

# Eletroneuromiografia na avaliação das radiculopatias cervicais e lombossacrais

## *Electromyography in the evaluation of cervical and lumbosacral radiculopathy*

Luciane Fachin Balbinot <sup>1</sup>, José Antonio Garbino <sup>2</sup>, Marcelo Riberto <sup>3</sup>

### RESUMO

A eletroneuromiografia (ENMG) é empregada como método de diagnóstico complementar no diagnóstico de radiculopatia desde 1950, contribuindo com importantes informações para o esclarecimento diagnóstico, planejamento do tratamento e acompanhamento evolutivo dos pacientes. A presente revisão baseada em evidências buscou referências com ênfase na indicação, sensibilidade, especificidade, reprodutibilidade e limitações do uso desse exame na avaliação das radiculopatias cervicais e lombossacrais. As referências apontam a ENMG como um exame bastante útil tanto na triagem quanto no diagnóstico diferencial na suspeita de radiculopatia cervical ou lombossacra, bem como na avaliação do grau e extensão da lesão, quando respeitadas as limitações da técnica.

**Palavras-chave:** Radiculopatia, Eletromiografia, Deslocamento do Disco Intervertebral, Dor Lombar

### ABSTRACT

*Electromyography (EMG) has been employed as a complementary method in the diagnosis of radiculopathy since 1950, contributing important information for diagnostic clarification, treatment planning and patient follow-up. This evidence based review sought references with emphasis on the recommendation, sensibility, specificity, reproducibility and limitations of the use of this test in the evaluation of cervical and lumbosacral radiculopathy. The references point to EMG as being an extremely useful test both in the screening and in the differential diagnosis in the suspicion of cervical or lumbosacral radiculopathy, as well as in the evaluation of the degree and extent of the injury, when the limitations of the technique are considered.*

**Keywords:** Radiculopathy, Electromyography, Intervertebral Disk Displacement, Low Back Pain

<sup>1</sup> Médica Fisiatra.

<sup>2</sup> Médico Fisiatra e Neurofisiologista, Instituto Lauro de Souza Lima.

<sup>3</sup> Médico Fisiatra, Instituto de Reabilitação Lucy Montoro - Unidade Ribeirão Preto.

## INTRODUÇÃO

Radiculopatias cervicais e lombossacrais são condições clínicas que afetam raízes espinhais de causas variadas sendo, a mais freqüente, a hérnia do núcleo pulposo e conseqüente compressão radicular em sua saída do canal medular, junto ao forame de conjugação. Outras causas de radiculopatias incluem a estenose de canal medular (em geral, degenerativa), e processos inflamatórios ou infecciosos acometendo raízes espinhais ou neoplasias. Apesar das diferentes etiologias, a apresentação clínica das radiculopatias podem ser idênticas.

A patologia que afeta os nervos periféricos, a junção neuromuscular e os músculos pode ser avaliada de forma reprodutível e clara pela eletro-neuromiografia (ENMG). Este exame é composto por 2 fases essenciais: o estudo da neurocondução e a eletromiografia com agulha. A neurocondução avalia a velocidade de condução do potencial de ação nervoso ao longo do nervo periférico e pode ser útil na determinação etiológica das alterações dessa propriedade nervosa, ou pode ser útil também na delimitação topográfica da lesão, especialmente nas síndromes compressivas. Por outro lado, a eletromiografia é realizada com agulha que é introduzida em regiões específicas dos músculos e permite a avaliação da contração muscular, junção neuromuscular e miopatias.

A ENMG é empregada no diagnóstico de radiculopatia desde 1950 como método de diagnóstico complementar<sup>1</sup> por gerar importantes informações para o esclarecimento diagnóstico, planejamento de tratamento e acompanhamento terapêutico.<sup>2</sup>

## OBJETIVO

Neste texto, os autores revisam a literatura e discutem de forma concisa, as indicações de encaminhamentos para avaliação eletromiográfica bem como as limitações desse exame em casos de suspeita clínica de radiculopatias cervicais e lombossacrais, geradas, geralmente, pela queixa de dor em região cervical ou lombar com sinais ou sintomas referidos aos membros.

## MÉTODO

A estratégia de busca bibliográfica foi realizada no período entre dezembro de 2009 e setembro de 2010, utilizando as bases de dados Pubmed, Medline, BIREME, Cochrane Library e Lilacs. Foram pesquisados todos os anos disponíveis,

Quadro 1 – Nível de evidência científica para estudos diagnósticos - "Oxford Centre for Evidence-based Medicine"<sup>4</sup>

Grau de recomendação	Nível de Evidência	Diagnóstico
A	1A	Revisão sistemática (com homogeneidade) de estudos diagnósticos nível 1 Critério diagnóstico de estudos nível 1B em diferentes centros clínicos
	1B	Coorte validada, com bom padrão de referência Critério diagnóstico testado em um único centro clínico
	1C	Sensibilidade e especificidade próximas de 100%
3B	2A	Revisão sistemática (com homogeneidade) de estudos diagnósticos nível > 2
	2B	Coorte exploratória com bom padrão de referência Critério diagnóstico derivado ou validado em amostras fragmentadas ou banco de dados
	2C	
	3A	Revisão sistemática (com homogeneidade) de estudos diagnósticos de nível ≥ 3B
	3B	Seleção não consecutiva de casos, ou padrão de referência aplicado de forma pouco consistente
C	4	Estudo caso-controle; ou padrão de referência pobre ou não independente
D	5	Opinião de especialistas sem avaliação crítica ou baseada em matérias básicas (estudo fisiológico ou estudo com animais)

sendo usadas as seguintes palavras chaves e termos relevantes: *radiculopathy, electromyography, intervertebral disk displacement, lower back pain, root compression syndrome*. Após a busca inicial, posteriormente ampliada, os resumos dos artigos foram selecionados através dos seguintes critérios: ensaios clínicos, meta-análises (A), estudos clínicos e observacionais bem desenhados (B), relatos e séries de casos clínicos (C), publicações baseadas em consensos e opiniões de especialistas (D). Levou-se em consideração a disponibilidade do texto integral em português, inglês ou espanhol. Os artigos foram avaliados por dois pesquisadores de forma independente com relação à qualidade da evidência científica apresentada segundo os critérios de Jadad.<sup>3</sup>

## Indicações usuais

A ENMG está indicada como meio diagnóstico em pacientes com déficit neurológico motor focal, como nos casos onde há reflexos de estiramento (tendinosos profundos) assimétricos, podendo localizar o comprometimento radicular e prover informações fisiológicas, bem como indicar a gravidade do processo (2B).<sup>5,6,7</sup> A ENMG é indicada também nos casos em que se faz necessário um diagnóstico diferencial, principalmente em distúrbios que simulem radiculopatias, tais como polineuro-

patias e neuropatias compressivas.<sup>8</sup>

Nas últimas décadas vem crescendo o número de estudos que demonstram a necessidade da ENMG como complemento de exames de imagem da coluna espinhal, principalmente a ressonância magnética (RM), cujo índice de resultados falsos positivos é alto (3B).<sup>2</sup>

As diretrizes da Associação Americana de Medicina Eletrodiagnóstica (AAEM) para avaliação de radiculopatias, recomendam que a neurocondução de um nervo motor e um nervo sensitivo dos segmentos, superiores ou inferiores, seja realizada para excluir o diagnóstico de polineuropatia (2D).<sup>9</sup> De acordo com essas diretrizes, a ENMG deve ser bilateral, comparativa, e caso haja comprometimentos de ambos os membros, o exame deve prosseguir nos demais membros não avaliados para descartar um processo sistêmico.

Ao exame dos músculos dos membros, exceto os paravertebrais, os sinais de comprometimento ao exame de agulha podem ser: aumento de atividade insercional, descargas complexas repetitivas, ondas positivas, fibrilações, potenciais de unidades motoras com longa duração ou grande amplitude, polifasia aumentada, recrutamento neurogênico (2B).<sup>10</sup> Para os músculos paravertebrais, os achados necessários são presença de fibrilações, ondas positivas, descargas complexas repetitivas ou

aumento de atividade insercional (2B).<sup>10-12</sup> O exame dos músculos paravertebrais é relevante por determinar a localização da patologia nas raízes ou na medula, quando positivo, otimizando a triagem por ENMG dos membros no diagnóstico da radiculopatia (2B).<sup>10,13</sup> As radiculopatias são definidas pela presença de sinais de deservação ativa em 2 ou mais músculos inervados pela mesma raiz nervosa e por diferentes nervos periféricos (2D).<sup>9</sup>

## ENMG em radiculopatias cervicais

O protocolo para pesquisa eletromiográfica de radiculopatia cervical deve constar de, pelo menos, 6 músculos. Além dos paravertebrais (C5-T1), músculos representativos de todos os níveis radiculares como o deltóide (C5-6), bíceps (C5-6), tríceps (C7-8), pronador redondo (C6-7), extensor comum dos dedos (C7-8), flexor radial do carpo (C6-7), flexor ulnar do carpo (C7-8), abdutor curto do polegar (C8-T1), e primeiro interósseo dorsal (C8-T1) (2B).<sup>7,10</sup>

A adição de mais músculos não é útil no diagnóstico tanto das radiculopatias cervicais quanto das lombares, em especial nos casos com (1) comprometimento de raiz sensitiva (2) em radiculopatias nas quais o comprometimento axonal motor não esteja ocorrendo (lesões iniciais) ou (3) radiculopatias em que a eletroneurografia não vai demonstrar atividades espontâneas de deservação. Deve-se ressaltar que apenas o exame de músculos paravertebrais cervicais com eletrodo de agulha não é suficiente para este diagnóstico visto que, segundo Date et al<sup>14</sup>(2C), em 12% de pacientes assintomáticos pode-se observar a presença de ondas positivas nessa musculatura.

No estudo de Pezin et al<sup>15</sup>(2C), foi estudada a relação do tempo de evolução de radiculopatias cervicais com a presença de ondas positivas ou fibrilações em músculos paravertebrais cervicais ou demais músculos estudados à eletromiografia e chegou-se a conclusão que não existe esta relação direta; ou seja, casos sub-agudos ou crônicos podem apresentar estes sinais ao exame.

A radiculopatia cervical é uma das possíveis manifestações clínicas de degeneração cervical espinal e usualmente precede o desenvolvimento de mielopatia cervical espondilótica evidenciada pela Ressonância Nuclear Magnética. Bednarik et al<sup>1</sup> encontraram em 8% dos indivíduos sintomáticos o desenvolvimento de mielopatia em 12 meses. Nesse estudo (2B), a realização de ENMG, Potenciais Evocados Somato-Sensitivos (PESS) e Potenciais Evocados Motores (PEM) é recomendada pelos

autores em casos de suspeita de mielopatia cervical espondilótica, e ainda, comentam que **esses métodos eletrofisiológicos podem revelar disfunções segmentares do corno anterior da medula (ENMG), bem como do corno posterior (PESS), além de disfunções de tratos longos (PESS e PEM), sendo altamente recomendados, não somente para pacientes assintomáticos e com ressonância magnética (RM) positiva para compressão medular, mas, também, para pacientes sintomáticos, antes de realizarem a RM<sup>1</sup>. Os autores ainda salientam que não é usualmente possível diferenciar entre lesões reversíveis e irreversíveis através da RM. A hiperintensidade de sinal pode indicar lesão na substância cinzenta, que tem uma influência predominante na deficiência das extremidades superiores e menor impacto na incapacidade global, em contraste com o envolvimento dos tratos longos que pode ser detectado pelos PESS e PEM.<sup>1</sup>**

O reflexo H e as ondas F não têm valor para o diagnóstico de radiculopatias cervicais (1C).<sup>16</sup>

## ENMG em radiculopatias lombares

No caso de radiculopatias lombares um estudo utilizou 14 músculos (tibial anterior, extensor longo do hálux, gastrocnêmio medial e paravertebrais lombares ou quadríceps femoral, extensor longo do hálux, gastrocnêmio medial e paravertebrais lombares)<sup>17</sup> em seu protocolo enquanto que o outro estudo concluiu que, apenas 4 músculos seriam suficientes para o diagnóstico de radiculopatia (2B).<sup>8</sup> Em ambas os artigos foi considerado diagnóstico positivo para radiculopatia quando 2 ou mais músculos apresentavam sinais de deservação aguda e diminuição de unidades motoras ativas, indicando perda axonal. Estudos mais atuais<sup>18,19</sup> concluem que 6 músculos, incluindo paravertebrais lombares, formam o protocolo ideal de pesquisa eletroneurográfica de radiculopatia dos membros inferiores. Existe crítica quanto ao estudo miográfico dos músculos paravertebrais lombossacrais, pois achados de deservação são observados em até 25% de pacientes assintomáticos bem como, são frequentes após laminectomia. Nestas condições para conservar a sensibilidade do exame no diagnóstico de radiculopatia lombossacra é necessário o estudo de 8 músculos (3B).<sup>18</sup>

O registro das latências da onda F do nervo tibial faz parte de vários protocolos de pesquisa neurofisiológica de radiculopatias lombares ou lombossacrais, com a crítica de apresentar baixa sensibilidade para casos leves a moderados (alto índice de falsos-negativos).<sup>7</sup> O estudo de Toyokura & Furukawa,<sup>11</sup> evidenciou que a me-

dição de duração das ondas F é fator redutor de falsos-negativos para avaliar comparativamente membro afetado e não-afetado nas radiculopatias S1 de grau leve a moderado (2B).

Assim como as ondas F, o reflexo H possui sensibilidade baixa para radiculopatia (1C),<sup>16</sup> no entanto, esse reflexo consegue auxiliar na discriminação entre as raízes S1 e L5, visto sua especificidade ser alta para lesões em S1 (1C).<sup>20</sup> Também nas radiculopatias lombares ou lombossacrais, não há relação do tempo da patologia com a ocorrência de potenciais de fibrilação em músculos paravertebrais ou distais (2B).<sup>21</sup>

## Sensibilidade, especificidade e reprodutibilidade da ENMG

Para determinar a utilidade da eletroneurografia na prática clínica, diversos estudos avaliaram a sensibilidade e a especificidade deste exame comparativamente aos dados clínicos de queixa e exame físico. A sensibilidade da ENMG foi semelhante ao exame físico para alguns autores (57% para 56% respectivamente) (3A),<sup>6</sup> e superior para outros (2C)<sup>15</sup> (92% para ENMG e 79% para dados clínicos, comparativamente a achados cirúrgicos) e com variação entre 68,17% a 87,11%. A especificidade foi de 25,64% a 45,41% nesse último estudo.

Para o diagnóstico de radiculopatias cervicais,<sup>22</sup> apesar da sensibilidade da ENMG ser de apenas 42% a RM foi de 93%, entretanto, os valores preditivos positivos foram similares (86% para ENMG comparado a 91% da RM), com valor preditivo negativo de 7% para ENMG quando para a RM foi de 25%. Dillingham et al<sup>10</sup> definiram a sensibilidade de 6 músculos para detectar radiculopatias cervicais, incluindo paravertebrais cervicais, encontrando 94 a 98% de sensibilidade comparado aos sintomas sugestivos e exame clínico, sendo que em alguns casos, 5 músculos identificaram 95% das radiculopatias motoras (2B). No mesmo estudo, os autores acrescentam que quando o estudo dos paravertebrais cervicais não é válido (como em pós-operatórios de laminectomia posterior por apresentarem sinais de denervação pela incisão cirúrgica), 8 músculos distais devem ser estudados, obtendo 92% de sensibilidade.<sup>10</sup>

Os estudos mais relevantes que avaliaram a sensibilidade da ENMG em comparação a diferentes diagnósticos considerados como padrões de referência para radiculopatias estão dispostos na Tabela 1.

Quanto à reprodutibilidade intra-examinador na pesquisa eletroneurográfica de radiculopatias lombares, um estudo de nível de evidência 2A<sup>12</sup> demonstrou que há uma forte associação entre o nível de treinamento do examinador e a concordância de impressão diagnósti-

**Tabela 1** - Seleção de estudos que avaliaram a sensibilidade da ENMG em comparação com padrões diagnósticos de referência (modificado de Dillingham TR. Electrodiagnostic approach to patients with suspected radiculopathy. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2002;13(3):567-88).

Estudo	Amostra	Padrão de referência	Sensibilidade da EMG
<b>Radiculopatia lombossacra</b>			
Weber <sup>23</sup>	42	Clínico + imagem (hérnia discal)	60%
Nardin <sup>24</sup>	47	Clínico	55%
Kuruoglu <sup>25</sup>	100	Clínico	86%
Khatir <sup>26</sup>	95	Clínico	64%
Tonzola <sup>27</sup>	57	Clínico	49%
Schoedinger <sup>28</sup>	100	Comprovação cirúrgica	56%
Knutsson <sup>17</sup>	206	Comprovação cirúrgica	79%
Young <sup>13</sup>	100	Clínico + imagem	84%
Linden <sup>18</sup>	9	Mielografia + TC	78%
<b>Estenose de coluna cervical e lombossacra</b>			
Hall <sup>29</sup>	68	Clínico + mielografia	92%
Johsson <sup>30</sup>	64	Clínico + mielografia	88%
<b>Radiculopatia cervical</b>			
Ashkan <sup>22</sup>		RM	62,7%*
Berger <sup>31</sup>	18	Clínico	61%
Partanen <sup>32</sup>	77	Intraoperatório	67%
Leblhuber <sup>33</sup>	24	Clínico + mielografia	67%
So <sup>34</sup>	14	Clínico	71%
Yiannikas <sup>35</sup>	20	Clínico e/ou radiográfico	50%
Tackman <sup>36</sup>	20	Clínico	95%
Hong <sup>37</sup>	108	Clínico	51%

\*O valor preditivo negativo foi de 7% quando a RM foi de 25%.

ca, que obteve a média de 46,9% (60,5% para o corpo docente e 28,5% para residentes).<sup>12</sup>

### Limitações

A prevalência de atividades espontâneas de desnervação em indivíduos assintomáticos fica em torno de 4% (2B),<sup>38</sup> o que pode confundir o examinador desatento. A experiência permite distinguir entre a frequência, ritmo e morfologia dos disparos nos diferentes tipos musculares.<sup>24,38</sup>

O achado da perda axonal evidenciado pela ENMG não define a etiologia precisa dos sintomas que, na prática, são os mesmos para diversas alterações estruturais tais como hérnias de disco, espondilolistese, estenose vertebral, radiculites, tumores medulares.<sup>39,40</sup>

### CONCLUSÃO

A ENMG apresenta propriedades que a tornam um instrumento de diagnóstico bastante útil tanto na triagem quanto no diagnóstico diferencial na suspeita de radiculopatia cervical ou lombossacra, bem como na avaliação do grau e extensão da lesão, quando respeitadas às

limitações da técnica, no sentido de não substituir qualquer das investigações necessárias ao diagnóstico.

Tanto para a triagem das radiculopatias cervicais quanto lombares ou lombossacras, o número ideal de músculos a serem avaliados, desde que representem todos os níveis de inervação deve ser 6, sendo relevante a presença dos paravertebrais. Os estudos de condução nervosa sensitiva e motora são direcionados ao diagnóstico de neuropatias e polineuropatias e têm pouca utilidade nas radiculopatias, quando não se propõe ao diagnóstico diferencial. Já as latências tardias, especialmente a onda F, parte da condução nervosa motora, demonstram ter aplicação em situações específicas.

A avaliação precoce de comprometimento medular e de tratos longos através de estudo por Potenciais Evocados também pode ser indicada quando houver suspeita clínica.

### REFERÊNCIAS

1. Bednarik J, Kadanka Z, Dusek L, Kerkovsky M, Vohanka S, Novotny O, et al. Presymptomatic spondylotic cervical myelopathy: an updated predictive model. Eur Spine J. 2008;17(3):421-31.

2. Robinson LR. Electromyography, magnetic resonance imaging, and radiculopathy: it's time to focus on specificity. Muscle Nerve. 1999;22(2):149-50.
3. Jadad AR, Moore A, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds JM, Gavaghan DJ, McQuay HJ. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? Controlled Clin Trials. 1996;17:1-12.
4. Oxford Centre For Evidence Based Medicine [Homepage on the Internet]. Oxford: Centre for Evidence-Based Medicine; c2010 [cited 2010 nov 20]. Available from: <http://www.cebm.net/index.aspx?o=1025>
5. Levin K. Electrodiagnostic approach to the patient with suspected radiculopathy. Neurol Clin North Am. 2002;20(2):397-421.
6. Lauder T. Physical examination signs, clinical symptoms, and their relationship to electrodiagnostic findings and the presence of radiculopathy. Phys Med Rehabil Clin North Am. 2002;13(3):451-67.
7. Yaar I. The logical choice of muscles for needle-electromyography evaluation of cervical radiculopathy. Arch Phys Med Rehabil. 2005;86(3):S21-6.
8. Dillingham TR, Dasher, KJ. The lumbosacral electromyographic screen: revisiting a classic paper. Clin Neurophysiol. 2000;111(12):2219-22.
9. Willbourn AJ, Aminoff MJ. AAEM minimonograph 32: the electrodiagnostic examination in patients with radiculopathies. Muscle Nerve. 1998; 21(12):1612-31.
10. Dillingham TR, Lauder TD, Andary M, Kumar S, Pezzin LE, Stephens RT, Shannon S. Identification of cervical radiculopathies optimizing the electromyographic screen. Am J Phys Med Rehabil. 2001;80(2):84-91.
11. Toyokura M, Furukawa T. F wave duration in mild S1 radiculopathy: comparison between the affected and unaffected sides. Clin Neurophysiol. 2002;113(8):1231-5.
12. Kendall R, Werner RA. Interrater reliability of the needle examination in lumbosacral radiculopathy. Muscle Nerve. 2006;34(2):238-41.
13. Young A, Getty J, Jackson A, Kirwan E, Sullivan M, Parry CW. Variations in the pattern of muscle innervation by the L5 and S1 nerve roots. Spine. 1983;8(6):616-24.
14. Date E, Kim BJ, Yoon JS, Park BK. Cervical paraspinal spontaneous activity in asymptomatic subjects. Muscle Nerve. 2006;34(3):361-4.
15. Pezzin LE, Dillingham TR, Lauder TD, Andary M, Kumar S, Stephens RR, Shannon S. Cervical Radiculopathies: relationship between symptom duration and spontaneous EMG activity. Muscle Nerve. 1999;22(10):1412-8.
16. Miller TA, Pardo R, Yaworski R. Clinical utility of reflex studies in assessing cervical radiculopathy. Muscle Nerve. 1999; 22(8):1075-9.
17. Knutsson B. Comparative value of electromyographic, myelographic and clinical-neurological examinations in diagnosis of lumbar root compression syndrome. Acta Orthop Scand Suppl. 1961;49:1-23.
18. Linden D, Berlit P. Comparison of late responses, EMG studies, and motor evoked potentials (MEPs) in acute lumbosacral radiculopathies. Muscle Nerve. 1995;18(10):1205-7.
19. Corredor FO, Buenaventura FM, Cuellar M, Correa AR, Mullett WR. Lumbar and sacral radicular nerve pathology in patients with lower back pain seen on official grounds vs private practice. Rev Fac Med Bogotá. 2003;51(2):72-9.
20. Marin R, Dillingham TR, Chang A, Belandres PV. Extensor digitorum brevis reflex in normals and patients with radiculopathies. Muscle Nerve. 1995;18(1):52-9.
21. Dumitru D, Diaz CAJ, King JC. Prevalence of denervation in paraspinal and foot intrinsic musculature. Am J Phys Med Rehabil. 2001;80(7):482-90.
22. 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(2):146-8.
23. Weber F, Albert U. Electrodiagnostic examination of lumbosacral radiculopathies. Electromyogr Clin Neurophysiol. 2000;40(4):231-6.

24. Nardin RA, Patel MR, Gudas TF, Rutkove SB, Raynor EM. Electromyography and magnetic resonance imaging in the evaluation of radiculopathy. *Muscle Nerve*. 1999;22(2):151-5.
25. Kuruoglu R, Oh SJ, Thompson B. Clinical and electromyographic correlations of lumbosacral radiculopathy. *Muscle Nerve*. 1994;17(2):250-1.
26. Katri BO, Baruah J, McQillen MP. Correlation of electromyography with computed tomography in evaluation of lower back pain. *Arch Neurol*. 1984;41(6):594-97.
27. Tonzola RF, Ackil AA, Shahani BT, Young RR. Usefulness of electrophysiological studies in the diagnosis of lumbosacral root disease. *Ann Neurol*. 1981;9(3):305-8.
28. Schoedinger GR. Correlation of standard diagnostic studies with surgically proven lumbar disk rupture. *South Med J*. 1987;80(1):44-6.
29. Hall S, Bartleson JD, Onofrio BM, Baker HL Jr, Okazaki H, O'Duffy JD. Lumbar stenosis. Clinical features, diagnostic procedures and results of surgical treatment in 68 patients. *Ann Intern Med*. 1985;103(2):271-5.
30. Johnson KE, Rosen I, Uden A. Neurophysiologic investigation of patients with spinal stenosis. *Spine*. 1987;12(5):483-7.
31. Berger AR, Busis NA, Logigian EL, Wierzbicka M, Shahani BT. Cervical root stimulation in the diagnosis of radiculopathy. *Neurology*. 1987;37(2):329-32.
32. Partanen J, Partanen K, Oikarinen H, Niemitukia L, Hernesniemi J. Preoperative electroneuromyography and myelography in cervical root compression. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1991;31(1):21-6.
33. Leblhuber F, Reisecker F, Boehm-Jurkovic H, Witzmann A, Deisenhammer E. Diagnostic value of different electrophysiologic tests in cervical disk prolapse. *Neurology*. 1988;38(12):1879-81.
34. So YT, Olney RK, Aminoff MJ. A comparison of thermography and electromyography in the diagnosis of cervical radiculopathy. *Muscle Nerve*. 1990;13(11):1032-1036.
35. Yiannikas C, Shahani BT, Young RR. Short-latency somatosensory-evoked potentials from radial, median, ulnar, and peroneal nerve stimulation in the assessment of cervical spondylosis. *Arch Neurol*. 1986;43(12):1264-71.
36. Tackmann W, Radu EW. Observations of the application of electrophysiological methods in the diagnosis of cervical root compressions. *Eur Neurol*. 1983;22(6):397-404.
37. Hong CZ, Lee S, Lum P. Cervical radiculopathy. Clinical, radiographic and EMG findings. *Orthop Rev*. 1986;15(7):433-9.
38. Date ES, Mar EY, Bugola MR, Teraoka JK. The prevalence of lumbar paraspinal spontaneous activity in asymptomatic subjects. *Muscle Nerve*. 1996;19(3):350-4.
39. Dillingham TR, Lauder TD, Andary M, Kumar S, Pezzin LE, Stephens RT, Shannon S. Identifying lumbosacral radiculopathies: an optimal electromyographic screen. *Am J Phys Med Rehabil*. 2000;79(6):496-503.
40. Bednarik J, Kadanka Z, Dusek L, Novotny O, Surelova D, Urbanek I, et al. Presymptomatic Spondylotic Cervical Cord Compression. *Spine*. 2004;29(20):2260-9.