

NEUROCIÊNCIA TRANSLACIONAL: BIOMARCADORES, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DIAGNÓSTICA E NOVAS FRONTEIRAS NA TERAPIA NEUROREGENERATIVA

João Luiz Bresciani Dias¹
Jéssica Araújo de Sousa²
Rodrigo Ernst Velho Gomes³
Gabriel Souza Criado⁴
Otávio Sampaio Clemente Pereira⁵
Natalia Carvalho Rodrigues⁶
Ana Beatriz de Araújo Andrade⁷

RESUMO: As doenças neurológicas representam uma das principais causas de incapacidade e mortalidade global, impondo desafios significativos à prática médica moderna. Nas últimas décadas, os avanços em neuroimagem funcional, biomarcadores moleculares, neuroplasticidade e inteligência artificial (IA) têm transformado a forma como o cérebro é estudado e tratado. Esta revisão narrativa analisou evidências publicadas entre 2015 e 2025 sobre a integração entre biomarcadores, IA diagnóstica e terapias neuroregenerativas emergentes em doenças neurológicas como acidente vascular cerebral (AVC), doença de Alzheimer, Parkinson e lesões traumáticas do sistema nervoso central (SNC). Os estudos sugerem que a convergência entre ciência de dados, neurobiologia molecular e tecnologia regenerativa inaugura uma nova era da neurociência translacional, pautada na medicina personalizada, preditiva e restauradora. A neuroplasticidade — base biológica da adaptação cerebral — surge como eixo central dessa transformação, impulsionando estratégias terapêuticas que visam reparar circuitos neurais e restaurar a função cognitiva e motora.

Palavras-chave: Neurociência Translacional. Inteligência Artificial. Biomarcadores. Neuroplasticidade. Terapia Regenerativa.

2083

ABSTRACT: Neurological disorders remain a leading cause of disability and death worldwide, posing immense challenges to modern medicine. Over the past decade, advances in functional neuroimaging, molecular biomarkers, neuroplasticity research, and artificial intelligence (AI) have profoundly reshaped neuroscience. This narrative review analyzed evidence published between 2015 and 2025 regarding the integration of biomarkers, diagnostic AI systems, and emerging neuroregenerative therapies in conditions such as stroke, Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and traumatic brain or spinal cord injury. The reviewed studies suggest that the convergence of data science, molecular neurobiology, and regenerative technologies defines a new era of translational neuroscience, focused on predictive, personalized, and restorative medicine. Neuroplasticity — the biological foundation of brain adaptation — stands as the cornerstone of this revolution, driving innovative interventions aimed at repairing neural circuits and restoring cognitive and motor function.

Keywords: Translational Neuroscience. Artificial Intelligence. Biomarkers. Neuroplasticity. Regenerative Therapy.

¹Estudante. Universidade Nove de Julho.

²Estudante. Universidade Nove de Julho.

³Estudante. Universidade Nove de Julho.

⁴Estudante. Universidade Nove de Julho.

⁵Estudante. Universidade Nove de Julho.

⁶Estudante. Universidade Nove de Julho.

⁷Estudante. Universidade Nove de Julho.

I. INTRODUÇÃO

As doenças neurológicas constituem um dos principais desafios da medicina contemporânea. Segundo a Organização Mundial da Saúde (World Health Organization, 2024), mais de 1 bilhão de pessoas convivem com distúrbios neurológicos, sendo que o AVC, as demências e as doenças neurodegenerativas estão entre as maiores causas de incapacidade global. Apesar dos avanços em neuroimagem e farmacoterapia, a neurologia ainda enfrenta barreiras na detecção precoce, na previsão de evolução clínica e na recuperação funcional após dano neuronal (Jack et al., 2018; Katz et al., 2022). Nesse contexto, surge a neurociência translacional — um campo interdisciplinar que conecta descobertas laboratoriais à prática clínica — integrando biomarcadores moleculares, modelos preditivos baseados em IA e terapias neuroregenerativas guiadas pela neuroplasticidade (Zhang et al., 2023). O objetivo deste artigo é revisar criticamente as evidências sobre essas três dimensões integradas — biomarcadores, IA diagnóstica e terapias regenerativas — como pilares da neurologia do futuro.

2. Revisão de Literatura

2.1 Panorama atual das doenças neurológicas

As doenças do SNC representam uma carga crescente para a saúde pública mundial. Projeções indicam que, até 2050, a prevalência de demência poderá triplicar, com impacto socioeconômico superior a 3 trilhões de dólares anuais (World Health Organization, 2024). No Brasil, o AVC permanece como a principal causa de mortalidade neurológica e incapacidade em adultos. Estudos indicam que modelos clínicos baseados apenas em sintomas e exames estruturais são insuficientes para prever o curso da doença, tornando a integração entre biomarcadores dinâmicos e IA diagnóstica fundamental para uma neurologia preditiva (Katz et al., 2022; Esteban et al., 2022).

2.2 Biomarcadores na neurociência translacional

Os biomarcadores neurológicos são substâncias mensuráveis que refletem processos patológicos ou respostas terapêuticas (Jack et al., 2018). Eles incluem marcadores moleculares, como proteínas tau e beta-amiloide no líquido, alfa-sinucleína, neurofilamentos leves (NfL) e microRNAs neuronais; biomarcadores de imagem, como a ressonância magnética funcional (fMRI) e a tomografia por emissão de pósitrons (PET); e biomarcadores digitais obtidos por dispositivos e algoritmos que monitoram fala, marcha e cognição (Zhang et al., 2023). Estudos

recentes demonstram que a combinação entre biomarcadores moleculares e funcionais possibilita diagnóstico mais precoce e prognóstico mais preciso em doenças como Alzheimer, Parkinson e esclerose múltipla (Katz et al., 2022; Jack et al., 2018).

2.3 Inteligência artificial na neurologia diagnóstica

A IA tem revolucionado a interpretação de exames de imagem e sinais neurológicos, promovendo diagnósticos automatizados e preditivos com maior acurácia (Esteban et al., 2022; Sharma et al., 2023). Aplicações já consolidadas incluem o diagnóstico automatizado de AVC por algoritmos de *deep learning* aplicados à tomografia e à ressonância, capazes de detectar oclusões arteriais em minutos e acelerar a trombólise (Sharma et al., 2023). A IA também identifica padrões de conectividade alterados em estágios pré-clínicos de Alzheimer e depressão (Zhang et al., 2023), bem como anomalias sutis em EEG para detecção de epilepsia. Essas tecnologias reduzem o tempo de diagnóstico, aumentam a precisão e fornecem suporte clínico em tempo real, especialmente em ambientes com poucos especialistas.

2.4 Neuroplasticidade e mecanismos de regeneração neural

A neuroplasticidade, definida como a capacidade do sistema nervoso de reorganizar conexões sinápticas e compensar lesões, constitui o alicerce biológico da reabilitação neural (Kleim; Jones, 2008). Segundo os autores, “a plasticidade neural é o mecanismo fundamental pelo qual o cérebro se adapta às experiências e lesões, sustentando a recuperação funcional” (Kleim; Jones, 2008, p. S225). Processos como brotamento axonal, neurogênese e sinaptogênese adaptativa sustentam a recuperação funcional em AVC, traumatismo cranioencefálico (TCE) e doenças degenerativas (Raghavan; Chen, 2023). Evidências de imagem funcional mostram que terapias de reabilitação intensiva, associadas à estimulação transcraniana e fisioterapia robótica, promovem reconectividade cortical mensurável. A IA tem auxiliado nesse processo ao personalizar protocolos de estimulação com base em padrões de ativação cerebral específicos.

2085

2.5 Terapias neuroregenerativas emergentes

A fronteira da neurologia moderna se expande para terapias de regeneração neuronal e sináptica apoiadas em células-tronco, bioengenharia e edição genética (Li; Zhou, 2023; Müller et al., 2024). As terapias com células-tronco neurais e mesenquimais demonstram segurança e potencial para restaurar circuitos após AVC e lesão medular. Conforme Li e Zhou (2023, p. 230),

“as terapias com células-tronco oferecem uma ponte promissora entre neurociência básica e reabilitação clínica, desde que acompanhadas de rigor ético e validação translacional”. A integração de IA com essas abordagens permite prever respostas terapêuticas e selecionar candidatos ideais para ensaios clínicos, consolidando o conceito de neuroregeneração personalizada.

3. Objetivos

3.1 Objetivo geral

Revisar evidências científicas sobre a interação entre biomarcadores, inteligência artificial diagnóstica e terapias neuroregenerativas na neurociência translacional.

3.2 Objetivos específicos

Discutir o papel dos biomarcadores na detecção precoce, analisar o uso da IA na interpretação de exames neurológicos, descrever os mecanismos de neuroplasticidade e explorar os avanços em terapias regenerativas, observando seus desafios éticos e clínicos (Rother, 2007).

4. Metodologia

Trata-se de uma revisão narrativa descritiva realizada entre agosto e outubro de 2025. As bases consultadas foram PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect e SciELO. Foram incluídos artigos de 2015 a 2025, em português e inglês, que abordassem biomarcadores neurológicos, inteligência artificial aplicada ao diagnóstico e terapias neuroregenerativas. A revisão seguiu princípios descritos por Rother (2007), priorizando síntese crítica da literatura relevante sem aplicação de protocolos sistemáticos (PRISMA).

5. Discussão

A convergência entre IA, biomarcadores e neuroplasticidade redefine a neurologia como ciência preditiva e restauradora (Müller et al., 2024; Katz et al., 2022). Os estudos sugerem que a IA aplicada à neuroimagem aumenta a acurácia diagnóstica e reduz o tempo de decisão clínica (Esteban et al., 2022). Biomarcadores trazem objetividade ao diagnóstico precoce e permitem monitorar a resposta terapêutica com alta sensibilidade (Katz et al., 2022). No campo terapêutico, a neuroplasticidade se tornou alvo direto das intervenções modernas, e a combinação de estimulação elétrica, realidade virtual e IA adaptativa acelera a reconexão

sináptica (Raghavan; Chen, 2023). A neuroengenharia regenerativa, ao unir células-tronco, biomateriais e IA, propõe reconstruir circuitos lesionados com precisão micrométrica (Li; Zhou, 2023).

6. Perspectivas Futuras

Entre as tendências emergentes destacam-se os gêmeos digitais cerebrais — modelos computacionais personalizados para simular terapias —, as neurointerfaces com IA preditiva e o mapeamento sináptico em tempo real com fMRI 7T e aprendizado profundo (Zhang et al., 2023). Também se prevê a consolidação de terapias híbridas que combinem neuroestimulação, células-tronco e IA adaptativa, acompanhadas de um novo campo de governança neuroética e proteção de dados sensíveis (Müller et al., 2024).

7. CONCLUSÃO

A neurociência translacional redefine o futuro da neurologia ao integrar biologia molecular, ciência de dados e engenharia neural em um ecossistema terapêutico unificado. O uso combinado de biomarcadores, IA diagnóstica e terapias neuroregenerativas promove um salto qualitativo em diagnóstico precoce, tratamento e reabilitação. A plasticidade cerebral deixa de ser apenas uma propriedade biológica e torna-se um alvo terapêutico programável. Para que essa transformação se consolide, são necessários protocolos éticos robustos, democratização do acesso às tecnologias e integração interdisciplinar entre neurologistas, engenheiros e cientistas de dados (Raghavan; Chen, 2023). Assim, a neurologia do século XXI avança em direção a uma medicina mais precisa, regenerativa e humanizada.

2087

REFERÊNCIAS

- ESTEBAN, O. et al. AI-based segmentation of brain lesions on MRI: A systematic approach. *Radiology: Artificial Intelligence*, Chicago, v. 4, n. 2, p. e210197, 2022.
- JACK, C. R. et al. NIA-AA Research Framework: Toward a biological definition of Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, Amsterdam, v. 14, n. 4, p. 535–562, 2018.
- KATZ, R. et al. Neurofilament light chain as a biomarker in neurological disorders. *Nature Reviews Neurology*, London, v. 18, p. 19–31, 2022.
- KLEIM, J. A.; JONES, T. A. Principles of experience-dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, Rockville, v. 51, n. 1, p. S225–S239, 2008.

LI, Y.; ZHOU, Q. Neural stem cell-based therapies for stroke: from bench to bedside. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, Lausanne, v. 17, p. 227–241, 2023.

MÜLLER, T. et al. Gene therapy and CRISPR-Cas9 in neurodegenerative diseases: A new frontier. *Trends in Neurosciences*, London, v. 47, n. 6, p. 475–489, 2024.

RAGHAVAN, P.; CHEN, R. Neuromodulation and plasticity in post-stroke recovery. *Frontiers in Human Neuroscience*, Lausanne, v. 17, p. 563–572, 2023.

ROTHER, E. T. Revisão narrativa: revisão crítica da literatura. *Acta Paulista de Enfermagem*, São Paulo, v. 20, n. 2, p. vii–x, 2007.

SHARMA, A. et al. Artificial intelligence in stroke imaging: Current applications and future perspectives. *Frontiers in Neurology*, Basel, v. 13, p. 847–865, 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Neurological disorders: public health challenges*. Geneva: WHO, 2024.

ZHANG, X. et al. Deep learning models in Alzheimer's disease neuroimaging. *Frontiers in Neuroscience*, Lausanne, v. 17, p. 1123–1141, 2023.