

# TRATADO DE NEUROLOGIA CLÍNICA E CIRÚRGICA



Editores

**Dr. André Giacomelli Leal**

**Dr. Paulo Henrique Pires de Aguiar**

**Dr. Ricardo Ramina**

Colaboradores

**Dr. Flávio Leitão Filho**

**Dr. Roberto Alexandre Dezena**

**Dr. Samuel Simis**

**Dr. Murilo Sousa de Meneses**

**Dr. José Marcus Rotta**

1ª Edição

# TRATADO DE NEUROLOGIA CLÍNICA E CIRÚRGICA



1ª Edição

Editores

**Dr. André Giacomelli Leal**

**Dr. Paulo Henrique Pires de Aguiar**

**Dr. Ricardo Ramina**

Colaboradores

**Dr. Flávio Leitão Filho**

**Dr. Roberto Alexandre Dezena**

**Dr. Samuel Simis**

**Dr. Murilo Sousa de Meneses**

**Dr. José Marcus Rotta**

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremona

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

Shutterstock

**Edição de arte**

Gabriela Jardim Bonet

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Biológicas e da Saúde**

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

## Tratado de neurologia clínica e cirúrgica

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Bruno Oliveira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Editores:** André Giacomelli Leal  
Paulo Henrique Pires de Aguiar  
Ricardo Ramina  
**Colaboradores:** Roberto Alexandre Dezena  
Samuel Simis  
Murilo Souza de Menezes  
José Marcus Rotta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
T776	Tratado de neurologia clínica e cirúrgica / Editores André Giacomelli Leal, Paulo Henrique Pires de Aguiar, Ricardo Ramina. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0134-6 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.346221304">https://doi.org/10.22533/at.ed.346221304</a>  1. Neurologia. I. Leal, André Giacomelli (Editor). II. Aguiar, Paulo Henrique Pires de (Editor). III. Ramina, Ricardo (Editor). IV. Título.  CDD 612.8
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## **EDITORES**

Dr. André Giacomelli Leal

Dr. Paulo Henrique Pires de Aguiar

Dr. Ricardo Ramina

## **COLABORADORES**

Dr Flávio Leitão Filho

Dr. Roberto Alexandre Dezena

Dr. Samuel Simis

Dr. Murilo Sousa de Meneses

Dr. José Marcus Rotta

## **COLABORADORES ACADÊMICOS**

Cindy Caetano da Silva

Emilly Marien Dias da Silva de Souza

Júlia Lins Gemir

Kamila Blaka

Lauanda Raíssa Reis Gamboge

Pedro Henrique Simm Pires de Aguiar

Pedro Schmidt dos Reis Matos Figueiredo

Rafael Peron Carapeba

Thomás Rocha Campos

Vinícios Ribas dos Santos



## APRESENTAÇÃO

Após três anos de trabalho, o Tratado de Neurologia Clínica e Cirúrgica da Academia Brasileira de Neurocirurgia – ABNC está pronto. Uma obra importante, que reuniu os melhores neurocirurgiões e neurologistas brasileiros, em prol do crescimento e desenvolvimento da nossa querida Academia.

Com 62 capítulos sobre diversos tópicos em Neurologia clínica e cirúrgica, cuidadosamente escritos por especialistas em suas devidas áreas, contém 15 seções, cobrindo os seguintes temas: história da Neurologia, neuroanatomia básica, semiologia e exames complementares, doenças vasculares, doenças desmielinizantes, doenças dos nervos periféricos e neuromusculares, distúrbios do movimento, cefaleia e epilepsia, demências e distúrbios cognitivos, neoplasias, dor e espasticidade, transtorno do sono, neurointensivismo, doenças neurológicas na infância e outros.

Destinada a acadêmicos de medicina, residentes, neurologistas e neurocirurgiões, esta obra promete fornecer um conteúdo altamente especializado, para uma ótima revisão e aprofundamento sobre esses assuntos.

Este livro é um espelho que reflete a toda a grande potência que o Brasil é em Neurologia e Neurocirurgia.

Prof. Dr. André Giacomelli Leal

## PREFÁCIO

Este *Tratado de Neurologia Clínica e Cirúrgica* surge num importante momento das áreas da neurociência. Elaborar o diagnóstico neurológico correto sempre representou para o médico um desafio intelectual desde os primórdios das ciências neurológicas modernas no século XVII e, para o paciente, preocupação e ansiedade sobre o curso de sua enfermidade. No passado, a neurologia clínica era uma ciência de doenças interessantes, porém muitas vezes intratáveis, praticada pelo fascínio especial da “estética do diagnóstico”. A neurologia cirúrgica, por sua vez, ainda embrionária no início do século passado, foi por muitas décadas frustrada, exibindo um altíssimo índice de mortalidade e morbidade, incompatível com uma medicina que cura e alivia as enfermidades. Felizmente, essa situação mudou fundamentalmente nas últimas décadas. As ciências neurológicas estão se tornando cada vez mais atraentes, ao ver o tratamento como o ponto central da verdadeira tarefa médica, e sua eficiência terapêutica. Exemplos incluem as doenças vasculares do sistema nervoso, as neoplasias benignas e malignas do sistema nervoso, as doenças dos nervos periféricos, o tratamento de epilepsia, dos distúrbios do movimento, da demência e distúrbios cognitivos, da dor e da espasticidade, bem como do sono, sem mencionar os avanços no neurointensivismo.

Neste contexto, o presente *Tratado de Neurologia Clínica e Cirúrgica* surge como uma obra imprescindível para o conhecimento do estado da arte das múltiplas áreas da neurociência. Escrito por especialistas de excelência científica e profissional, este livro toma corpo numa ordem de grandes capítulos sobre quadros clínicos e sintomas relacionados a problemas, guiando o leitor a encontrar rapidamente o caminho para a seleção terapêutica específica. Os capítulos são divididos em seções de conhecimentos gerais em história da neurologia, neuroanatomia básica, e semiologia e exames complementares. Estes são seguidos de capítulos sobre quadros clínicos e doenças do sistema nervoso.

Apesar do grande número de autores contribuintes deste livro, souberam os Editores realizar um trabalho exemplar ao conseguir dar a este *Tratado* uma estrutura uniforme e didática sobre o patomecanismo e os princípios terapêuticos em discussão dos estudos de terapia mais importantes da atualidade.

Enfim, estamos perante uma obra que não deve faltar na biblioteca daqueles interessados no estudo das áreas médicas e cirúrgicas neurológicas, e de todos os demais que desejam um livro de terapia neurológica que funcione como ferramenta concreta de auxílio nas consultas do dia-a-dia.

Prof. Dr. Marcos Soares Tatagiba  
Cátedra em Neurocirurgia  
Diretor do Departamento de Neurocirurgia  
Universidade Eberhard-Karls de Tübingen  
Alemanha


## SUMÁRIO

### PARTE 1 - HISTÓRIA DA NEUROLOGIA E CONSIDERAÇÕES GERAIS

#### CAPÍTULO 1..... 1

##### HISTÓRIA DA NEUROLOGIA

Hélio A. Ghizoni Teive

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3462213041>

### PARTE 2 - NEUROANATOMIA BÁSICA

#### CAPÍTULO 2..... 12

##### NEUROANATOMIA DOS SULCOS E GIROS CEREBRAIS

Vanessa Milanese Holanda Zimpel

Natally Santiago


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3462213042>

#### CAPÍTULO 3..... 20

##### NEUROANATOMIA FUNCIONAL DO CÓRTEX CEREBRAL

Hugo Leonardo Doria-Netto

Raphael Vicente Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3462213043>

#### CAPÍTULO 4..... 49

##### ANATOMIA DA MEDULA ESPINHAL

Luiz Roberto Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3462213044>

### PARTE 3 - SEMIOLOGIA E EXAMES COMPLEMENTARES

#### CAPÍTULO 5..... 55

##### SEMIOLOGIA NEUROLÓGICA

Alexandre Souza Bossoni

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3462213045>

#### CAPÍTULO 6..... 77

##### ELETRONEUROMIOGRAFIA

Maria Tereza de Moraes Souza Nascimento






 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3462213046>

#### CAPÍTULO 7..... 87

##### INTERPRETAÇÃO DO EXAME DO LÍQUIDO CEFALORRAQUIDIANO

Helio Rodrigues Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3462213047>

<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>95</b>
<b>DOPPLER TRANSCRANIANO</b>	
Rafaela Almeida Alquéres	
Victor Marinho Silva	
Pamela Torquato de Aquino	
Marcelo de Lima Oliveira	
Edson Bor Seng Shu	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3462213048">https://doi.org/10.22533/at.ed.3462213048</a>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>104</b>
<b>ECODOPPLER VASCULAR DE VASOS CERVICAIS</b>	
Cindy Caetano da Silva	
Daniel Wallbach Peruffo	
Samir Ale Bark	
Viviane Aline Buffon	
Robertson Alfredo Bodanese Pacheco	
Sérgio Souza Alves Junior	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3462213049">https://doi.org/10.22533/at.ed.3462213049</a>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>118</b>
<b>ELETROENCEFALOGRAMA</b>	
Bruno Toshio Takeshita	
Elaine Keiko Fujisao	
Caroliny Trevisan Teixeira	
Pedro Andre Kowacs	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130410">https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130410</a>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>126</b>
<b>POTENCIAIS EVOCADOS</b>	
Adauri Bueno de Camargo	
Vanessa Albuquerque Paschoal Aviz Bastos	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130411">https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130411</a>	
<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>137</b>
<b>LINGUAGEM – DISTÚRBIOS DA FALA</b>	
André Simis	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130412">https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130412</a>	
<b>PARTE 4 - DOENÇAS VASCULARES DO SISTEMA NERVOSO</b>	
<b>CAPÍTULO 13.....</b>	<b>144</b>
<b>ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO ISQUÊMICO</b>	
Alexandre Luiz Longo	

Maria Francisca Moro Longo  
Carla Heloisa Cabral Moro  
Dara Lucas de Albuquerque  
Pedro S. C. Magalhães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130413>

**CAPÍTULO 14..... 169**

**EMBOLIA PARADOXAL**

Vanessa Rizelio  
Kristel Larisa Back Merida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130414>

**CAPÍTULO 15..... 181**

**TRATAMENTO DE ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO AGUDO**


André Giacomelli Leal  
Jorge Luis Novak Filho  
Sarah Scheuer Texeira  
Camila Lorenzini Tessaro  
Pedro Henrique Araújo da Silva  
Matheus Kahakura Franco Pedro  
Murilo Sousa de Meneses

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130415>

**CAPÍTULO 16..... 194**

**VASCULITES DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL**

Leandro José Haas  
Bernardo Przysiezny

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130416>

**CAPÍTULO 17..... 208**

**VASOCONSTRIÇÃO ARTERIAL CEREBRAL REVERSÍVEL**

Gisela Tinone

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130417>

**CAPÍTULO 18..... 210**

**DISSECÇÃO ARTERIAL CERVICAL EXTRACRANIANA**


Rafael Brito Santos  
Albedy Moreira Bastos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130418>

**CAPÍTULO 19..... 223**

**TROMBOSE DOS SEIOS VENOSOS**

Alexandre Bossoni

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130419>

**CAPÍTULO 20.....233**

**ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO HEMORRÁGICO HIPERTENSIVO**


Renata Faria Simm

Alexandre Pingarilho

Giovanna Zambo Galafassi

Fernanda Lopes Rocha Cobucci

Paulo Henrique Pires de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130420>

**CAPÍTULO 21.....237**

**HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA**

Vitor Nagai Yamaki

Guilherme Marconi Guimarães Martins Holanda

Eberval Gadelha Figueiredo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130421>

**CAPÍTULO 22.....248**

**ANEURISMAS INTRACRANIANOS**

Matheus Kahakura Franco Pedro

André Giacomelli Leal

Murilo Sousa de Meneses

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130422>

**CAPÍTULO 23.....260**


**MALFORMAÇÕES ARTERIOVENOSAS CEREBRAIS**

Marco Antonio Stefani

Apio Claudio Martins Antunes

Lucas Scotta Cabral

Eduarda Tanus Stefani

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130423>

**PARTE 5 - DOENÇAS DESMIELINIZANTES**

**CAPÍTULO 24.....273**








**DOENÇAS INFLAMATÓRIAS DESMIELINIZANTES DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL**

Henry Koiti Sato

Matheus Pedro Wasem

Hanaiê Cavalli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130424>

<b>CAPÍTULO 25.....</b>	<b>284</b>
ESCLEROSE MÚLTIPLA	
Douglas Kazutoshi Sato	
Cássia Elisa Marin	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130425">https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130425</a>	
<b>CAPÍTULO 26.....</b>	<b>304</b>
NEUROMIELITE ÓPTICA	
Mario Teruo Sato	
Duana Bicudo	
Henry Koiti Sato	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130426">https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130426</a>	
<b>PARTE 6 - DOENÇAS DOS NERVOS PERIFÉRICOS, DA JUNÇÃO NEUROMUSCULAR E MUSCULAR</b>	
<b>CAPÍTULO 27.....</b>	<b>327</b>
EXAME FÍSICO DO PLEXO BRAQUIAL	
Francisco Flávio Leitão de Carvalho Filho	
Raquel Queiroz Sousa Lima	
Francisco Flávio Leitão de Carvalho	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130427">https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130427</a>	
<b>CAPÍTULO 28.....</b>	<b>346</b>
ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA	
Frederico Mennucci de Haidar Jorge	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130428">https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130428</a>	
<b>CAPÍTULO 29.....</b>	<b>359</b>
SÍNDROME DE GUILLAIN-BARRÉ	
Eduardo Estephan	
Vinicius Hardoim	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130429">https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130429</a>	
<b>CAPÍTULO 30.....</b>	<b>368</b>
MIASTENIA <i>GRAVIS</i>	
Camila Speltz Perussolo	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130430">https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130430</a>	
<b>CAPÍTULO 31.....</b>	<b>386</b>
MIOPATIAS	
Leonardo Valente Camargo	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130431">https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130431</a>	

## PARTE 7 - DISTÚRBIOS DO MOVIMENTO

### **CAPÍTULO 32.....402**

#### DOENÇA DE PARKINSON

Hélio A. Ghizoni Teive


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130432>

### **CAPÍTULO 33.....417**

#### COREIA, TREMOR E OUTROS MOVIMENTOS ANORMAIS

Jacy Bezerra Parmera

Thiago Guimarães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130433>

### **CAPÍTULO 34.....440**

#### DISTONIA

Natasha Consul Sgarioni

Beatriz A Anjos Godke Veiga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130434>

### **CAPÍTULO 35.....452**

#### TRATAMENTO CIRÚRGICO DA DISTONIA

Paulo Roberto Franceschini

Bernardo Assumpção de Mônaco

Paulo Henrique Pires de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130435>

## PARTE 8 - CEFALEIA E EPILEPSIA

### **CAPÍTULO 36.....473**

#### CEFALÉIAS

Paulo Sergio Faro Santos

Pedro André Kowacs

Olga Francis Pita Chagas

Marco Antonio Nihl

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130436>

### **CAPÍTULO 37.....500**

#### EPILEPSIA

Elaine Keiko Fujisao

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130437>



## PARTE 9 - DEMÊNCIA E DISTÚRBIOS COGNITIVOS

### CAPÍTULO 38.....509

#### DEMÊNCIAS

Fábio Henrique de Gobbi Porto

Alessandra Shenandoa Heluani

Guilherme Kenzzo Akamine

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130438>

### CAPÍTULO 39.....524

#### DOENÇA DE ALZHEIMER

Raphael Ribeiro Spera

Bruno Diógenes Iepsen

Tarcila Marinho Cippiciani

Renato Anghinah

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130439>

### CAPÍTULO 40.....536


#### HIDROCEFALIA DE PRESSÃO NORMAL

Amanda Batista Machado

Marcela Ferreira Cordellini

Hamzah Smaili

Sonival Cândido Hunevicz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130440>

## PARTE 10 - NEOPLASIAS DO SISTEMA NERVOSO

### CAPÍTULO 41.....548

#### VISÃO GERAL DAS NEOPLASIAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

Carlos Alexandre Martins Zicarelli

Daniel Cliquet

Isabela Caiado Caixeta Vencio

Paulo Henrique Pires de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130441>

### CAPÍTULO 42.....563


#### NEOPLASIAS PRIMÁRIAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

Erasmus Barros da Silva Jr

Ricardo Ramina

Gustavo Simiano Jung

Afonso Aragão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130442>

**CAPÍTULO 43.....575**

**TUMORES DE BASE DO CRÂNIO**


Paulo Henrique Pires de Aguiar

Pedro Henrique Simm Pires de Aguiar

Giovanna Zambo Galafassi

Roberto Alexandre Dezena

Saleem Abdulrauf

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130443>

**CAPÍTULO 44.....587**

**TUMORES INTRARRAQUIANOS**

Paulo de Carvalho Jr.

Arya Nabavi

Paulo de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130444>

**CAPÍTULO 45.....609**

**CLASSIFICAÇÃO PATOLÓGICA DOS TUMORES DO SNC E DAS DOENÇAS NEUROLÓGICAS**

Ligia Maria Barbosa Coutinho

Arlete Hilbig

Francine Hehn Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130445>

**PARTE 11 - DOR E ESPASTICIDADE**

**CAPÍTULO 46.....636**


**DOR**

Pedro Antônio Pierro Neto

Giovanna Galafassi

Pedro Henrique Simm Pires de Aguiar

Paulo Henrique Pires de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130446>

**CAPÍTULO 47.....653**

**ESPASTICIDADE**

Bernardo Assumpção de Monaco

Paulo Roberto Franceschini


Manoel Jacobsen Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130447>

**CAPÍTULO 48.....666**

**NEUROMODULAÇÃO**

Marcel Simis


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130448>

## **PARTE 12 - TRANSTORNO DO SONO**

**CAPÍTULO 49.....673**

### **DISTÚRBIOS DO SONO**

Leonardo Condé

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130449>

## **PARTE 13 -PRINCÍPIOS EM NEUROINTENSIVISMO**

**CAPÍTULO 50.....686**

### **NEUROINTENSIVISMO**

Ana Maria Mendes Ferreira

Jakeline Silva Santos

Alysson Alves Marim

Tiago Domingos Teixeira Rincon

Kaio Henrique Viana Gomes

Guilherme Perez de Oliveira

Eduardo de Sousa Martins e Silva

Tamires Hortêncio Alvarenga

Gabriella Gomes Lopes Prata

João Pedro de Oliveira Jr.

Fernando Henrique dos Reis Sousa

Thiago Silva Paresoto

Luiz Fernando Alves Pereira

Gustavo Branquinho Alberto

Lívia Grimaldi Abud Fujita

Roberto Alexandre Dezena

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130450>

**CAPÍTULO 51.....701**

### **HIPERTENSÃO INTRACRANIANA**

Gustavo Sousa Noletto

João Gustavo Rocha Peixoto Santos

Wellingson Silva Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130451>

**CAPÍTULO 52.....713**

### **TRAUMATISMO CRANIOENCEFÁLICO**

Robson Luis Oliveira de Amorim

Daniel Buzaglo Gonçalves

Bruna Guimarães Dutra

Henrique Martins


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130452>

**CAPÍTULO 53.....729**

**TRAUMATISMO RAQUIMEDULAR**

Jerônimo Buzetti Milano

Heloísa de Fátima Sare

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130453>

**CAPÍTULO 54.....739**

**COMPLICAÇÕES NEUROLÓGICAS ASSOCIADAS ÀS INTOXICAÇÕES EXÓGENAS E AOS DISTÚRBIOS METABÓLICOS**

André E. A. Franzoi

Gustavo C. Ribas

Isabelle P. Bandeira

Letícia C. Breis

Marco A. M. Schlindwein

Marcus V. M. Gonçalves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130454>

**CAPÍTULO 55.....765**

**TRATAMENTO CIRÚRGICO DO INFARTO ISQUÊMICO MALIGNO DA ARTÉRIA CEREBRAL MÉDIA. INDICAÇÕES E LIMITAÇÕES DA CRANIOTOMIA DESCOMPRESSIVA**

Ápio Antunes

Rafael Winter

Paulo Henrique Pires de Aguiar

Marco Stefani

Mariana Tanus Stefani

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130455>

**CAPÍTULO 56.....775**

**TRAUMATISMO CRÂNIO-ENCEFÁLICO GRAVE. PAPEL DA CRANIOTOMIA DESCOMPRESSIVA**

Ápio Claudio Martins Antunes

Marco Antonio Stefani

Rafael Winter

Paulo Henrique Pires de Aguiar

Mariana Tanus Stefani

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130456>

**CAPÍTULO 57.....784**

**INFECÇÕES DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL**

Danielle de Lara

João Guilherme Brasil Valim

Sheila Wayszceyk

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130457>


## **PARTE 14 - DOENÇAS NEUROLÓGICAS DA INFÂNCIA**

**CAPÍTULO 58.....798**

### **SEMIOLOGIA NEUROLÓGICA PEDIÁTRICA**

Matheus Franco Andrade Oliveira

Juliana Silva de Almeida Magalhães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130458>

**CAPÍTULO 59.....807**

### **HIDROCEFALIA NA INFÂNCIA**

Tatiana Protzenko

Antônio Bellas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130459>


**CAPÍTULO 60.....817**

### **PARALISIA CEREBRAL INFANTIL**

Simone Amorim

Juliana Barbosa Goulardins

Juliana Cristina Fernandes Bilhar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130460>

## **PARTE 15 - OUTROS**

**CAPÍTULO 61.....838**

### **A NEUROPSICOLOGIA NOS TRATAMENTOS NEUROCIRÚRGICOS**

Samanta Fabricio Blattes da Rocha

Rachel Schlindwein-Zanini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130461>

**CAPÍTULO 62.....853**

### **APLICAÇÕES CLÍNICAS DE MODELOS DE MANUFATURA ADITIVA EM NEUROCIRURGIA**

André Giacomelli Leal


Lorena Maria Dering

Matheus Kahakura Franco Pedro

Beatriz Luci Fernandes

Mauren Abreu de Souza

Percy Nohama

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34622130462>

**SOBRE OS EDITORES .....867**

**SOBRE OS COLABORADORES E AUTORES.....868**

**Adauri Bueno de Camargo**

**Vanessa Albuquerque Paschoal Aviz Bastos**

### INTRODUÇÃO

Os processos sensoriais ocorrem no sistema nervoso a partir da ativação de vias e grupos de neurônios especializados. Essa ativação acontece decorrente de estímulos específicos como, por exemplo, som, luz, tato, movimento articular, vibrações, entre outros. Os estímulos são detectados por receptores e órgãos especializados que se ativam gerando um fenômeno físico-químico de despolarização de membranas que se propaga por vias específicas e atingem o sistema nervoso central gerando padrões elétricos típicos. Estes padrões tridimensionais são caracterizados por ondas bidimensionais mensuráveis através de sua frequência e duração, se colocarmos eletrodos de registro ao longo das vias ou sobre o escalpo, ou córtex cerebral, ao que chamamos de eletroencefalograma (EEG) e eletrocorticografia (EcoG), respectivamente<sup>1</sup>.

O EEG é o registro ao longo do tempo das atividades elétricas geradas por neurônios cerebrais. O registro mostra as atividades corticais cerebrais, sejam as relacionadas com o nível de consciência, como as de processamento sensorial, processamentos cognitivos, de centros de controles vitais e eventuais atividades consideradas aberrantes ou patológicas. Além dos padrões de ondas que caracterizam as oscilações neurais nos registros de rotina do EEG, conseguimos diferenciar e isolar ondas que representam processos controlados por testes provocativos. Para tanto, temos que estimular um dos sistemas sensoriais de forma controlada e marcar o

momento do teste. Os testes provocativos com estímulos visuais (*flashes* de luzes) ou sonoros são mais comuns, principalmente para o estudo de epilepsia. Os registros macroscópicos decorrentes desses eventos sensoriais são apontados ao longo do registro de EEG como sendo ondas ou potenciais relacionados a evento (*event-related potentials, ERP*)<sup>2,3</sup>.

Em um período qualquer de registro de EEG há eventos elétricos desencadeados por processos sensoriais que ocorrem de forma eventual, repetida e/ou continuada, concomitantemente ou isolados. Isto é, são desencadeados pela percepção sonora e visual do ambiente em que o sujeito examinado se encontra, bem como pela somatossensitiva difusa da pele, pelo tato, da posição do corpo, desconforto postural e mesmo dor. Esses eventos aleatórios e não controlados contribuem para o padrão de registro global, no entanto possuem magnitude insuficiente para que sejam representativos da via geradora ou mesmo caracteristicamente identificados ao longo do registro do EEG de rotina.

A partir desse entendimento, percebeu-se que podemos estimular uma via sensorial de forma intensa o suficiente para recrutarmos uma amostra significativa da via, amplificar as ondas registradas geradas por esses estímulos e, ao mesmo tempo, subtrair digitalmente as demais ondas suscitadas por atividade cerebral não derivada ou relacionada diretamente com aquele estímulo controlado. O registro resultante não mais é simplesmente um eletroencefalograma, mas um padrão de ondas de potenciais eletromagnéticos registrados que reflete a ativação, agora particular e isolada, do sistema sensorial estimulado. Para esse registro reservamos o termo “potencial evocado (PE)”.

## POTENCIAL EVOCADO

Por definição, é o registro de ondas (potenciais) resultantes (evocadas) da despolarização de neurônios biologicamente relacionados em um sistema funcional estimulado de forma controlada.

### Tipos de Potenciais Evocados

As três formas mais comuns de potenciais evocados são o auditivo (PEA), o visual (PEV) e o somatossensitivo (PES). Estes apresentam ondas de morfologias características que permitem que sejam estudadas rotineiramente. Algumas modalidades são derivadas destes três tipos de potenciais, como por exemplo, os potenciais evocados cognitivos por estímulos auditivos ou visuais, potenciais dermatoméricos e o potencial evocado gênitocerebral e de nervo trigêmeo. Os chamados potenciais evocados motores (PEM), embora usem o termo “potencial evocado”, não são registros a partir de estimulação sensorial e nem possuem um componente de registro cerebral. Os PEM se dividem em dois tipos distintos de registros: os de ondas oriundas da contração de unidades motoras (PEM musculares), e os de ondas conduzidas pelos tratos corticospinais, mas registrados da porção medular do trato apenas (PEM espinhal ou medular, ou onda D). Ambos são respostas evocadas a partir da estimulação das mesmas vias motoras corticospinais.

### Aspectos técnicos

Alguns pré-requisitos devem ser satisfeitos para o sucesso dos registros de potenciais evocados. As bases técnicas e conceitos de neurofisiologia básicos envolvidos nos registros fogem ao escopo deste capítulo, mas são encontrados em outras obras de neurofisiologia<sup>4,5</sup>, bem como aqueles pertinentes ao registro de ondas eletromagnéticas<sup>6</sup>. Em linhas gerais, vale salientar que há a necessidade de um grau mínimo tanto de ativação como de sincronização na condução das fibras em uma via para que haja a somatória de despolarizações e gere fenômenos elétricos potentes o suficiente para

serem registrados pelos eletrodos e diferenciados do ruído elétrico de fundo.

O estímulo tem que ser eficiente para a ativação da via; há que se levar em conta as suas características (tipo, intensidade, duração, etc) quando se analisa o registro final para considerar se o registro foi adequado. Para seu uso, quer seja clínico ou cirúrgico, se pressupõe o uso de estímulo supra máximo em intensidade para que haja o recrutamento do maior número possível de fibras contribuindo com a resposta analisada. O mesmo critério de estímulo é utilizado para o PEM medular (onda D). Entretanto, para o PEM muscular a intensidade de estímulo deve ser apenas supra limiar<sup>7</sup>.

O registro de ondas elétricas depende do campo eletromagnético criado pelos seus geradores e, portanto, do comportamento estacionário ou propagativo dos componentes dessas ondas<sup>1-3</sup>. Os PE são registros de eventos elétricos compostos de ambos os tipos: ondas que se propagam ou se deslocam ao longo da via nervosa e ondas estacionárias que emergem da ativação de "geradores" pós-sinápticos. Gerador é a estrutura responsável pelo evento elétrico registrado. Os geradores podem ser tanto aglomerados axonais como grupos de neurônios que se despolarizam sincronamente a partir da ativação da via pelo estímulo aplicado ou sucessivamente à medida que a via vai sendo ativada (propagação da despolarização axonal e ativação neuronal pós-sináptica). Assim, como um PE é derivado da ativação de uma via, a onda final registrada deve ser a resultante da atividade de mais de um gerador.

Quando há alteração na via, dependendo de quais geradores são afetados, primária ou secundariamente, vemos distorções de latência e amplitude das ondas. Como os geradores são ativados (ou inibidos) ao longo da via, sua contribuição também pode ser temporal e refletida na morfologia final do registro. A alteração de um gerador pode causar distorção da duração da onda, sua dispersão temporal, ou mesmo a ausência

de componentes específicos do PE considerado normal. O exemplo mais claro para se ilustrar esse conceito é o PEA.

O PEA é o resultado de estimulação intermitente monoaural, mais comumente por cliques, que ativa sequencialmente os diferentes geradores ao longo da via auditiva. O padrão de ondas resultante de geradores presentes espacialmente da cóclea, ponte, mesencéfalo até as áreas associativas está ilustrado na Figura 1: Na prática clínica, o PEA é dividido de acordo com o tempo de aparecimento de suas ondas em PEA de curta, média e longa latência. A sequência das primeiras ondas de curta latência é também conhecida como potencial evocado de tronco cerebral (PEATC), uma vez que seus geradores se estendem da cóclea ao mesencéfalo. Em outros PEs, como o PESS, os padrões de ondas registrados podem se sobrepor ou serem mais ou menos exuberantes na contribuição para com a morfologia do registro final, como observado na Figura 2.

Outro fator que pode influenciar o reconhecimento e a análise do registro final tem relação à montagem dos eletrodos de registro. Alguns dos eventos elétricos resultantes da ativação de estruturas neurológicas podem se propagar pelo corpo. O seu registro pode ser obtido a partir de pontos não necessariamente dentro do sistema nervoso, como por exemplo, na superfície da pele. Fenômeno semelhante ao que ocorre em registro de componentes do eletrocardiograma. As montagens de eletrodos padronizadas em neurofisiologia levam em conta essas características dos geradores e dos campos eletromagnéticos gerados, utilizando-se de eletrodo de registro mais próximo ao gerador para alguns registros (por exemplo, componente cortical do PESS ou em pontos independentes da distância do gerador para outras (por exemplo, componentes subcorticais do PESS e as ondas do PEA), como se observa na Figura 1 e 2B.

Conhecer as vias e as estruturas responsáveis pela geração dos diferentes tipos de PE e seus subcomponentes, bem como a neurofisiologia

envolvida, é de importância fundamental para a interpretação correta das ondas registradas quando são utilizados para diagnóstico clínico, como se percebe na Figura 1A. No seu uso intraoperatório, contudo, o conhecimento deve ser ampliado, acrescentando-se o de neuranatomia cirúrgica, das técnicas e manobras operatórias e dos passos cirúrgicos, já que estes acrescentam outros níveis de complexidade na interpretação dinâmica dos registros seriados que se sucedem, em tempo real, durante a monitorização neurofisiológica, como se observa nas Figuras 1C e 2C. Outro exemplo, a Figura 2F mostra registros simultâneos do mesmo PESS permitindo identificação do sulco central que divide as áreas sensitiva e motora no córtex cerebral. Esse conhecimento aplicado também foge ao escopo deste capítulo, mas deve ser estudado<sup>8-10</sup>.

### Significância clínica

Inicialmente, acreditou-se que os PEs pudessem expressar linearmente os graus de integridade de função do sistema estimulado. Contudo, seu uso em diagnóstico clínico mostrou-se limitado. Um ponto fundamental para se compreender essa limitação na linearidade entre os potenciais evocados e a clínica do indivíduo testado é lembrar que as funções sensoriais, bem como as motoras, são o resultado de fenômenos de alta complexidade. Essa complexidade advém da integralidade de ativação de diferentes vias participantes de um sistema e as circunstâncias no momento da sua ativação. A expressão clínica funcional é a expressão de processos em diversos níveis no espaço-tempo de um sistema biológico. Já o potencial evocado é o registro da resposta elétrica de apenas uma parte do sistema neurofuncional naquele momento da estimulação, artificial e controlada. Essa resposta e seu registro dependem da interação de múltiplos fatores no momento em que são gerados: a(s) montagem(s) de eletrodos de registro; as características do estímulo, como, por exemplo, sua eficiência, tipo, intensidade, duração e frequência; o aporte de fibras disponíveis e recrutadas, bem como a capacidade de condução



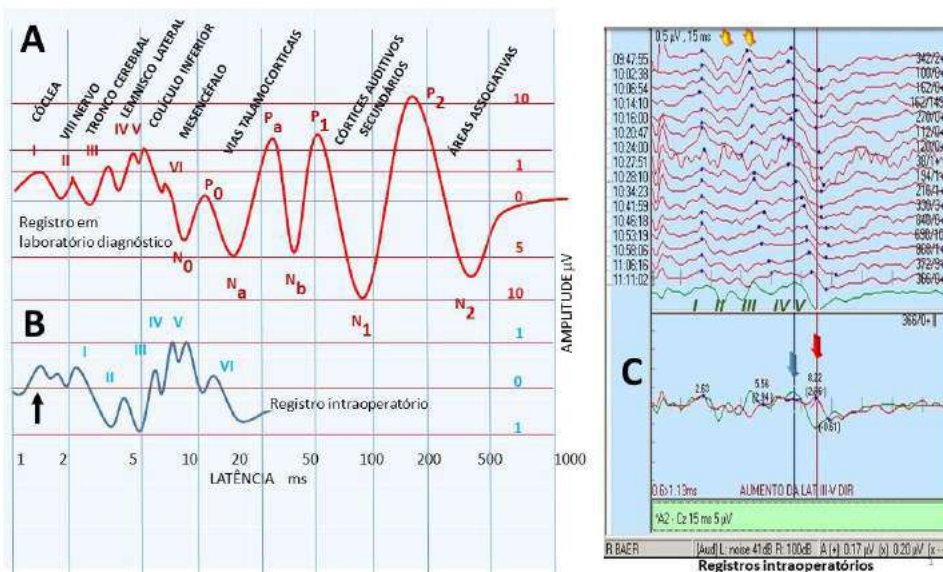


Figura 1 – Potencial evocado auditivo (PEA): Em **A**, observa-se a sequência de ondas geradas pela estimulação intermitente monoaural (cliques) dos diferentes geradores, espacialmente em série, ao longo da via auditiva. Em **B**, observa-se um segmento de registro de ondas de curta latência, o PEA de tronco cerebral (PEA-TC) usado em audiometria e em registros intraoperatório para monitorização neurofisiológica. Em **C**, a cascata de registros ao longo do tempo cirúrgico evidencia a perda de definição das ondas II e III (setas amarelas) e o aumento de latência da onda V a partir do registro de 10:28:10 (horários na coluna da esquerda). As setas azul, no registro inicial em verde, e vermelha, no registro final em vermelho, apontam para a onda V do PEA-TC.

Fonte: Os autores, 2021.

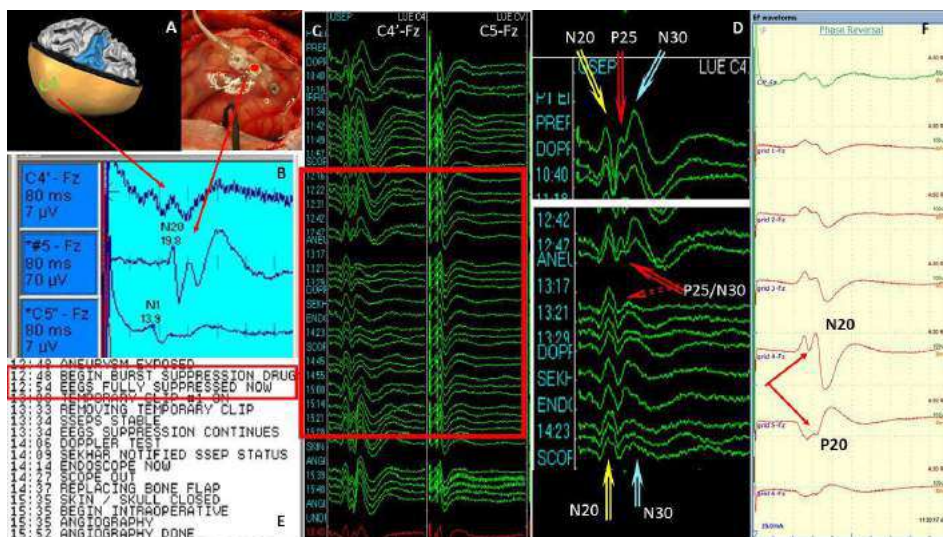


Figura 2 – Potencial evocado somatossensitivo (PESS) de nervo mediano esquerdo em punho em diferentes equipamentos: Em **A**, a representação esquemática do ponto de registro C4', do sistema internacional 10-20 de EEG, e fotografia de estria de eletrodos para registros intraoperatórios colocada sobre o córtex cerebral. Ambas as setas vermelhas de **A** apontam para respectivos registros. Em **B**, o mesmo PESS é visto em registros simultaneos, a partir de diferentes montagens: C4'-Fz eletrodo ativo em escalpo, #5-Fz ativo em estria cortical e C5'-Fz ativo em região cervical. Observe a amplitude muito maior do registro cortical (70uV) em comparação com o do escalpo (7uV). Em **C**, **D**, e **E** registros intraoperatórios durante monitoração de cirurgia para clipagem de aneurisma mostram a perda de alguns componentes da onda e de amplitude em registros subsequentes de PESS. A alteração é coincidente com o período de supressão cortical no EEG induzida por manipulação anestésica durante parte crítica da cirurgia (em realce no retângulo vermelho). No detalhe, em **D**, os registros são ampliados para se melhor observar a redução da amplitude dos componentes N20 e N30 e a mudança de morfologia com perda do pico negativo (setas vermelhas vazadas) entre P25-N30. Em **F**, observa-se série de registros simultâneos realizados com eletrodos no escalpo (C4'-Fz, em verde, ao topo) e com estria de eletrodos cortical cerebral (em vermelho). As setas vermelhas apontam para a reversão de fase N20, no registro #4-Fz, para P20, no #5-Fz, indicando a transição funcional cortical cerebral das áreas pós-central (#1 a #4) para pré-central (#5 e #6).

Fonte: Os autores, 2021.

da via no momento do estímulo. Estes dois últimos (aporte e neurocondução) dependem do estado físico da via bem como da base biológica no momento da estimulação. A presença de alterações ao longo da via, tanto as físicas e mecânicas como as biológicas podem ter impacto funcional. O estado físico se refere à integridade axonal e de mielinização. A base biológica é a que possibilita a neurocondução e denota principalmente o ambiente metabólico. Este dependente da perfusão sanguínea e do aporte eletrolítico e energético. Alterações como as decorrentes, por exemplo, de fenômenos inflamatórios têm papel primário (por exemplo, metabólico, como é visto no trauma agudo), bem como secundário (quando causa edema e/ou se resolve deixando tecido cicatricial). Estiramentos ou compressões nervosas podem ocorrer decorrentes de um processo agudo (edema cerebral peri-tumoral afetando a cápsula interna) ou concomitantemente (exemplo, uma luxação de nervo ulnar no cotovelo em um paciente com multineuropatia diabética). Fenômenos relacionados à inflamação podem tanto desencadear como potencializar os efeitos ao sistema nervoso de trauma mecânico e determinar bloqueio funcional de neurocondução.

O potencial evocado visual (PEV) talvez seja o melhor exemplo para se ilustrar esses conceitos: o PEV é uma sequência de ondas mais bem registrada por montagens sobre a região occipital. É evocado por estimulação visual ou com um padrão reverso (PR, tipo tabuleiro de xadrez) apresentado ao indivíduo testado em um monitor de vídeo, ou através de *flashes* repetidos de luz aplicados com óculos específicos para esse fim. A qualidade das respostas registradas depende do tipo de estímulo (PR ou *flash*), do ângulo, da intensidade (luminosidade), e da cor da fonte de luz, da frequência de aplicação do estímulo, bem como da presença de artefatos e ruídos de linha de fundo que possam contaminar (e confundir) a interpretação dos registros. Mesmo que as dificuldades técnicas primárias sejam controladas em uma rotina adequada, ainda há variáveis individuais, muitas não administráveis, tais como a acuidade visual, nível de atenção (ao

PR), presença de patologias oculares (por exemplo, catarata ou glaucoma) e outros impedimentos à chegada apropriada do estímulo ao nervo óptico e sua condução pela via.

Uma vez atingidos os níveis técnicos ótimos para o registro, as respostas evocadas coletadas não indicam se a visão do sujeito testado está presente, se é percebida em todos os quadrantes e com que qualidade e acuidade. Essa dissociação existe porque a expressão clínica da função visão não é simplesmente a resultante da ativação das vias óculo-occipito-corticais (origem do potencial evocado visual), mas sua ativação interconectada com múltiplas vias integradas (por exemplo, a via ventral – “o que é visto” – e a via dorsal – “quando e como é visto”) e a cognição final desse processamento<sup>11</sup>. Isso posto, o PEV pode ser um bom indicador para se avaliar a integridade do segmento inicial da via responsável pela visão. Sua aplicação em oftalmologia e neurologia para se diagnosticar neurite óptica é bem indicada e um bom exemplo de seu uso coadjuvante clínico<sup>12,13</sup>. Já seu uso em monitorização intracirúrgica é limitado pela sua falta de correlação linear com a visão.

Uma vez entendidos os graus de alcance e de limitação (do valor) dos registros, os potenciais evocados passaram a ter aplicações hoje consagradas baseados em sua especificidade e sensibilidade, tanto para diagnóstico e acompanhamento em cenários clínicos, bem como coadjuvante cirúrgico. Seu uso hoje é maior em neurooftalmologia, audiologia, neuropsicologia e no monitoramento intraoperatório.

O uso dos PEs para diagnóstico clínico tem sido progressivamente abandonado, tanto pela sua limitada aplicabilidade como pelo fato de que os métodos de imagem e laboratoriais têm se mostrado mais específicos e informativos. Por outro lado, o seu uso intraoperatório para a monitoramento de cirurgias que colocam o sistema nervoso em risco tem sido crescente e tido mais aceitação nos últimos 20 anos. Os PE se juntam às demais técnicas neurofisiológicas intraoperatórias (TNFIO), como os

registros de EEG e EcoG, eletromiografia (EMG) e métodos de estudo de neurocondução, ampliando o arsenal neurofisiológico disponível<sup>3,8,14</sup>. O seu uso apropriado pode proporcionar diminuição da morbidade intraoperatória, melhoria dos resultados cirúrgicos e ampliação do espectro de lesões passíveis de tratamento. Além disso, o emprego das TNFIO pelo cirurgião, bem como da monitorização neurofisiológica intraoperatória (MNIO) realizada pelo neurofisiologista, tem contribuído no aperfeiçoamento das técnicas cirúrgicas e no refinamento do prognóstico<sup>13-16</sup> por permitir que decisões mais adequadas para a preservação funcional sejam tomadas ainda no transcurso da cirurgia.

O cirurgião é o ator principal no ato operatório e demanda dele a aplicabilidade construtiva da informação neurofisiológica trazida pelas TNFIO. Apesar da formação dos cirurgiões ser fundamentalmente anatômica e privilegiar os métodos de imagem, são atualmente os profissionais que mais se utilizam dos PEs ao se depararem com desafios concretos a serem vencidos no centro cirúrgico quanto à preservação neurofuncional. O aperfeiçoamento das ferramentas de imagens funcionais, dos recursos de imagem disponíveis na sala cirúrgica (angiografia, fluoroscopia, tomografia e ressonância magnética intracirúrgicas) e da neuronavegação ainda não são suficientes para suprir o cirurgião com informações em tempo real, sobre a preservação funcional dos diversos sistemas neurológicos durante as abordagens e ressecções cirúrgicas. Muitas das técnicas neurofisiológicas foram incorporadas à técnica cirúrgica e automatizadas para uso intermitente, em várias etapas da cirurgia, para fornecer atualizações constantes e dinâmicas, por exemplo, o mapeamento de estruturas no campo cirúrgico, na identificação de nervos, de vias, ou de atividade cortical cerebral<sup>8,17-19</sup>. Novos desafios e avanços passaram a ser apresentados pelos cirurgiões aos neurofisiologistas à medida que as opções de tratamento cirúrgico para lesões que comprometem o sistema nervoso aumentaram com o refinamento do diagnóstico. Muitas lesões

inoperáveis em centros menores passaram a ter abordagens terapêuticas novas nos centros onde as TNFIO são presentes<sup>8-10,15</sup>.

Apesar da falta de linearidade dos registros com o grau de função clínica (como discutido anteriormente), os PEs podem mostrar boa correlação com o quadro clínico neurológico pré e pós-operatório, quando se acompanha sua estabilidade e se analisa os padrões e grau de flutuação de eventuais alterações durante sua monitoração intraoperatória. A presença de um registro de PE dentro de parâmetros pré-estabelecidos representa a “permeabilidade” da via estudada e a sua capacidade para levar a cabo a função tal qual documentada no momento de início do procedimento cirúrgico. Sua manutenção no transcórre intraoperatório indica que a via não sofreu alterações significantes. Quando alterada, dentro de limites pré-estabelecidos e apesar de não se conseguir determinar o quanto da função está preservada, permite afirmar que há ainda certo grau estrutural do sistema que permite que aquela função seja expressa. O melhor exemplo talvez seja a persistência de potenciais motores (dentro de parâmetros aceitáveis) ao final de uma ressecção de um tumor adjacente à área motora, ou outro intramedular.

A presença dos PEMs indica que o trato corticoespinal (base dos PEMs) está conduzindo, e, portanto, capaz de sustentar movimentação voluntária. Contudo, é impossível somente com base na sua presença, indicar o grau de força, resistência, tono muscular durante atos voluntários, ou outros qualificativos da função motora, já que estes dependem de vias paralelas ao trato corticoespinal e que não são avaliadas pelos PEMs. O paciente que acorda plégico de uma cirurgia onde os PEMs estavam presentes (embora alterados) ao final do procedimento, excluídos erros técnicos, tem um indicador de preservação da sua capacidade de movimento e um prognóstico favorável à sua reabilitação. Se há perda dos PEMs, sua chance de recuperação é incerta. Essa correlação, ainda que

possa parecer grosseira, permite que o cirurgião mude sua estratégia ou interrompa um procedimento de acordo com os primeiros sinais de alteração dos PEs, visando um resultado funcional mais favorável. Quando a perda é súbita e inevitável, agora em seu papel documental, os PEs permitem um aprimoramento técnico para futuros pacientes, permitindo entender o momento da ocorrência de uma lesão.

O entendimento de que as funções neurológicas são como uma sinfonia orquestrada por vários componentes de um sistema através do aporte de diferentes grupos de vias e fibras contribuintes, em diferentes tempos, permite considerar as nuances de variações de respostas de PEs e das expressões clínicas dentro de um conceito de reserva neurológica. Nem toda a totalidade de fibras e vias de um sistema funcional participam o tempo todo na geração de um PE e nem na expressão clínica de uma função qualquer. Os seus recrutamentos são intermitentes e alternantes. Quanto mais disponíveis para serem ativadas, mais íntegra será a expressão clínica e mais próximos do normal serão os PEs. Dessa forma, funções clínicas podem estar aparentemente normais até que sejam testadas adequadamente e, só então, alterações não mencionadas ou mesmo percebidas pelo paciente podem ser identificadas. Outras vezes, o sistema está em seu limite, ainda capaz de uma expressão clínica normal, mas com a progressão da patologia ou quando submetidas à situação de sobrecarga (estresse) perderá essa capacidade (alterações subclínicas). Não raramente, essas alterações são detectadas nos registros basais iniciais de referência no momento anterior à incisão cirúrgica: retardos de latências de respostas motoras, sensitivas ou auditivas; assimetrias morfológicas das respostas sensitivas ou do limiar de excitabilidade aumentado (para o registro de respostas) para um ou vários dos diversos potenciais evocados, quando se comparam às respostas entre os dois lados do corpo ou com o padrão para diagnóstico clínico. Isso pode acontecer apesar de não existirem alterações clinicamente aparentes, por que a “reserva neurológica funcional”

está reduzida (talvez, ainda mais) pelos efeitos fisiológicos das drogas utilizadas na anestesia.

Apesar disso, os registros basais não têm valor diagnóstico absoluto e não devem ser utilizados para tanto, mas apenas como referência para se determinar a monitorabilidade (e o seu grau) da via testada e para parâmetro de eventuais alterações no decorrer da cirurgia. A avaliação neurofisiológica diagnóstica prévia à cirurgia, embora não seja fundamental para a MNFIO, pode auxiliar no uso de algumas das metodologias e em questões médico-legais como item documental pré-operatório de déficits existentes<sup>20-24</sup>.

O respaldo por estudos imparciais, multicêntricos randomizados para o uso dos PEs em ambiente cirúrgico, e mesmo dos protocolos complexos de MNIO, todavia são escassos. Isso pode deixar o clínico e o cirurgião receosos. Principalmente quando o método é alvo de ataques por profissionais que tiveram maus resultados ou de fontes pagadoras que visam minimizar o gasto com procedimentos complexos. A escassez daqueles estudos se deve a vários motivos, mas principalmente por questões ético-legais na restrição à oferta de procedimentos (duplo-cego) que são aceitos como trazendo benefícios.

Até há cerca de uma década, o número de publicações sobre o uso de NFIO era muito restrito. Nos últimos anos, observou-se um crescimento importante de publicações por diversos centros. Contudo, deve-se refletir sobre o critério de frequência com que as técnicas e resultados são publicados. A análise da genealogia das publicações pode mostrar que elas convergem para poucos Centros ou grupos de estudiosos. Isso pode ter um efeito de mera reafirmação decorrentes de pensamentos que passam a ser aceitos pela repetição e não por efetividade metodológica ou, ainda mesmo, totalmente corretos. Esse fato, na verdade, tem efeito paradoxal limitante na expansão e resolução de questões técnicas e questionamentos saudáveis que possam trazer a ampliação da aquisição do conhecimento e à percepção limitante do uso dos

PEs. Daí a necessidade do cirurgião aprofundar seu conhecimento em neurofisiologia colocando teorias e metodologias em prática e à prova. O cirurgião e o neurofisiologista devem guiar um ao outro para esse exercício. Os resultados devem ser discutidos, buscando correlacioná-los com os pós-operatórios, fortalecendo o senso crítico da equipe, cooperando com o progresso da especialidade e o maior alcance dos PEs na neuromonitorização. Essa dinâmica proporciona maior segurança do paciente e melhores resultados cirúrgicos.

### **Critérios de análise e correlações**

A parte mais importante na análise do registro de um padrão de ondas de um PE é o reconhecimento de sua morfologia, a qual é característica em cada uma das modalidades e sua reprodutibilidade em registros sequenciais. Só a partir do reconhecimento morfológico das ondas registradas e sua reprodutibilidade é que determinamos que aquele registro não é um artefato ou ruído de fundo e podemos iniciar a análise da onda propriamente dita. A análise principal rotineira é feita em base das latências dos picos e vales (deflexões negativas e positivas) das ondas e sua amplitude de pico a pico. Como discutido anteriormente, vários fatores devem ser observados durante a análise, tais como aqueles inerentes às técnicas de estimulação e registro utilizadas, qualidade dos registros, patologias existentes, desvios da homeostase, outras alterações dinâmicas (por exemplo, atenção no monitor de PEV, posicionamento do membro em PESS de nervo ulnar, etc.), nível de relaxamento e consciência, entre outros. Esse grau de complexidade que se sobrepõe ao reconhecimento básico do padrão de ondas do PE se reflete no seu uso adequado, tanto clínico como intraoperatório. Não é de se estranhar que seu uso clínico "popular" seja extremamente limitado e advogado mais por neurofisiologistas experientes. O mesmo observa-se no seu uso intraoperatório. Quando o monitorizador (médico, especializado ou não, ou "técnico") falha na realização do registro pertinente ao tempo cirúrgico e/ou com sua análise objetiva, acurada e dinâmica,

pode parecer que a falha é do método.

O cirurgião tem que entender precisamente quais informações pode obter e quando as solicitar bem como compreender de forma precisa as alterações dos registros que lhe são comunicadas pelo neurofisiologista<sup>8,24-26</sup> para que medidas pertinentes sejam tomadas. Para tanto, há a necessidade imperiosa de que tanto o neurofisiologista quanto o cirurgião tenham treinamento e desenvolvam experiência no uso das TNFIO. A não observância dessa condição está por trás da maioria dos chamados "maus resultados".

Uma vez que a NFIO influencia especificamente o índice de morbidade neurológica intracirúrgica e o pós-operatório, pode haver uma falsa sensação de segurança e, paradoxalmente, aumentar o índice de morbidade quando mal empregada. Assim, o emprego inadequado de PEs e as demais técnicas neurofisiológicas na monitoração intraoperatória podem ser tão ou mais prejudiciais que a ausência do seu uso.

De maneira geral, o baixo índice de morbidade intraoperatória está diretamente ligado à patologia de base, à competência da equipe cirúrgica na curva de aprendizado-experiência e à técnica (abordagem) operatória escolhida. A informação funcional fornecida pelas TNFIO não diminui os riscos intrínsecos de um procedimento cirúrgico, mas definitivamente contribui para a maior segurança deste e para a limitação de prejuízos funcionais inevitáveis quando apropriadamente empregada ao longo da cirurgia. Esses dois conceitos, risco e segurança, devem ser claros para a equipe cirúrgica e para o paciente quando apresentado à possibilidade desses recursos neurofisiológicos.

Sempre que se observam maus resultados cirúrgicos relacionados à via monitorada, o neurofisiologista deve proceder a uma revisão crítica do procedimento para a devida adequação dos protocolos utilizados, promover ações corretivas plausíveis, e/ou a educação continuada da equipe quanto aos limites das técnicas empregadas<sup>27-29</sup>, através de discussão com a equipe cirúrgica

(cirurgião e anestesista) para melhoria contínua da segurança do paciente e resultados cirúrgicos.

Qualquer metodologia propedêutica que demande alta complexidade em sua execução e análise está fadada a ter seu uso limitado até que o conhecimento tenha sido democratizado e o treinamento técnico de excelência se torne a norma. Vemos isso acontecer com testes laboratoriais e de imagem, com procedimentos endoscópicos e endovasculares. O uso relativamente restrito dos PEs e sua credibilidade colocada em questão por falta de conhecimento sobre o método e a consequente baixa demanda contribuem para um ciclo vicioso de baixos investimentos, tanto financeiros e tecnológicos para o aprimoramento de equipamentos e insumos, como humanos em formação adequada de profissionais aptos ao uso ótimo dessas metodologias funcionais.

No Brasil, os baixos valores de remuneração associados a limitações na regulamentação na área de atuação médica permitem que os PEs e a MNIO sejam oferecidos por profissionais sem formação verificável, ou “independente”, ou por autodidatas, ou com períodos variáveis subótimos de estágios de observação de profissionais em serviços terceiros. Com o passar do tempo, o examinador e/ou o monitorizador de formação independente podem ter adquirido uma percepção simplificada da metodologia e se tornar bastante confiante, sem estar consciente de erros ou percalços, tanto técnicos como de aplicação clínica. São exatamente essas circunstâncias que acarretam vícios e conceitos equivocados, levando a resultados desfavoráveis, à aparente dissociação dos registros com a clínica e à percepção ou sentimento, tanto pelo clínico, no uso diagnóstico, como pelo cirurgião, no uso da MNIO de que as metodologias são muito limitadas ou não confiáveis. Contudo, a carência de profissionais bem capacitados não deve ser fator limitante, mas sim, fonte de estímulos para que se invista na formação e na construção de experiência<sup>8,30,31</sup>.

## CONCLUSÃO

Muito tempo e conhecimento foram necessários para vermos os potenciais evocados como ferramenta adjuvante útil, tanto no diagnóstico clínico como no tratamento cirúrgico de patologias que comprometem o sistema nervoso.

Decorreram séculos, desde que Galvani descreveu a “eletricidade animal”<sup>32,33</sup> e mais de um século desde as observações de Caton<sup>34</sup> sobre alterações elétricas no cérebro de animais decorrentes de estimulação sensorial e atividade motora. Quase 100 anos após o primeiro EEG por Berger<sup>35</sup> e quase 70 anos após Penfield<sup>36</sup> publicar seus trabalhos em estimulação cortical e todos os estudos de padrões de ondas cerebrais foram necessários para nos conduzir até as metodologias de estudo neurofisiológico de PEs. Essas metodologias para o registro de PEs variam com as modalidades de estimulação e via neurológica estudada, em testes para estudo diagnóstico, de investigação e de seguimento, em protocolos clínicos e cirúrgicos.

Embora os testes neurofisiológicos e o embasamento teórico sejam os mesmos, as técnicas e normatizações são distintas nos vários cenários e ambientes. O conhecimento neuroanatômico e a familiarização com técnicas e abordagens cirúrgicas são de extrema importância para o uso adequado das ferramentas neurofisiológicas, incluindo-se os PEs, em ambiente cirúrgico.

O profissional envolvido com o uso de PEs para a neuromonitoração necessita mais que expertise clínica. Deve se dedicar à NFIO de forma integral, desenvolver a agilidade e dinamismo requeridos nas áreas cirúrgicas em foco e aguçar o senso de pesquisa para melhor se adaptar às necessidades da área.

Como acontece com qualquer técnica de escopo circunscrito, sempre há certa lentidão na disseminação, e apreensão na implementação e no uso dos PEs. Novos empregos de não-tão-novas metodologias aparecem com a sofisticação tecnológica e a democratização do conhecimento fundamental.

Esse processo requer ajustes, adaptação através da experiência e o despertar do interesse tanto nas áreas clínica como cirúrgica. Em especial no uso de PEs em protocolos intraoperatórios, o relativo pequeno esforço que se requer para sua utilização adequada, assim como de todas outras ferramentas neurofisiológicas existentes, é compensado, em muito, pela segurança disponibilizada ao paciente e ao cirurgião, particularmente nos momentos de tomada de decisões durante a cirurgia.

A nossa experiência coincide com o que outros centros têm mostrado: o uso clínico dos PEs tem indicações bastante específicas e permitem seguimento clínico-funcional. Seu uso intraoperatório é considerado indispensável para muitos procedimentos uma vez que a equipe cirúrgica (cirurgião, anestesista e neurofisiologista) domine o uso das metodologias e sinta-se mais confortável com as ferramentas neurofisiológicas, compartilhando os avanços atingidos em Neurocirurgia, Neurofisiologia e Anestesia. A adequada utilização dos potenciais evocados na neurofisiologia intraoperatória constitui um avanço valioso dentro das diretrizes da medicina possibilitando procedimentos minimamente invasivos e maximamente monitorados. Seu emprego é importante na redução da morbidade intracirúrgica e aumento da eficiência terapêutica e maior segurança do paciente.

## REFERÊNCIAS

- 1- Olejniczak P. Neurophysiologic basis of EEG. *J Clin Neurophysiol*. 2006;23(3):186-189.
- 2- Helfrich RF, Knight RT. Cognitive neurophysiology: Event-related potentials. In: Levin KH, Chauvel P, eds. *Handbook of Clinical Neurology*, vol. 160 3rd edition. Amsterdã; 2019. p. 543-558.
- 3- Guérit JM, Amantini A, Amodio P, *et al*. Consensus on the use of neurophysiological tests in the intensive care unit (ICU): electroencephalogram (EEG), evoked potentials (EP), and electroneuromyography (ENMG). *Neurophysiol Clin*. 2009;39(2):71-83.
- 4- Nuwer MR. Fundamentals of evoked potentials and common clinical applications today. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1998;106(2):142-148.
- 5- Kraft GH, Aminoff MJ, Baran EM, Litchy WJ, Stolov WC. Somatosensory evoked potentials: clinical uses. AAEM Somatosensory Evoked Potentials Subcommittee. American Association of Electrodiagnostic Medicine. *Muscle Nerve*. 1998;21(2):252-258.
- 6- Butcher G. *Tour of the Electromagnetic Spectrum*, National Aeronautics and Space Administration, U.S. National Aeronautics and Space Administration. 2011.
- 7- MacDonald DB, Skinner S, Shils J, Yingling C. Intraoperative motor evoked potential monitoring-A position statement by the American Society of Neurophysiological Monitoring. *Clinical Neurophys* 2013;124(12):2291-2316.
- 8- Bueno de Camargo A. Monitorização Neurofisiológica Intraoperatória. In: Pinto LC (ed). *Neurofisiologia Clínica -Princípios Básicos e Aplicações*. 2ª edição. São Paulo: Editora Atheneu.
- 9- Nuwer M. Intraoperative Monitoring of Neural Function: *Handbook of Clinical Neurophysiology*. Elsevier; 2008.
- 10- Simon MV. Intraoperative neurophysiology a comprehensive guide to monitoring and mapping. 2nd ed. USA: Demos Medical Publishing-Springer; 2019.
- 11- Creel DJ. Visually evoked potentials. *Handb Clin Neurol*. 2019;160:501-522.
- 12- Gronseth GS, Ashman EJ. Practice parameter: the usefulness of evoked potentials in identifying clinically silent lesions in patients with suspected multiple sclerosis (an evidence-based review): Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*. 2000;54(9):1720-1725.
- 13- Polman CH, Reingold SC, Banwell B, *et al*. Diagnostic criteria for multiple sclerosis: 2010 revisions to the McDonald criteria. *Ann Neurol*. 2011;69(2):292-302.
- 14- Hussain AM. *A practical approach to neurophysiologic intraoperative monitoring*, 2nd ed. New York: Demos Medical Publishing; 2015.
- 15- Deletis V, Bueno De Camargo A. Interventional neurophysiological mapping during spinal cord procedures. *Stereotact Funct Neurosurg*. 2001;77(1-4):25-8.
- 16- Deletis V, Shils J. *Neurophysiology in Neurosurgery – a modern intraoperative approach*. New York: Academic Press; 2002.
- 17- Szelényi A, Bueno de Camargo A, Flamm E, Deletis V. Neurophysiological criteria for intraoperative prediction of pure motor hemiplegia during aneurysm surgery. Case report. *J Neurosurg*. 2003;99(3):575-578.
- 18- Tian NF, Huang QS, Zhou P, *et al*. Pedicle screw insertion accuracy with different assisted methods: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Eur Spine J*. 2011;20(6):846-859.
- 19- Szelényi A, Kothbauer K, de Camargo AB, Langer D, Flamm ES, Deletis V. Motor evoked potential monitoring during cerebral aneurysm surgery: technical aspects and comparison of transcranial and direct cortical stimulation. *Neurosurgery*. 2005;57(4):331-338.

- 20- Pisanu A, Porceddu G, Podda M, Cois A, Uccheddu A. Systematic review with meta-analysis of studies comparing intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerves versus visualization alone during thyroidectomy. *J Surg Res*. 2014;188(1):152-161.
- 21- Sand T, Kvaløy MB, Wader T, Hovdal H. Evoked potential tests in clinical diagnosis. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2013;133(9):960-965.
- 22- Sawamura Y, de Tribolet N. Can we cure gliomas? Limitations of treatment including surgery. In: Crockard A, Hayward R, Hoff TJ (eds). *Neurosurgery: the scientific basis of clinical practice*, 3rd ed. Blackwell Science; 2000. p. 621.
- 23- Kimura J. Facts, fallacies, and fancies of nerve conduction studies: twenty-first annual Edward H. Lambert Lecture. *Muscle Nerve*. 1997;20(7):777-87.
- 24- Tankisi H, Pugdahl K, Fuglsang-Frederiksen A, *et al*. Pathophysiology inferred from electrodiagnostic nerve tests and classification of polyneuropathies. Suggested guidelines. *Clin Neurophysiol*. 2005;116(7):1571-1580.
- 25- May DM, Jones SJ, Crockard HA. Somatosensory evoked potential monitoring in cervical surgery: identification of pre- and intraoperative risk factors associated with neurological deterioration. *J Neurosurg*. 1996;85(4):566-573.
- 26- Novak K, Widhalm G, de Camargo AB, *et al*. The value of intraoperative motor evoked potential monitoring during surgical intervention for thoracic idiopathic spinal cord herniation. *J Neurosurg Spine*. 2012;16(2):114-126.
- 27- Szelényi A, Bueno de Camargo A, Deletis V. Neurophysiological evaluation of the corticospinal tract by D-wave recordings in young children. *Childs Nerv Syst*. 2003;19(1):30-34.
- 28- Journée HL, Shils J, Bueno de Camargo A, Novak K, Deletis V. Failure of Digitimer's D-185 transcranial stimulator to deliver declared stimulus parameters. *Clin Neurophysiol*. 2003;114(12):2497-2498.
- 29- Szelényi A, Kothbauer K, de Camargo AB, Langer D, Flamm ES, Deletis V. Motor evoked potential monitoring during cerebral aneurysm surgery: technical aspects and comparison of transcranial and direct cortical stimulation. *Neurosurgery*. 2005;57(4):331-338.
- 30- Sala F, Palandri G, Basso E, *et al*. Motor evoked potential monitoring improves outcome after surgery for intramedullary spinal cord tumors: a historical control study. *Neurosurgery*. 2006;58(6):1129-1143.
- 31- Skinner S, Holdefer R, McAuliffe JJ, Sala F. Medical Error Avoidance in Intraoperative Neurophysiological Monitoring: The Communication Imperative. *J Clin Neurophysiol*. 2017;34(6):477-483.
- 32- Piccolino M. Luigi Galvani's path to animal electricity. *C R Biol*. 2006;329(5-6):303-318.
- 33- Finger S, Piccolino M, Stahnisch FW. Alexander von Humboldt: galvanism, animal electricity, and self-experimentation part 1: formative years, naturphilosophie, and galvanism. *J Hist Neurosci*. 2013;22(3):225-260.
- 34- Spillane JD. A memorable decade in the history of neurology 1874-84--II. *Br Med J*. 1974;4(5947):757-759.
- 35- Walter WG. Critical Review: The Technique And Application Of Electro-Encephalography. *J Neurol Psychiatry*. 1938;1(4):359-385.
- 36- Penfield W, Erickson T, Tarlov I. Relation of intracranial tumors and symptomatic epilepsy. *Arch Neurol Psychiatry*. 1940;44:300-315.