



## ***Inovações cirúrgicas na abordagem de doenças neurodegenerativas***

Leonardo José Rocha Guerreiro<sup>1</sup>, Giovanna Fronterotta Giusti de Freitas<sup>2</sup>, Priscila Luiza dos Santos<sup>2</sup>, Jorge Ramires Terrazas<sup>3</sup>, Tiago da Silva Hotta<sup>2</sup>, Lucas Ferreira Ros<sup>4</sup>, Breno Pimentel Sampaio<sup>2</sup>, Beatriz Benedetti Barbosa<sup>2</sup>, Gustavo Dias da Silva Moraes<sup>5</sup>, Bruno Granata Mota<sup>2</sup>, Enzo Mariano Busano<sup>6</sup>, Pedro Ziulli Del Massa<sup>2</sup>, Bianca venturelli<sup>7</sup>, Fabio Deltreggia<sup>8</sup>, Thales Saleh Savi<sup>2</sup>, Isabela Golin Nicolino<sup>2</sup>, Tiago Luís Pereira Santos<sup>9</sup>, Isabella Gonçalves Gabriel<sup>2</sup>.

### REVISÃO INTEGRATIVA

#### **RESUMO**

O presente artigo realiza uma revisão integrativa abordando as inovações cirúrgicas na abordagem de doenças neurodegenerativas. Em resposta ao crescente interesse na interseção entre cirurgia, neurociência e tecnologias emergentes, busca-se compreender as tendências atuais e futuras nas intervenções cirúrgicas para o tratamento dessas condições. A metodologia adotada seguiu diretrizes rigorosas para a realização de uma revisão integrativa. Foi realizada uma busca sistemática em bases de dados científicas, como PubMed, Scopus e Scielo, utilizando palavras-chave específicas. Foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão para a seleção das referências, levando em consideração a relevância para inovações cirúrgicas em doenças neurodegenerativas. A análise crítica das referências selecionadas revelou uma ampla gama de inovações cirúrgicas aplicadas no contexto das doenças neurodegenerativas. Destacam-se abordagens como neuroestimulação, interfaces cérebro-máquina, estimulação cerebral profunda e outras técnicas cirúrgicas avançadas. Resultados indicam benefícios significativos em termos de melhoria cognitiva, controle motor e qualidade de vida para os pacientes submetidos a essas intervenções. A revisão integrativa proporcionou uma visão abrangente das inovações cirúrgicas na abordagem de doenças neurodegenerativas. Os avanços tecnológicos e as abordagens cirúrgicas inovadoras apresentam promissoras perspectivas terapêuticas. Contudo, desafios como a personalização dos tratamentos e a avaliação a longo prazo ainda requerem investigações mais aprofundadas. A conclusão ressalta a importância contínua da pesquisa nesse campo para aprimorar a eficácia e a segurança dessas intervenções, contribuindo assim para o avanço do tratamento de doenças neurodegenerativas.

**Palavras-chave:** Doenças neurodegenerativas, Neurocirurgia, Interfaces Cérebro-Computador, Estimulação Encefálica Profunda.

# Surgical innovations in the approach to neurodegenerative diseases

## ABSTRACT

This article is an integrative review of surgical innovations in the treatment of neurodegenerative diseases. In response to the growing interest in the intersection between surgery, neuroscience and emerging technologies, it seeks to understand current and future trends in surgical interventions for the treatment of these conditions. The methodology adopted followed strict guidelines for conducting an integrative review. A systematic search was carried out in scientific databases such as PubMed, Scopus and Scielo, using specific keywords. Inclusion and exclusion criteria were established for the selection of references, taking into account their relevance to surgical innovations in neurodegenerative diseases. Critical analysis of the selected references revealed a wide range of surgical innovations applied in the context of neurodegenerative diseases. Approaches such as neurostimulation, brain-machine interfaces, deep brain stimulation and other advanced surgical techniques stand out. Results indicate significant benefits in terms of cognitive improvement, motor control and quality of life for patients undergoing these interventions. The integrative review provided a comprehensive overview of surgical innovations in the approach to neurodegenerative diseases. Technological advances and innovative surgical approaches present promising therapeutic prospects. However, challenges such as personalization of treatments and long-term evaluation still require further investigation. The conclusion underscores the continued importance of research in this field to improve the efficacy and safety of these interventions, thus contributing to advances in the treatment of neurodegenerative diseases.

**Keywords:** Neurodegenerative diseases, Neurosurgery, Brain-Computer Interfaces, Deep Brain Stimulation.

**Instituição afiliada** – <sup>1</sup> Graduado de medicina pela Faculdade Santa Marcelina, <sup>2</sup> Acadêmico de medicina pela Faculdade Santa Marcelina, <sup>3</sup> Acadêmico de medicina pela PUC – Campinas, <sup>4</sup> Acadêmico de medicina pelo Centro Universitário de Votuporanga – UNIFEV, <sup>5</sup> Graduado de medicina pelo Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos - ITPAC PORTO NACIONAL, <sup>6</sup> Acadêmico de medicina pela Faculdade de Medicina Barretos/Facisb, <sup>7</sup> Graduada de medicina pela Faculdade Anhembí Morumbi / UAM, <sup>8</sup> Acadêmico de medicina pela Universidade municipal de São Caetano do Sul (USCS), <sup>9</sup> Acadêmico de medicina pela Faculdade das Américas / FAM

**Dados da publicação:** Artigo recebido em 29 de Janeiro e publicado em 19 de Março de 2024.

**DOI:** <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n3p1662-1669>

**Autor correspondente:** Leonardo José Rocha Guerreiro [leonardoquerreiro532@gmail.com](mailto:leonardoquerreiro532@gmail.com)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



## **INTRODUÇÃO**

Doenças neurodegenerativas representam um desafio crescente para a saúde global, demandando abordagens inovadoras para melhorar os resultados terapêuticos. Nas últimas décadas, avanços significativos em neurocirurgia e tecnologias neuromoduladoras têm proporcionado novas perspectivas no tratamento dessas condições. Este artigo propõe uma revisão integrativa centrada em inovações cirúrgicas para abordar doenças neurodegenerativas, explorando intervenções que vão desde a estimulação cerebral profunda até interfaces cérebro-máquina. Para contextualizar esse cenário, são apresentadas referências que abordam diversas facetas dessa temática complexa.

A revisão começa com a análise de Bamdad et al. (2015), que destaca a aplicação de sistemas de interface cérebro-computador (BCI) na neuroreabilitação, proporcionando uma visão abrangente dos avanços nessa área. Sanches et al. (2021) oferece uma análise crítica das abordagens de estimulação cerebral não invasiva, delineando o panorama passado, presente e futuro dessas intervenções em doenças neurodegenerativas.

Holczer et al. (2020) aprofunda a revisão, focando na estimulação cerebral não invasiva em doenças neurodegenerativas específicas, como a doença de Alzheimer e comprometimento cognitivo leve. Em seguida, Cernera et al. (2019) apresenta uma revisão dos resultados cognitivos em pacientes com distúrbios do movimento submetidos à estimulação cerebral profunda, ampliando o escopo da revisão para condições neurológicas específicas.

Hell et al. (2019), por sua vez, discute as perspectivas futuras da programação da estimulação cerebral profunda, destacando a importância da identificação de alvos específicos e da implementação de estímulos adaptativos em circuito fechado. Pugliese et al. (2022) expande ainda mais o horizonte, explorando tecnologias emergentes, como telemedicina, robótica assistiva e interfaces neurais, no manejo de pacientes com esclerose lateral amiotrófica.

Chaudhary et al. (2015), Soekadar et al. (2015) e van Dokkum et al. (2015) abordam a interseção entre neuroreabilitação e interfaces cérebro-máquina, destacando a aplicação de interfaces cérebro-máquina em casos de paralisia e acidente vascular cerebral. Por fim, Yagi et al. (2023) oferece uma perspectiva futurista, discutindo as aplicações atuais e futuras de inteligência artificial e aprendizado de máquina na revolução do cuidado espinal.

Neste contexto, a revisão busca consolidar as descobertas desses estudos, proporcionando uma compreensão abrangente das inovações cirúrgicas na abordagem de doenças neurodegenerativas. A análise crítica dessas referências contribuirá para orientar futuras pesquisas e práticas clínicas, promovendo avanços significativos no campo da neurocirurgia e neuroreabilitação.

## **METODOLOGIA**

A metodologia empregada para realizar a revisão integrativa sobre inovações cirúrgicas na abordagem de doenças neurodegenerativas foi conduzida de acordo com

as diretrizes recomendadas pela literatura científica. O protocolo metodológico adotado buscou garantir uma análise abrangente e crítica das evidências disponíveis nas referências selecionadas. A seguir, são detalhados os passos seguidos:

A escolha do tema baseou-se na relevância crescente das intervenções cirúrgicas e tecnologias emergentes no contexto do tratamento de condições neurodegenerativas.

Para realizar buscas sistemáticas nas bases de dados, foram identificados descritores relevantes, tais como doenças neurodegenerativas, neurocirurgia, Interfaces Cérebro-Computador, Estimulação Encefálica Profunda. Essas palavras-chave foram utilizadas de forma combinada para otimizar a busca de artigos pertinentes.

As buscas foram realizadas em bases de dados científicas renomadas, incluindo PubMed, Scopus e Scielo. Essas plataformas foram escolhidas devido à sua abrangência e foco em artigos relacionados a neurociência, cirurgia e inovações tecnológicas. Os artigos incluem os anos de 2015 a 2023, produzidos nos idiomas inglês e português.

Foram estabelecidos critérios de inclusão para selecionar os artigos pertinentes. Artigos que abordassem especificamente inovações cirúrgicas em doenças neurodegenerativas, incluindo neuroestimulação, interfaces cérebro-máquina e intervenções cirúrgicas, foram incluídos. Artigos que não atendiam a esses critérios ou que não estavam disponíveis em texto completo foram excluídos.

As referências foram submetidas a uma análise crítica e sistemática. Foram sintetizadas informações sobre as inovações cirúrgicas abordadas em cada artigo, destacando técnicas cirúrgicas, resultados obtidos, desafios enfrentados e perspectivas futuras.

Com base na análise das referências, a revisão integrativa foi elaborada de forma estruturada, abordando aspectos relevantes das inovações cirúrgicas na abordagem de doenças neurodegenerativas. A metodologia adotada proporcionou uma revisão integrativa robusta e abrangente sobre inovações cirúrgicas em doenças neurodegenerativas, consolidando informações relevantes da literatura científica selecionada.

## **RESULTADOS**

A revisão revelou uma ampla gama de avanços significativos nas intervenções cirúrgicas e tecnologias emergentes. Os resultados foram sintetizados a partir das análises das referências selecionadas.

O estudo de Bamdad et al. (2015) proporcionou uma visão abrangente das aplicações de Sistemas de Interface Cérebro-Máquina (BCI) na neuroreabilitação. Esses sistemas demonstraram potencial na melhoria da funcionalidade em pacientes com doenças neurodegenerativas.

Sanches et al. (2021) exploraram as perspectivas da estimulação cerebral não invasiva no tratamento de comprometimento cognitivo em doenças neurodegenerativas. A revisão abordou técnicas, desafios e oportunidades para futuras abordagens terapêuticas.

A revisão de Holczer et al. (2020) concentrou-se na neuroestimulação como uma abordagem terapêutica inovadora em pacientes com Doença de Alzheimer e Comprometimento Cognitivo Leve. Os autores forneceram uma análise detalhada das características metodológicas e parâmetros de estimulação.

Cernera et al. (2019) conduziram uma revisão abrangente das consequências cognitivas em pacientes submetidos à estimulação cerebral profunda para distúrbios de movimento. Os resultados destacaram a importância de considerar esses efeitos na prática clínica.

Hell et al. (2019) apresentaram perspectivas futuras na programação de Estimulação Profunda do Cérebro (DBS 2.0), explorando abordagens adaptativas e identificação de alvos. Os resultados indicaram potenciais melhorias na eficácia do tratamento.

Pugliese et al. (2022) abordaram tecnologias emergentes para o manejo de pacientes com Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA). A revisão destacou a evolução de telehealth, robótica assistiva e interfaces neurais, apontando para avanços significativos na gestão desses pacientes.

Chaudhary et al. (2015) exploraram a aplicação de interfaces cérebro-máquina em casos de paralisia, evidenciando seu papel na comunicação e controle motor em pacientes com comprometimento neuromuscular.

Soekadar et al. (2015) e van Dokkum et al. (2015) ofereceram insights sobre o uso de interfaces cérebro-máquina na reabilitação pós-AVC, enfatizando os benefícios potenciais na recuperação funcional.

Yagi et al. (2023) discutiram as atuais aplicações e direções futuras de Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina (Machine Learning) na revolucionização do cuidado da coluna vertebral. Os resultados indicam um cenário promissor para a implementação dessas tecnologias inovadoras.

Esses resultados refletem a diversidade e a evolução constante das inovações cirúrgicas no tratamento de doenças neurodegenerativas, destacando a importância de abordagens multidisciplinares e tecnologias emergentes para melhorar a qualidade de vida dos pacientes.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esta revisão sobre inovações cirúrgicas na abordagem de doenças neurodegenerativas revela uma visão abrangente das tendências e desenvolvimentos recentes na área. Ao analisar as referências selecionadas, é possível destacar algumas conclusões e reflexões importantes.

Uma constatação central é a diversidade de abordagens cirúrgicas disponíveis para tratar doenças neurodegenerativas. Desde intervenções menos invasivas até procedimentos mais complexos, a gama de opções reflete a adaptabilidade dos profissionais de saúde às necessidades específicas dos pacientes.

A neuroestimulação destaca-se como uma área promissora, demonstrando avanços significativos na compreensão de seus efeitos na cognição e no controle motor em pacientes com condições neurodegenerativas. Essa abordagem emerge como uma potencial estratégia terapêutica, demandando, no entanto, uma investigação contínua de sua eficácia a longo prazo, de acordo com Sanches et al. (2021), Cernera et al. (2019) e Hell et al. (2019).

A interface cérebro-máquina (ICM), discutida por Bamdad et al. (2015), Chaudhary et al. (2015), Soekadar et al. (2015) e van Dokkum et al. (2015), oferece uma perspectiva inovadora, apesar dos desafios técnicos e éticos associados. A necessidade

de pesquisa contínua e aprimoramento tecnológico é evidente, destacando a importância de uma abordagem cuidadosa e ética na implementação dessas interfaces.

Yagi et al. (2023) apresenta uma visão intrigante sobre o papel da inteligência artificial (IA) no cenário neurocirúrgico. A incorporação de IA para tomada de decisões e personalização de abordagens terapêuticas indica um futuro promissor, ressaltando a importância de integrar tecnologias emergentes para aprimorar os resultados clínicos.

Além disso, reforça-se a importância de uma abordagem multidisciplinar no tratamento de doenças neurodegenerativas. A colaboração entre neurocirurgiões, neurologistas, fisioterapeutas e profissionais de outras áreas é essencial para otimizar os resultados clínicos e proporcionar uma abordagem abrangente ao cuidado dos pacientes.

Em síntese, este trabalho destaca que as inovações cirúrgicas na abordagem de doenças neurodegenerativas estão em constante evolução, impulsionadas por avanços científicos e tecnológicos. A interseção entre neurocirurgia, neurologia e tecnologias emergentes oferece oportunidades notáveis para melhorar a qualidade de vida dos pacientes afetados. No entanto, a comunidade científica e os profissionais de saúde devem permanecer atentos aos desafios existentes e continuar investindo em pesquisas que conduzam a avanços significativos neste campo dinâmico.

## REFERÊNCIAS

1. Bamdad M, Zarshenas H, Auais MA. Application of BCI systems in neurorehabilitation: a scoping review. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2015;10(5):355-64. doi: 10.3109/17483107.2014.961569. Epub 2015 Jan 5. PMID: 25560222.
2. Sanches C, Stengel C, Godard J, Mertz J, Teichmann M, Migliaccio R, Valero-Cabré A. Past, Present, and Future of Non-invasive Brain Stimulation Approaches to Treat Cognitive Impairment in Neurodegenerative Diseases: Time for a Comprehensive Critical Review. *Front Aging Neurosci.* 2021;12. doi:10.3389/fnagi.2020.578339.
3. Holczer A, Németh VL, Vékony T, Vécsei L, Klivényi P, Must A. Non-invasive Brain Stimulation in Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment: A State of the Art Review on Methodological Characteristics and Stimulation Parameters. *Front Hum Neurosci.* 2020;14:179. doi:10.3389/fnhum.2020.00179. ISSN: 1662-5161.
4. Cerner S, Okun MS, Gunduz A. A Review of Cognitive Outcomes Across Movement Disorder Patients Undergoing Deep Brain Stimulation. *Front Neurol.* 2019;10:419. doi:10.3389/fneur.2019.00419. ISSN: 1664-2295.
5. Hell F, Palleis C, Mehrkens JH, Koeglsperger T, Bötzel K. Deep Brain Stimulation Programming 2.0: Future Perspectives for Target Identification and Adaptive Closed Loop Stimulation. *Front Neurol.* 2019;10:314. doi:10.3389/fneur.2019.00314. ISSN: 1664-2295



6. Pugliese R, Sala R, Regondi S, Beltrami B, Lunetta C. Emerging technologies for management of patients with amyotrophic lateral sclerosis: from telehealth to assistive robotics and neural interfaces. *J Neurol*. 2022 Jun;269(6):2910-2921. doi: 10.1007/s00415-022-10971-w. Epub 2022 Jan 21. PMID: 35059816; PMCID: PMC8776511.

7. Chaudhary U, Birbaumer N, Curado MR. Brain-machine interface (BMI) in paralysis. *Ann Phys Rehabil Med*. 2015 Feb;58(1):9-13. doi: 10.1016/j.rehab.2014.11.002. Epub 2015 Jan 8. PMID: 25623294.

8. Soekadar SR, Birbaumer N, Slutzky MW, Cohen LG. Brain-machine interfaces in neurorehabilitation of stroke. *Neurobiol Dis*. 2015 Nov;83:172-9. doi: 10.1016/j.nbd.2014.11.025. Epub 2014 Dec 7. PMID: 25489973.

9. van Dokkum LEH, Ward T, Laffont I. Brain computer interfaces for neurorehabilitation – its current status as a rehabilitation strategy post-stroke. *Ann Phys Rehabil Med*. 2015 Feb;58(1):3-8. doi: 10.1016/j.rehab.2014.09.016. Epub 2015 Jan 7. PMID: 25614021.

10. Yagi M, Yamanouchi K, Fujita N, Funao H, Ebata S. Revolutionizing Spinal Care: Current Applications and Future Directions of Artificial Intelligence and Machine Learning. *J Clin Med*. 2023 Jun 21;12(13):4188. doi: 10.3390/jcm12134188. PMID: 37445222; PMCID: PMC10342311.