로 이환 여부를 결정하였다. 이학적 소견은 외래와 입원 시 다른 척추 전문의와 술자에 의해 독립적으로 두 차례씩 측정하였고 측정 소견이 다른 경우 입원 시 측정한 값을 대표 값으로 수술 범위를 결정하였다.

근전도 검사는 Viking® (Nicolet, Wisconsin, USA) 근전도 기기를 사용하여 전기진단학적검사를 실시하였다. 대상자 모두에서 운동신경 및 감각신경 전도검사를 시행하여 말초신경병변의 동반 가능성을 배제한 후, 피부절 제성감각유발전위검사와 침 근전도 검사를 시행하였다.

MRI (1.5 T Magnetom vision, SIEMENS, Erlangen, Germany)

는 CP spine Array coil을 이용하여 시상면 T1 강조 turbo spin-echo 영상($560/13/4/300/256 \times 512$), 축면 T1 강조 conventional spin-echo 영상($630/14/2/180/144 \times 256$), 축면 gradient-echo 영상($655/27/2/180/144 \times 256$), 시상면 T2 강조 turbo spin-echo 영상($3800/115/3/300/256 \times 512$)의 조건으로 촬영하였고 절편 두께는 T1, T2 모두 3 mm로 시행하였다. MRI 상의 모든 측정은 PACS system (m-view™, (주)마로테크, Korea)을 이용하여 측정하였다. 본 연구의 목적에 맞추어 MRI에서 양성은 기존 Song 등⁵⁾의 기준에 따라 동일 환자의 정상 부위와 비교하여 탈출된 추간판이나 골극에 의해 척수의 50% 이상 압박 또는 침범된 경우, 추간공이 50% 이상 좁아져 있는 경우 양성으로 판정하였고 이외는 병변의 유무에 상관없이 음성으로 판정하였다. 환자의 증상이 좌측이나 우측의 한쪽 방사통을 호소하는 경우 MRI 상 해당되는 쪽의 추간공 협착 여부를 기준으로 양성여부를 판정하였다. 모든 측정치는 2명의 관찰자에 의해 각 분절 당 독립적으로 2차례씩 측정하였고 측정값들의 신뢰도를 확인하기 위해 관찰자 내와 관찰자 간의 일치도를 kappa coefficient test를 이용하여 확인하였다. 관찰자 내 혹은 관찰자 간 측정치의 차이를 보이는 경우 2명의 관찰자가 동시에 재판정하여 이를 대표값으로 하였다.

다발성 신경근증에서 수술 부위의 결정 시 저자들은 일반적으로 이학적 소견과 MRI 소견을 기준으로 결정하였다. 근전도 검사는 이학적 소견과 MRI 소견 간의 차이가 있거나, 확인된 여러 병변 중 환자의 증상 발현에 주로 관련되는 부위를 알고자 할 때 시행하였다. MRI나 근전도 상 이상 병변이 있는 경우라도 이학적 소견과 일치하지 않는 경우는 수술 범위에서 배제하였다.

모든 예에서 경추 4, 5, 6, 7, 8의 다섯 신경근에 대하여 수술 시야 소견을 기준으로 양성, 음성을 구분하여 이 값을 표준값(gold standard)으로 하였다. 수술 시야 상 양성은 1) 돌출된 추간판이나 골극에 의한 척수나 신경근의 압박 소견, 2) 추간공의 협착 여부를 확인하였다. 척수나 신경근의 압박 병변은 추간판이나 골극의 제거 과정에서 직접 확인할 수 있었으며 추간공은 감압 전 0.6 mm 너비의 미세소파기(micro curet)가 자유롭게 통과하는지 여부로 양성, 음성을 구분하였다. 표준값 음성은 1) 수술 시야 상 병변이 없거나, 2) 실제 수술에 포함하지 않은 분절로 하였다. 진단도구에 따라서도 경추 제 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7- 제1흉추의 5분절에 대하여 수술 전 시행한 감각 저하와 근력 저하의 이학적 소견과 자기 공명 영상, 근전도 소견에 대하여 병변이 있는 것으로 판정된 해당 분절을 양성으로, 특이 소견이 없었던 분절을 음성으로 구분하여 수술 시의 표준 값을 기준으로 각 진단도구의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도를 구하였다. 각 진단 도구 간의 상관관계 및 표준 값과의 일치 여부를 확인하기 위해 Pearson correlation ratio와 p value를 구하였고 p value 0.05 이하인 경우의 미 있는 것으로 하였다.

결 과

1. 술 전 진단 도구에서나 수술 시야 상 이상 소견을 보인 증례에 대한 분석

술 전 감각 이상, 근력 측정, 근전도 소견, MRI에서 양성으로 판정된 분절은 각각 18, 58, 42, 81 분절로 MRI의 경우 45%에서 이상 소견을 보였으며 감각이상의 경우 10%에서만 이상 소견을 보였다(Table 1). 이 중 제6신경근의 이상을 보인 증례가 가장 많았으며 제4신경근 이상을 보인 증례가 가장 적었다.

이상 소견을 보인 분절의 수에 따른 분류 상 두 분절에서 이상 소견을 보인 증례가 가장 많았으며 감각 이상과 근전도 검사에서는 한 분절 이환이 각각 9명, 11명으로 많은 반면, 근력 저하와 MRI의 경우 각각 2분절 14명, 19명 3분절 4명, 10명 4분절 3명, 2명으로 다분절 이상을 보인 증례가 많았다(Table 2).

총 수술 부위 78분절 중 수술 소견 상 병변으로 확인된 분절은 총 72분절이었다. 수술 소견 상 병변 확인 부위는 제4신경근 4명, 제5신경근 12명, 제6신경근 29명, 제7신경근 22명, 제8신경근 5명이었다. 수술 소견 상 음성으로 확인된 6분절 중 4명에서는 척수나 신경근의 압박은 심하지 않았으나 심한 추간판 간격 감소를 동반한 퇴행성 변화를 보여 수술 범위에 포함하였던 증례이었고, 2명은 술 전 방사선 소견 상 추간공 협착이 의심되었으나 신경근 압박이 심하지 않았던 예이었다.

2. 각 진단 방법의 타당성

MRI 소견에서 두 관찰자의 관찰자 내(K1) 및 관찰자 간(K2)신뢰

Table 1. The Number of Segments Showing Abnormal Finding

	Sensory	Motor	EMG	MRI	Operation
C4	1	0	1	8	4
C5	2	6	9	12	12
C6	8	19	14	32	29
C7	3	21	9	22	22
C8	2	8	7	3	5
Total	18	58	42	81	72

EMG, Electromyography; MRI, Magnetic resonance imaging.

Table 2. The Number of Cases Classified by the Number of Abnormal Segments

	Sensory	Motor	EMG	MRI	Operation
1 segment	9	6	11	5	11
2 segment	3	14	10	19	15
3 segment	1	4	1	10	9
4 segment	0	3	2	2	1

도 측정을 위하여 kappa coefficient test를 적용하였고 각 항목 별로 모두 신뢰할 수 있는 수준이었다(K1=0.88, K2=0.81). 각 진단 방법 별 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도는 Table 3과 같다. 이는 실제 치료 부위를 결정할 때, 감각 이상의 경우 양성 소견 시 실제 병변이 존재한다고 판정하는 것보다는 음성 소견을 보일 경우 실제 병변이 없다는 데 더 의미를 두어 참고하는 것이 유용하다는 결과를 보여주며 MRI의 경우 병변이 있다는 것을 잘 보여 주기도 하였고, MRI에서 병변이 없는 경우 실제 병변이 없을 가능성이 아주 높다는 것을 시사한다. 또 모든 진단도구에서 특이도와 음성 예측도가 균일하게 높은 결과를 보여 여러 진단 과정 상 음성일 경우 실제 병변일 가능성을 보다 쉽게 배제할 수 있다.

각 진단 방법 간의 상관관계 상 모든 진단 도구가 서로 의미 있는 상관관계를 보였으며, 이 중 표준 값인 수술 소견과 비교하였을 때 이학적 소견 중 감각 이상이 Pearson 상관 계수 0.265로 가장 낮았으며 MRI가 0.766으로 가장 높았다(Table 4).

고 찰

경추는 나이에 따른 추간판의 변성과 이로 인한 추간판 간격의 감소, 골극 형성, 황색인대의 비후 등으로 인해 임상증상을 유발할 수 있다. 경추 신경근증은 상지의 특정 감각 신경 분포 영역에

Table 3. Validity of Each Diagnostic Method

	Sensory	Motor	EMG	MRI
Sensitivity	37%	62%	47%	91%
Specificity	86%	88%	87%	86%
Positive predictive value	60%	78%	70%	81%
Negative predictive value	72%	78%	71%	93%

Table 4. Pearson Correlation Ratio and p-value of Each Diagnostic Methods

	Sensory	Motor	EMG	MRI	Operation
Sensory	1	0.464 <0.01	0.435 <0.01	0.359 0.002	0.265 0.027
Motor		1	0.174 0.019	0.391 <0.01	0.372 <0.01
EMG			1	0.293 <0.01	0.300 <0.01
MRI				1	0.766 <0.01
Operation					1

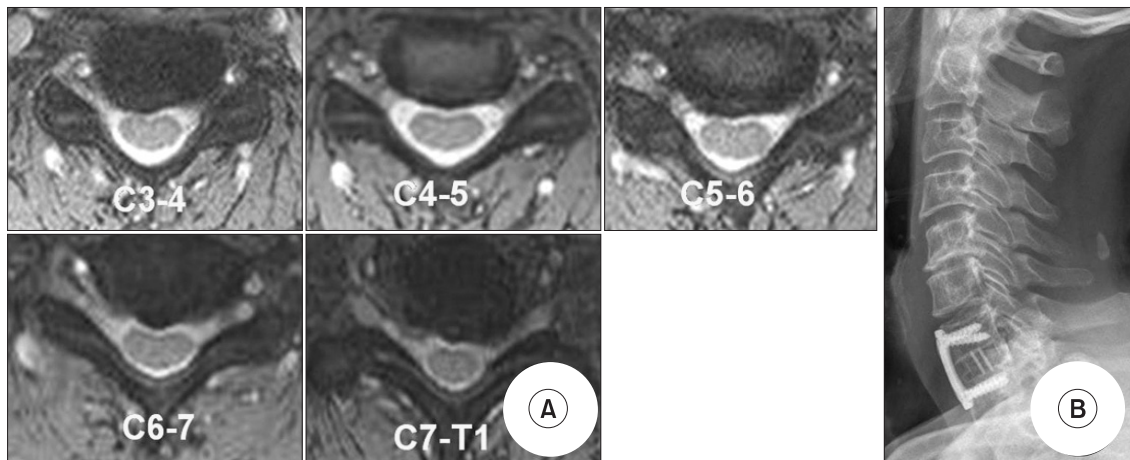


Figure 1. A 64-year-old female visited due to the neck discomfort and left upper extremity radiating pain. Pre-operative physical examination showed left 4th and 5th finger tingling sensation and motor weakness of grade 4 in left wrist flexor and finger flexion. EMG showed no detectable abnormality. (A) Preoperative MRI. The levels of C3-4, 5-6 and C7-T1 were regarded as positive. (B) Anterior cervical disectomy and fusion of C7-T1 were performed. In the operative finding, left C8 nerve root was compressed by left uncovertebral joint hypertrophy.

증상이 있는 것을 의미하며 압박된 신경근에 해당하는 피부 지배 부위에 감각이상, 근력 약화, 건반사의 변화를 나타낸다. 하지만 많은 경우에서 한 신경근만 압박되어도 여러 증상을 나타낼 수 있다. Marchiori와 Henderson⁶⁾은 841명의 환자에서 55%에서만 비교적 전형적인 신경근 증상의 분포를 보였고, 45%는 미만성으로 특징적인 신경 분포를 나타내지 않았다고 하였다. 이에 더하여 다발성 병변이 있는 경우 다양한 증상을 보여 정작 문제가 되는 병변을 확인하는데 어려움이 있다.

경추의 다발성 신경근증의 진단에는 크게 감각이상 부위와 근력을 측정하는 이학적 검사와 MRI, 조영 후 전산화 단층 촬영(CT-myelogram)과 같은 방사선학적 검사, 전기 생리학적 검사 등이 사용된다. 이학적 검사의 진단적 정확성에 대한 평가는 아직 그 평가가 엇갈리고 있다. 해당 신경근의 감각 저하와 심부 건 반사, 근력 감소가 다양하게 나타날 수 있는데 이 중 제5신경근의 이두건 반사와 제6신경근의 상완 요두근 건반사, 제7신경근의 삼두근 반사의 저하가 가장 믿을 만한 방법이라는 보고가 있다.⁷⁾ 본 연구에서 해당 신경근의 감각 저하는 18예(10%)에서만 확인되었고 일부는 특정 피부 분절에 국한되지 않는 증상을 표현하였다. 그 결과에서도 근력 약화 부위와는 어느 정도 일치했으나(0.464, $p < 0.01$), 표준 값인 수술 소견과는 비교적 낮은 일치도(0.265, $p = 0.027$)를 보여 감각 신경 분포만으로는 한계를 나타내었고 정확한 진단을 위해서는 항상 해당 신경근의 근력 약화 여부 측정이 동반되어야 함을 보여주었다.

MRI와 수술적 소견의 상관관계에서는 기존에 방사선과 의사와 수술자 모두에서 위양성과 위음성 소견이 많아 신빙성이 떨어진다는 연구가 있다.⁸⁾ 특히 무증상인 경우에도 MRI 상 이상 소견이 나타날 수 있는데 40세 이하의 10%에서 추간판 탈출이 보였고, 40세 이상에서는 20%에서 추간공 협착과 8%에서 추간판 탈출이

보였다고 하였다.⁹⁾ 검사 시기와 병변의 역동적 변화에 따라서도 MRI 소견이 영향을 받을 수 있는데 많은 연구에서 5개월에서 12개월의 추시로 시행한 MRI 상 추간판 탈출이 감소된 소견을 보였다고 하였다.^{10,11)} 저자들의 결과에서 MRI는 어느 진단 도구보다 높은 타당성을 보였으나 연구 대상 분절의 45%에서 양성 소견을 보여 실제 수술 부위 결정 시 이학적 소견 등 다른 진단 방법을 꼭 병행하여야 하였다.

신경생리검사를 통한 경추 신경근증의 진단은 많은 경우에서 수술범위 설정과 치료 계획 수립에 도움을 줄 수 있다. 특히 침근전도 검사는 모든 전기 진단적 검사 중 가장 널리 널리 사용되는 방법으로 50%에서 93%의 민감도를 보여 주었다.¹²⁾ Knutsson¹³⁾은 침근전도가 수술적 소견과 일치도가 79%로 높게 보였다고 하였으나 Ashkan 등³⁾은 MRI와 근전도 검사의 진단적 민감도가 각각 93%와 42%였으며 양성 예측도에서만 91%와 86%로 높은 결과를 보였다고 하여 저자들의 근전도 검사 민감도 47%, 양성 예측도 70%와 비슷한 결과를 보였다. Mummaneni 등¹⁴⁾도 술 전 시행한 방사선학적 검사와 근전도 검사가 수술 후 예후 예측에 미치는 결과를 비교한 연구에서 MRI와 조영 후 전산화 단층 촬영이 예후 예측에 유용하였고 근전도 검사는 그 효용성이 떨어진다고 하였다. 하지만 명백한 신경근증이 있는 환자에게서 MRI와 근전도 간의 일치도는 높아서 여전히 경추 신경근증 진단에 유용한 도구로 추천되고 있다.^{3,15-17)} 저자들의 결과는 민감도, 특이도, 양성 예측도 모든 항목에서 MRI가 가장 높게 측정되어 유용한 방법으로 나타났고 특히 수술 소견과의 Pearson 상관 계수는 0.766으로 기존의 보고보다 높은 일치도를 보였다. 근전도의 경우 탈신경(denervation)은 처음 척추 주위근육에서 먼저 시작하고 이환근 근육에서는 2-3주 후에 변화가 발생한다. 즉 탈신경이 시작되기 전이나 회복된 경우에 검사를 시행한 경우 검사 결과는 병변

과 상관없이 음성으로 나올 수 있으며, 근전도는 단지 전방 신경근(anterior nerve root)의 기능만 평가하므로 배 신경근(dorsal root fiber)이 주로 침범되었을 때는 정상으로 판정될 수 있다.²⁾ 본 연구에서 이상 소견을 보인 신경근이 MRI의 경우 81예이었으나 근전도의 경우 42예로 적게 보인 결과도 이를 뒷받침하고 있다. 근전도 검사의 유용성 여부 판정에 본 연구의 결과는 특이도는 다른 검사와 비슷하였으나 민감도에서 낮은 수치를 보여 병변이 있는 부위를 정상으로 판정할 가능성이 높으므로 임상적 적용 시 이를 감안하여 적용하여야 할 것이다.

본 연구의 제한점으로 단지 수술적 치료를 시행한 환자만을 포함됨에 따라 수술 후 증상의 호전 여부가 주관적이고 호전 여부 파악에 이중 맹검을 시행하지 못한 점이 있으며 수술 시야 상 양성 여부 판정에 술자의 주관이 개입할 수 있다는 점을 들 수 있다. 또 최근 MRI 사용이 증가함에 따라 수술 범위 결정에 비교적 익숙한 MRI를 주요한 참고 자료로 사용하여 MRI 상 병변이 있으나 사실 증상 발현에 영향을 미치지 않았던 부위가 수술 범위에 일부 포함되었을 가능성을 배제할 수는 없다는 한계도 가진다. 일부 연구에서 수술 전 MRI 상 증상을 유발하지 않는 부위도 추후 인접분절 병변으로 발전할 수 있으므로 초기에 유합 범위에 포함하여야 한다는 주장 등도 수술자의 수술범위 결정에 일부 영향을 주었을 것으로 생각된다.¹⁸⁾ 하지만 본 연구는 기존의 단순한 한분절의 증례를 통한 분석이나 수술 소견이나 MRI, 근전도만의 산발적 비교와 다르게 연구 대상 자체를 다발성 신경근증이 있는 증례로 한정하였고, 이학적 소견과 근전도 소견, MRI를 모두 비교 대상에 포함함으로써 실제 임상적 적용에 유용한 정보를 제공할 수 있다고 생각된다. 본 연구 결과 임상적 진단의 확신은 이학적 소견에 기초하여 MRI 상 병변의 확인에 의해 얻어질 수 있고 일상적인 근전도 검사의 시행은 의미가 없을 것으로 생각된다.

결 론

경추의 다발성 신경근증에서 수술 범위 결정에 이학적 소견에 기초한 자기 공명 영상이 가장 유용한 방법으로 확인되었으며, 근전도의 경우 민감도가 낮아 임상적 적용 시 이에 대한 주의가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Jensen MC, Brant-Zawadzki MN, Obuchowski N, Modic MT, Malkasian D, Ross JS. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain. *N Engl J Med*. 1994;331:69-73.
2. Wilbourn AJ, Aminoff MJ. AAEE minimonograph #32: the electrophysiologic examination in patients with radiculopathies.

3. Ashkan K, Johnston P, Moore AJ. A comparison of magnetic resonance imaging and neurophysiological studies in the assessment of cervical radiculopathy. *Br J Neurosurg*. 2002;16:146-8.
4. Hong CZ, Lee S, Lum P. Cervical radiculopathy. Clinical, radiographic and EMG findings. *Orthop Rev*. 1986;15:433-9.
5. Song KJ, Choi BW, Kim GH, Kim JR. Clinical usefulness of CT-myelogram comparing with the MRI in degenerative cervical spinal disorders: is CTM still useful for primary diagnostic tool? *J Spinal Disord Tech*. 2009;22:353-7.
6. Marchiori DM, Henderson CN. A cross-sectional study correlating cervical radiographic degenerative findings to pain and disability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21:2747-51.
7. Fisher MA. Electrophysiology of radiculopathies. *Clin Neurophysiol*. 2002;113:317-35.
8. Shafaie FF, Wippold FJ 2nd, Gado M, Pilgram TK, Riew KD. Comparison of computed tomography myelography and magnetic resonance imaging in the evaluation of cervical spondylotic myelopathy and radiculopathy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24:1781-5.
9. Boden SD, McCowin PR, Davis DO, Dina TS, Mark AS, Wiesel S. Abnormal magnetic-resonance scans of the cervical spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. *J Bone Joint Surg Am*. 1990;72:1178-84.
10. Bush K, Chaudhuri R, Hillier S, Penny J. The pathomorphologic changes that accompany the resolution of cervical radiculopathy. A prospective study with repeat magnetic resonance imaging. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22:183-6.
11. Westmark RM, Westmark KD, Sonntag VK. Disappearing cervical disc. Case report. *J Neurosurg*. 1997;86:289-90.
12. Dumitru D. *Electrodiagnostic medicine*. Philadelphia, Hanley & Belfus; 1995. 523-84.
13. Knutsson B. Comparative value of electromyographic, myelographic and clinical-neurological examinations in diagnosis of lumbar root compression syndrome. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1961;49:1-135.
14. Mummaneni PV, Kaiser MG, Matz PG, et al. Preoperative patient selection with magnetic resonance imaging, computed tomography, and electroencephalography: does the test predict outcome after cervical surgery? *J Neurosurg Spine*. 2009;11:119-29.
15. Nardin RA, Patel MR, Gudas TF, Rutkove SB, Raynor EM. Electromyography and magnetic resonance imaging in the

- evaluation of radiculopathy. *Muscle Nerve*. 1999;22:151-5.
16. Levin KH, Maggiano HJ, Wilbourn AJ. Cervical radiculopathies: comparison of surgical and EMG localization of single-root lesions. *Neurology*. 1996;46:1022-5.
17. Nardin RA, Patel MR, Gudas TF, Rutkove SB, Raynor EM. Electromyography and magnetic resonance imaging in the evaluation of radiculopathy. *Muscle Nerve*. 1999;22:151-5.
18. Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo MA, Jones PK, Bohlman HH. Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. 1999;81:519-28.

Usefulness of Diagnostic Tools in Determining the Operation Level in Multi-level Cervical Radiculopathy: Comparison between Physical Findings, MRI, and EMG

Bong-Ju Park, M.D., Byung-Wan Choi, M.D., Kyung-Jin Song, M.D.*, and Cheol Park, M.D.

Departments of Orthopedic Surgery, Gwang-ju Veterans Hospital, Gwangju,

**Institute for Medical Sciences, Chonbuk National University College of Medicine, Chonju, Korea*

Purpose: The purpose of this study was to verify the usefulness of each diagnostic tool by comparing physical examination, MRI, and EMG findings with operative findings in multilevel cervical radiculopathy.

Materials and Methods: Thirty-six (n=36) multilevel cervical radiculopathy patients with a total of 180 levels were included in this study. The findings of preoperative diagnostic tests, including physical examination, EMG and MRI, were analyzed for sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value by comparing with the operative findings, which was regarded as the gold standard. Correlation between each diagnostic tools were also analyzed.

Results: The sensitivity, specificity, positive and negative predictive values of each item in sensory deficiency were 37%, 86%, 60%, and 72%, motor weakness 62%, 88%, 78%, and 78%, EMG 47%, 87%, 70%, and 71%, and MRI 91%, 86%, 81%, and 93% respectively. Each element showed statistically significant correlation with each diagnostic modality. Correlation between the operative findings and MRI was highest, at 0.766.

Conclusion: MRI was the most useful diagnostic modality in multi-level cervical radiculopathy. EMG showed relatively low sensitivity and should be considered in conjunction with its clinical application.

Key words: cervical, multilevel radiculopathy, diagnosis, usefulness

Received November 9, 2009 **Accepted** August 9, 2010

Correspondence to: Byung-Wan Choi, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Gwang-Ju Veterans Hospital, Sanwol-dong, 887-1, Gwangsan-gu, Gwangju 506-705, Korea

TEL: +82-62-602-6162 **FAX:** +82-62-602-6989 **E-mail:** alla1013@naver.com