

A REALIDADE DO USO DA MONITORIZAÇÃO NEUROFISIOLÓGICA INTRAOPERATÓRIA ENTRE OS CIRURGIÕES DE COLUNA BRASILEIROS

THE REALITY OF USING INTRAOPERATIVE NEUROPHYSIOLOGIC MONITORING AMONG BRAZILIAN SPINE SURGEONS

LA REALIDAD DEL USO DEL MONITOREO NEUROFISIOLÓGICO INTRAOPERATORIO ENTRE LOS CIRUJANOS DE COLUMNA BRASILEÑOS

MARTINS BACK NETTO¹, MARCELO ITALO RISSO NETO², RICARDO JOSE RODRIGUEZ FERREIRA³, GUILHERME REBECHI ZUIANI², PAULO TADEU MAIA CAVALI², IVAN GUIDOLIN VEIGA², WAGNER PASQUALINI², MAURÍCIO ANTONELLI LEHOCZKI⁴, ALEXANDER JUNQUEIRA ROSSATO⁴, HUGO JOSÉ SOUZA SALES DA SILVA⁵, ÉLCIO LANDIM⁶

RESUMO

Objetivo: Avaliar o uso da monitorização neurofisiológica intraoperatória (MNIO) por cirurgiões de coluna brasileiros. **Método:** A coleta de dados foi realizada através de um questionário aplicado em 307 cirurgiões de coluna brasileiros, durante o 11º Congresso de Cirurgia Espinhal e XIII Congresso da Sociedade Brasileira de Coluna. **Resultados:** Dos cirurgiões entrevistados, 42% são neurocirurgiões e 58% ortopedistas. A maioria (72,3%) relatou que já fez uso do MNIO, entretanto apenas 29,6% utilizam este procedimento rotineiramente. Destes 39% são ortopedistas. Entre os neurocirurgiões, a maior parte (84%) relatou não utilizar MNIO como rotina. Nos casos de deformidade, 85,7% dos profissionais disseram usar rotineiramente a MNIO. Do total, 68,1% responderam que não tinham fácil acesso à MNIO, sendo que 10% deles atuam na região Centro-oeste do país e 11%, na região Nordeste. Dos que relataram facilidade de acesso ao procedimento, 77% atuam na região Sudeste. A média de idade dos participantes foi 41,9 anos, com mediana de 39,0, desvio padrão de 11,3 e intervalo de confiança de 1,3. Para o tempo de formação médica, a média foi 17,8 anos, com mediana de 14,0 e intervalo de confiança 1,2. Em relação ao tempo de prática em cirurgia de coluna encontrou-se que 56,3% têm até 10 anos de prática. **Conclusão:** A maioria dos cirurgiões de coluna já fez uso da MNIO, contudo poucos utilizam-na como rotina. A região Sudeste é onde se encontra maior facilidade de acesso à MNIO, ao contrário das regiões Centro-oeste e Nordeste.

Descritores: Coluna vertebral; Monitorização intraoperatória; Cirurgia.

ABSTRACT

Objective: To assess the use of intraoperative neurophysiologic monitoring (MNIO) by Brazilian spine surgeons. **Method:** Data collection was conducted through a questionnaire applied to 307 spine surgeons during the 11th Congresso de Cirurgia Espinhal e XIII Congresso da Sociedade Brasileira de Coluna. **Results:** Of the surgeons interviewed, 42% are neurosurgeons and 58% are orthopedists. Most of them (72.3%) reported that have already used MNIO, however, only 29.6% use this procedure routinely. 39% of them are orthopedists. Among neurosurgeons, most (84%) reported not using MNIO routinely. In cases of deformity, 85.7% of the professionals said they use routinely the MNIO. 68.1% answered that did not have easy access to MNIO, of which 10% work in the Midwest region of the country and 11% in the Northeast. Of those who reported ease access to the procedure, 77% work in Southeast. The average age of the participants was 41.9 years, with a median of 39.0, standard deviation of 11.3 and a confidence interval of 1.3. For the medical training period, the average was 17.8 years, with a median of 14.0 and a standard deviation of 1.2. Regarding the length of practice in spinal surgery it was found that 56.3% are under 10 years of practice. **Conclusion:** The majority of spine surgeons have already used MNIO, yet few use it as a routine. The Southeast region is where there is easier access to MNIO, unlike the Midwest and Northeast.

Keywords: Spine; Monitoring, intraoperative, Surgery.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el uso del monitoreo neurofisiológico intraoperatorio (MNIO) por cirujanos de columna brasileños. **Método:** La recolección de datos fue realizada a través de un cuestionario aplicado en 307 cirujanos de columna brasileños, durante el 11º Congreso de Cirurgia Espinhal y el XIII Congreso da Sociedade Brasileira de Coluna. **Resultados:** De los cirujanos entrevistados, el 42 % son neurocirujanos, y el 58 % son ortopedistas. La mayoría, el 72,3 %, relató que ya hacen uso del MNIO, mientras solamente el 29,6 % utilizan este procedimiento rutinariamente. De estos, 39 % son ortopedistas. Entre los neurocirujanos, la mayoría (84 %) relataron no utilizar MNIO como rutina. En los casos de deformidades, el 85,7 % de los profesionales dijeron que utilizan rutinariamente el MNIO; el 68,10 % respondieron que no tienen

1. Estagiário da Disciplina de Cirurgia de Coluna do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas, SP, Brasil.
2. Médico Assistente da Disciplina de Cirurgia de Coluna do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas, SP, Brasil.
3. Neurofisiologista colaborador da área de cirurgia de coluna do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas, SP, Brasil.
4. Médico Assistente do Grupo de Escoliose da Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD) – São Paulo, SP, Brasil.
5. Estagiário da Disciplina de Cirurgia Coluna do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp – Campinas, SP, Brasil e do Grupo de Escoliose da Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD) – São Paulo, SP, Brasil.
6. Professor e Chefe da Disciplina de Cirurgia da Coluna do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas, SP, Brasil.

Trabalho realizado pelo Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, SP, Brasil.

Correspondência: Departamento de Ortopedia da UNICAMP: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, Cidade Universitária "Zeferino Vaz" - Barão Geraldo, Campinas – SP, Brasil - 13083-887. gruziani@superig.com.br.

fácil acceso al MNIO, siendo que el 10% de ellos actúan en la región Centro-oeste del país y el 11% en el Nordeste. De los que reportaron la facilidad de acceso al procedimiento, el 77 % actúa en la región Sureste. La edad media de los participantes fue de 41,9 % años, mediana de 39,0, desviación estándar del 11,3 e intervalo de confianza de 1,3. Con respecto al tiempo de formación médica, la media fue de 17,8 años, con mediana de 14,0 e intervalo de confianza de 1,2. En duración de la práctica en cirugía espinal se encontró que el 56,3% tienen menos que 10 años de práctica. Conclusión: La mayoría de los cirujanos de columna han hecho uso del MNIO, pero pocos lo utilizan como rutina. La región sureste es donde se encuentra mayor facilidad de acceso al MNIO, a diferencia de las regiones Centro-oeste y Nordeste.

Descritores: Columna vertebral; Monitoreo Intraoperatorio; Cirugía.

INTRODUÇÃO

O primeiro teste para avaliar diretamente a função motora durante o transoperatório das cirurgias de deformidades vertebrais foi o teste do despertar ou "wake-up test¹", criado por Vauzelle e Stagnara¹ em 1973. Este teste envolve uma superficialização da hipnose do paciente, obtida por uma redução temporária dos agentes anestésicos, durante este período solicita-se ao paciente, conforme combinado no pré-operatório, para voluntariamente mover os membros superiores e inferiores. Porém, tal teste possui algumas limitações e riscos, como extubação inadvertida, modificação do posicionamento do paciente na mesa cirúrgica, necessidade de compreensão e cognição do paciente e a falta de uma informação sensitiva. Além disso, o teste do despertar oferece uma avaliação global da função neurológica motora, não informando precisamente ao cirurgião a localização, a hora e a intensidade do dano neurológico. A necessidade de uma informação contínua do *status* neurológico levou ao desenvolvimento de programas de monitorização neurofisiológica intraoperatória utilizados atualmente.

Os testes utilizados na MNIO das cirurgias da coluna vertebral são: A Eletromiografia (EMG) como a primeira técnica já bastante utilizada nas décadas de 50 e 60². Após, no final dos anos 80 surgem os potenciais evocados somato sensitivos (PESS), como uma técnica empregada para avaliação da função sensitiva da medula espinhal². Finalmente na década de 90 inicia-se o uso do potencial evocado motor (PEM), sendo que no Brasil foi introduzido no ano de 2001².

O PESS consiste em evocar uma resposta cortical cerebral por meio de uma série de estímulos exógenos elétricos, feitos a intervalos regulares sobre um nervo periférico, misto, de origem multiradicular ou seu dermatomo correspondente. Assim, verifica-se o funcionamento neurofisiológico das vias ascendentes medulares durante as manipulações realizadas nesta região em cirurgias na coluna vertebral².

A primeira descrição de uma técnica de potencial evocado motor (PEM) foi apresentada por Owen et al.³, em 1988. Consiste em evocar, uma resposta ao nível medular, nervo periférico e/ou muscular por meio de uma série de estímulos exógenos elétricos, feitos na forma de trem de estímulos ou estímulos únicos sobre o córtex ou medula espinhal².

A monitorização neurofisiológica intraoperatória - MNIO nas cirurgias da coluna vertebral apresenta eficácia estabelecida na literatura médica mundial⁴⁻¹⁰. É um instrumento na detecção precoce de alterações neurofisiológicas que precedem as lesões neurológicas decorrentes do trauma cirúrgico, no momento, em que ainda podem ser revertidas. Procura-se prevenir assim, lesões neurológicas de caráter transitório ou definitivo e suas sequelas, que são as complicações mais graves e temidas nas cirurgias da coluna vertebral.

A prevalência de lesão neurológica em cirurgia de escoliose varia de 0,3% a 1,4%¹¹⁻¹³ na literatura. O primeiro relato desta complicação ocorreu na *Scoliosis Research Society* (SRS) por MacEwen et al.¹¹ após a popularização do uso de instrumentação para correção de escoliose. Dados de 2006 da SRS identificaram 31(0,5%) pós-operatório com déficit neurológico de 6.334 casos operados de escoliose idiopática no período de 2001 a 2003¹³. A recuperação neurológica completa foi encontrada em 61% dos pacientes, enquanto recuperação parcial ou não recuperação ocorreu em 39%.

A lesão neurológica iatrogênica secundária a uma cirurgia da coluna vertebral é um evento devastador. No esforço de minimizar a prevalência desta complicação o cirurgião deve sustentar uma metódica e sistemática avaliação pré-operatória, intraoperatória e pós-operatória.

Apesar da eficácia bem estabelecida da monitorização neurofisiológica intraoperatória⁴⁻¹⁰ seu uso não é rotineiro em todos os serviços do Brasil, assim como não é em todos os países. Este estudo tem por finalidade avaliar a utilização da monitorização neurofisiológica intraoperatória por cirurgiões de coluna brasileiros, levando em conta a disponibilidade e a necessidade segundo os critérios adotados por cada médico inquirido.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados foram coletados através de um questionário aplicado em 307 cirurgiões de coluna brasileiros, durante o 11^o Congresso de Cirurgia Espinal realizado na cidade de São Paulo no período de 31 de março a 2 de abril de 2011 e no XIII Congresso Brasileiro de Coluna realizado na cidade de Campos de Jordão no período de 28 de abril a 30 de abril de 2011. Foram avaliadas as seguintes variáveis: idade, ano de formatura, cidade de atuação, especialidade, tempo de atuação na área de especialidade, uso de MNIO, uso rotineiro de MNIO e em quais situações e facilidade do acesso a MNIO, conforme Anexo 1. Estes questionários foram aplicados e preenchidos pelos médicos estagiários do Grupo de Coluna do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da FCM - Unicamp de 2011, de acordo com as informações fornecidas pelos cirurgiões com consentimento dos mesmos.

Anexo 1

QUESTIONÁRIO

USO DA MONITORAÇÃO NEUROFISIOLÓGICA INTRAOPERATÓRIA - MNIO

Nome (iniciais) _____ Idade _____ Ano formatura: _____
Estado onde trabalha?

<input type="checkbox"/> AC	<input type="checkbox"/> AM	<input type="checkbox"/> DF	<input type="checkbox"/> MA	<input type="checkbox"/> MG	<input type="checkbox"/> PR	<input type="checkbox"/> RJ	<input type="checkbox"/> RO	<input type="checkbox"/> SP
<input type="checkbox"/> AL	<input type="checkbox"/> BA	<input type="checkbox"/> ES	<input type="checkbox"/> MT	<input type="checkbox"/> PA	<input type="checkbox"/> PE	<input type="checkbox"/> RN	<input type="checkbox"/> RR	<input type="checkbox"/> SE
<input type="checkbox"/> AP	<input type="checkbox"/> CE	<input type="checkbox"/> GO	<input type="checkbox"/> MS	<input type="checkbox"/> PB	<input type="checkbox"/> PI	<input type="checkbox"/> RS	<input type="checkbox"/> SC	<input type="checkbox"/> TO

Cidade _____

Especialidade: Ortopedista
 Neurocirurgião

Cirurgião de coluna há:

< 5 anos 6-10anos 11-15anos 16-20anos 21-25anos 26-30anos
 > 30anos

Já utilizou Monitoração Neurofisiológica Intraoperatória (MNIO)?

sim não

Utiliza rotineiramente MNIO?

sim não

Se sim, em qual(s) situação(ões)?

deformidade degenerativa tumor trauma

Minimamente Invasiva

Tem fácil acesso Monitoração Neurofisiológica Intraoperatória (MNIO)?

sim não

Para análise estatística foram utilizados os softwares SPSS V16, Minitab 15 e Excel Office 2007. O nível de significância foi mantido em 5%.

RESULTADOS

A média de idade dos participantes foi 41,9 anos com uma mediana de 39,0, desvio padrão de 11,3 e um intervalo de confiança de 1,3. Em relação ao tempo de formação médica a média foi 17,8 anos, com mediana de 14,0 e um intervalo de confiança 1,2 (Figura 1).

O estado de São Paulo e do Rio de Janeiro totalizaram 57,6% dos entrevistados (Figura 2). Em relação à localização da cidade de atuação observa-se que 63,8% encontram-se nas capitais e 36,2% no interior. Dentre os cirurgiões de coluna entrevistados 42% eram neurocirurgiões e 58% ortopedistas (Tabela 1). Em relação ao tempo de prática em cirurgia de coluna encontra-se 56,3% com até 10 anos, observando-se diferença estatística no intervalo menos de cinco anos (Tabela 2).

Em relação à utilização de monitorização neurofisiológica intra-operatória 72,3% relataram já terem utilizado. Entretanto, apenas 29,6% utilizam rotineiramente a MNIO (Tabelas 3 e 4). Quanto à facilidade ao acesso da MNIO, 68,1% responderam que não apresentavam fácil acesso (Tabela 5).

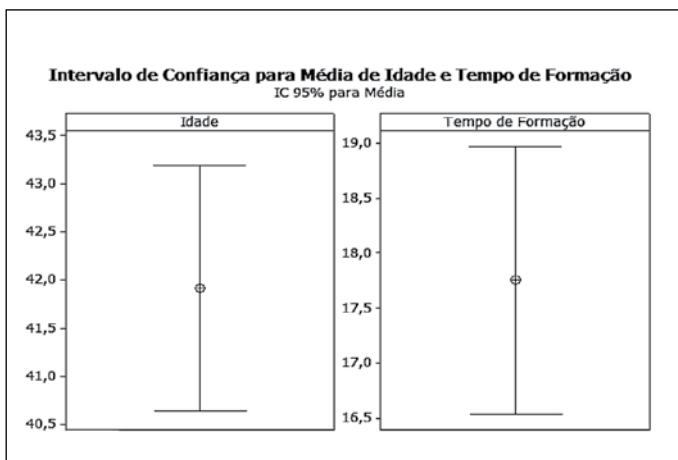


Figura 1. Intervalo de Confiança para Média de Idade e Tempo de Formação Médica.

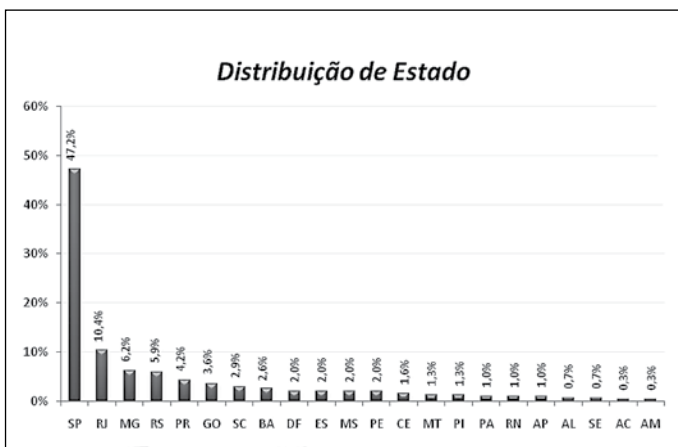


Figura 2. Distribuição dos entrevistados por unidade da Federação.

Tabela 1. Distribuição da Especialidade.

Especialidade	N	%	p-valor
Neurocirurgião	129	42,0%	<0,001
Ortopedista	178	58,0%	

Tabela 2. Distribuição do tempo de atuação em Cirurgia na Coluna (Anos).

Tempo de Cirurgia na Coluna (anos)	N	%
Menos de 5	105	34,2%
De 6 a 10	68	22,1%
De 11 a 15	39	12,7%
De 16 a 20	29	9,4%
De 21 a 25	20	6,5%
De 26 a 30	16	5,2%
Mais de 30	30	9,8%

Tabela 3. Distribuição da utilização de MNIO.

Utilização de MNIO	N	%	p-valor
Não	85	27,7%	<0,001
Sim	222	72,3%	

Tabela 4. Frequência, utilização.

Utilização de rotina	N	%	p-valor
Não	216	70,4%	<0,001
Sim	91	29,6%	

Tabela 5. Facilidade de acesso a MNIO.

Fácil acesso de MNIO	N	%	p-valor
Não	209	68,1%	<0,001
Sim	98	31,9%	

Verifica-se que existe relação e/ou associação estatisticamente significante entre a facilidade de acesso e a região do Brasil. Neste caso, notamos que dentre as pessoas que possuem facilidade de acesso, 77% estão na região Sudeste e que dentre as pessoas que não possuem facilidade no acesso, 10% e 11% estão nas regiões Centro Oeste e Nordeste, respectivamente (Tabela 6). Também se encontra relação entre a especialidade e o uso rotineiro do MNIO. Verifica-se que dentre os neurocirurgiões, 84% não fazem uso rotineiro de MNIO. Já entre os ortopedistas temos que 39% fazem uso rotineiro (Tabela 7).

Tabela 6. Relação e/ou associação de facilidade de acesso com região.

	Não		Sim		Total	
	N	%	N	%	N	%
Centro	21	10%	6	6%	27	9%
Nordeste	23	11%	3	3%	26	8%
Norte	8	4%	1	1%	9	3%
Sudeste	130	62%	75	77%	205	67%
Sul	27	13%	13	13%	40	13%
Total	209	68%	98	32%	307	100%

p-valor = 0,041

Tabela 7. Relação e/ou associação de especialidade com uso rotineiro de MNIO.

	Neurocirurgião		Ortopedista		Total	
	N	%	N	%	N	%
Não	108	84%	108	61%	216	70%
Sim	21	16%	70	39%	91	30%
Total	129	42%	178	58%	307	100%

p-valor <0,001

Não se encontra diferença estatística com relação à experiência em cirurgia de coluna e a utilização rotineira da MNIO (Tabela 8).

Tabela 8. Relação e/ou associação do tempo de experiência com uso rotineiro de MNIO.

	Até 10 anos		De 11 a 25 anos		Mais de 26 anos		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Não	122	71%	60	68%	34	74%	216	70%
Sim	51	29%	28	32%	12	26%	91	30%
Total	173	56%	88	29%	46	15%	307	100%

p-valor = 0,786

As situações nas quais os cirurgiões utilizam a MNIO encontra-se descrita na Figura 3 e Tabela 9. Podendo verificar que 85,7% da amostra que utiliza rotineiramente o MNIO, o fazem em casos de Deformidade.

Tabela 9. Situações em que utiliza rotineiramente MNIO.

A	Deformidade
B	Deformidade, Degenerativa, Tumor e Trauma
C	Deformidade e Degenerativa
D	Deformidade e Tumor
E	Deformidade, Degenerativa e Tumor
F	Degenerativa e Tumor
G	Deformidade, Degenerativa e Trauma
H	Deformidade e Trauma
I	Deformidade, Degenerativa e Minimamente Invasiva
J	Deformidade, Degenerativa, Tumor, Trauma e Minimamente Invasiva
K	Deformidade, Tumor e Trauma
L	Degenerativa, Tumor e Trauma
M	Tumor
N	Deformidade, Degenerativa, Tumor e Minimamente Invasiva
O	Deformidade, Trauma e Minimamente Invasiva
P	Deformidade, Tumor e Minimamente Invasiva
Q	Degenerativa
R	Degenerativa e Minimamente Invasiva
S	Degenerativa, Tumor, Trauma e Minimamente Invasiva
T	Minimamente Invasiva
U	Trauma

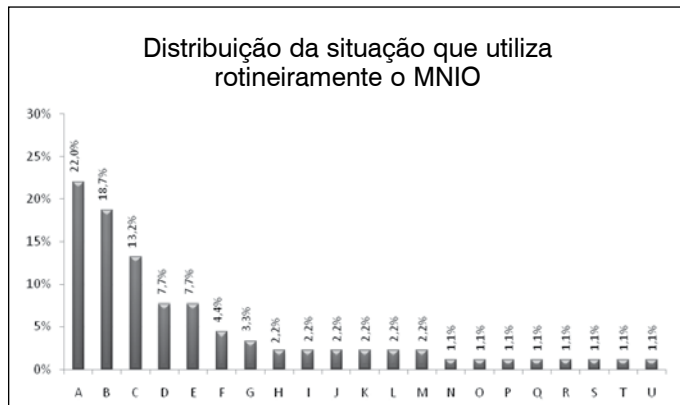


Figura 3. Distribuição da situação que utiliza rotineiramente o MNIO.

DISCUSSÃO

Embora a monitorização neurofisiológica intraoperatória seja um instrumento eficaz para detecção precoce de lesões neurológicas iatrogênica secundária a uma cirurgia da coluna vertebral⁴⁻⁹, seu uso não é frequente em todas as cirurgias.

A maioria dos entrevistados revelaram que já utilizaram este método, contudo menos de 1/3 o fazem como rotina. Grande parte dos entrevistados respondeu ter dificuldade para o acesso a MNIO. Não foi objetivo do presente trabalho avaliar as causas de dificuldade ao acesso a monitorização neurofisiológica intraoperatória, entretanto constata-se que tais dificuldades levam a um uso não rotineiro da mesma.

Sendo esta técnica um avanço recente na cirurgia de coluna vertebral com poucos profissionais capacitados para sua realização é uma razão que leva a não utilização frequente deste instrumento. Aliado a este fato, ainda existem dificuldades na normatização deste procedimento, tanto no Sistema Único de Saúde quanto para convênios, devido à inexistência de uma tabela própria e adequada.

Com relação a distribuição dos cirurgiões de coluna por estado obtidos neste trabalho (Figura 2) assemelha-se aos dados da Sociedade Brasileira de Coluna 2011 (Figura 4), onde 683 cirurgiões estavam inscritos até 2011, notando-se uma concentração(77,9%) de associados na região sudeste e sul do Brasil

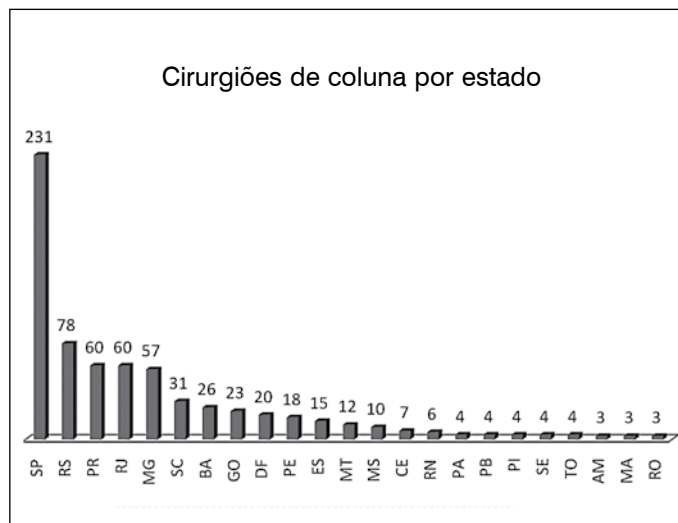


Figura 4. Distribuição por estado dos associados da SBC.

Fonte: Sociedade Brasileira de Coluna 2011.

CONCLUSÃO

De acordo com os dados levantados neste estudo, pode-se concluir que a maioria (72,3%) dos cirurgiões de coluna já utilizou monitorização neurofisiológica intraoperatória, entretanto apenas 29,6% a utilizam rotineiramente. A maioria (85,7%) utiliza rotineiramente em casos de deformidade. Quanto a facilidade ao acesso conclui-se que na região Sudeste encontra-se facilidade ao acesso a MNIO ao contrário das regiões Centro-Oeste e Nordeste.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos as comissões organizadoras do 11º Congresso de Cirurgia Espinhal e do XIII Congresso Brasileiro de Coluna por permitir a realização da aplicação dos questionários. Agradecimento a Sr^a. Ana Maria Secretária da Sociedade Brasileira de Coluna por fornecer a distribuição por estados dos associados.

REFERÊNCIAS

1. Vauzelle C, Stagnara P, Jouvinroux P. Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 1973;(93):173-8.
2. Ferreira RJR. Monitoramento neurofisiológico intraoperatório nas cirurgias espinais. *Tratado de Medicina de reabilitação.* Rio de Janeiro: Guanabara; 2010. p. 24-41.
3. Owen JH, Laschinger J, Bridwell K, Shimon S, Nielsen C, Dunlap J, et al. Sensitivity and specificity of somatosensory and neurogenic-motor evoked potentials in animals and humans. *Spine (Phila Pa 1976).* 1988;13(10):1111-8.
4. Calancie B, Madsen P, Lebowitz N. Stimulus-evoked EMG monitoring during transpedicular lumbosacral spine instrumentation. Initial clinical results. *Spine (Phila Pa 1976).* 1994;19(24):2780-6.
5. Dawson EG, Sherman JE, Kanim LE, Nuwer MR. Spinal cord monitoring. Results of the Scoliosis Research Society and the European Spinal Deformity Society survey. *Spine (Phila Pa 1976).* 1991;16(Suppl 8):S361-4.
6. DiCindio S, Theroux M, Shah S, Miller F, Dabney K, Brislin RP, et al. Multimodality monitoring of transcranial electric motor and somatosensory-evoked potentials during surgical correction of spinal deformity in patients with cerebral palsy and other neuromuscular disorders. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28(16):1851-5.
7. Hillibrand AS, Schwartz DM, Sethuraman V, Vaccaro AR, Albert TJ. Comparison of transcranial electric motor and somatosensory evoked potential monitoring during cervical spine surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86(6):1248-53.
8. Luk KD, Hu Y, Wong YW, Cheung KM. Evaluation of various evoked potential techniques for spinal cord monitoring during scoliosis surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26(16):1772-7.
9. Nuwer MR, Dawson EG, Carlson LG, Kanim LE, Sherman JE. Somatosensory evoked potential spinal cord monitoring reduces neurologic deficits after scoliosis surgery: results of a large multicenter survey. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1995;96(1):6-11.
10. Padberg AM, Wilson-Holden TJ, Lenke LG, Bridwell KH. Somatosensory- and motor-evoked potential monitoring without a wake-up test during idiopathic scoliosis surgery. An accepted standard of care. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998;23(12):1392-400.
11. MacEwen GD, Bunnell WP, Sriram K. Acute neurological complications in the treatment of scoliosis. A report of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57(3):404-8.
12. Winter RB. Neurologic safety in spinal deformity surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(13):1527-33.
13. Coe JD, Arlet V, Donaldson W, Berven S, Hanson DS, Mudiyan R, et al. Complications in spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis in the new millennium. A report of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(3):345-9.